

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERRI, TIZI-OUZOU



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

Mémoire de fin d'études
Présenté en vue de l'obtention
Du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

Option : Contrôle

Thème:
Contribution à l'amélioration des performances d'une station de traitement d'eau de T.O à TAKSEBT

Présenté par :

M^r AIT HAMI Mohamed

M^{elle} GOUCEM Djouher

M^{elle} BENSAID Tinhinane

Promoteur :

P^r. BENFDILA

Co-Promotrice:

M^{elle}. GOUDJIL

Année universitaire 2008/2009 Soutenu le :



Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu le dieu qui nous a montré le bon chemin et nous a donné du courage pour mener notre travail avec beaucoup de patience.

Nous exprimons nos respects et remerciements à Mr A.BENFDILA pour nous avoir encadré.

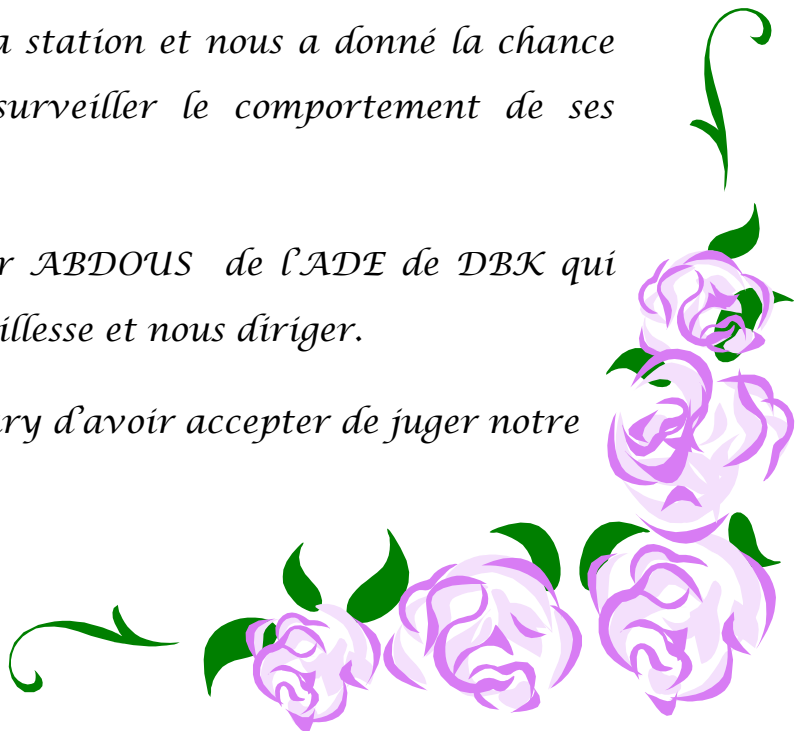
Nous remercions notre Co-promotrice Melle F.GOUDJIL qui nous a proposé le Thème et nous a fourni de la documentation.

Nous tenons à remercier Mr. LAKHLEF qui nous a beaucoup aidé à bien mener notre travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Mr FERNAN chimiste à la station de traitement d'eau de TAKSEBT qui nous a toujours accueilli avec un sourire et toujours était disponible pour nous aider à mieux comprendre la station et nous a donné la chance de la mettre en service et de surveiller le comportement de ses différents composants.

Nous tenons ainsi à remercier Mr ABDOUS de l'ADE de DBK qui nous reçoit avec beaucoup de gentillesse et nous diriger.

Nous remercions les membres de jury d'avoir accepter de juger notre travail.



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- ✚ *Mes très chers parents qui ont sacrifié pour que je puisse arriver jusque là et m'ont beaucoup soutenu durant mon cursus universitaire.*
- ✚ *Mes sœurs Lila et lamia.*
- ✚ *Ma grand-mère à laquelle je souhaite une longue vie.*
- ✚ *Mes tentes Malika et ses enfants, Houria ainsi ses petits enfants : Mehdi et Ouiza ainsi qu'à ma tente Anissa et ses enfants.*
- ✚ *Mes oncles et leurs épouses ainsi qu'à leurs enfants.*
- ✚ *Mes oncles Djilali et Khaled.*
- ✚ *A mon fiancé M'hend et à toute ma belle famille.*
- ✚ *A mes collègues : Hinane et Mohamed.*
- ✚ *A mes copines de chambre : Dahbia, Fariel et Safia.*
- ✚ *A mes amies de l'électronique : Hinane, Atika, Nabila, Karima.*
- ✚ *Enfin à toute ma promotion.*

Djouher GOUCEM

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

✚ *Mes très chers parents pour leur aide et leur soutien tout au long de mes études.*

✚ *Mon frère baker a qui je souhaite le succès dans la vie.*

✚ *Ma très chère sœur Nadia qui m'a aidé et encouragé énormément et sa petite fille Yasmine.*

✚ *Mes très chères sœurs : Sabiha, Noura, Naima, Kahina, Karima.*

✚ *Mes collègues : hinane, djoudjou et leur famille.*

✚ *Mes amis(es) : Amar, Khaled, Koucila, Amel, Kahina, Mouh, Taleb Tahar d'Automatique, Idir d'électrotechnique.*

✚ *Toute ma promotion notamment mes camarades de l'option contrôle.*

✚ *Tous les amis(es) de la faculté génie- électrique.*

✚ *Tous ceux qui m'aiment.*

Mohamed Ait Hami

Dédicaces

Dieu merci, Dieu merci Dieu merci...

Je dédie notre modeste travail à :

- ✚ *Mes très chers parents pour leur aide et leur soutien tout au long de mes études, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*
- ✚ *Mon cher frère Rabeñ.*
- ✚ *Mes très chères sœurs : Tissa, Soraya, Thanina, Lydia.*
- ✚ *Mes oncles, tentes, cousins, cousines et l'ensemble de ma famille.*
- ✚ *Ma tente Fatiha et ma cousine Saïda.*
- ✚ *Mes cousins Salim et Mouloud qui m'ont aidé énormément et leurs familles.*
- ✚ *Mes collègues : djoudjou, Mohamed et leur famille.*
- ✚ *Mes amies: Dehbia, Djoudjou, Nabila, Atika, Zouhra, Sabiha.*
- ✚ *Toute ma promotion notamment mes camarades de l'option contrôle.*
- ✚ *Tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'aiment.*

Hinane BENSALD



SOMMAIRE

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I : Etude et représentation de la station de traitement d'eau

Introduction	01
I-1 Présentation de la station de traitement	01
I-1-1 Unité de traitement et distribution de l'eau brute	03
I-1-2 Unité de préparation de produits chimiques	03
I-1-2-1 chloration.....	03
I-1-2-2 Sulfate d'alumine.....	03
I-1-2-3 Polymère	04
I-1-2-4 Carbonate de sodium.....	04
I-1-3 Unité de traitement d'eau brute.....	04
I-1-3-1 Décanteurs à lamelles	04
I 1-3-2 Groupes électropompe.....	05
I-1-3-3 Filtres sous pression	05
I-1-4 Unité d'alimentation d'air	05
I-1-5 Unité de distribution électrique.....	05
I-1-6 Système de contrôle et de visualisation	06
I-2 Fonctionnement de la station	06

I-3 Description d'un système automatisé	08
I-3-1 Partie Commande (PC).....	08
I-3-2 Partie Opérative (PO).....	09
I-3-3 L'interface	09
I-3-4 Système de visualisation (OP7)	09
I-4 Capteurs et actionneurs.....	09
I-4-1 Capteurs.....	09
I-4-1-1 Définition	09
I-4-1-2 Débitmètre électromagnétique	10
I-4-1-3 Sonde de niveau	13
I-4-1-4 Le Manomètre.....	14
I-4-1-5 Transmetteur de pression CERABARM (palpeur de niveau).....	14
I-4-2 Actionneurs	16
I-4-2-1 Réducteur de pression	16
I-4-2-2 Compresseurs.....	17
I-4-2-3 Surpresseur.....	18
I-4-2-4 Les distributeurs.....	18
I-4-2-5 Vannes pneumatiques TOR (vannes tout ou rien).....	19
I-4-2-6 Vannes pneumatiques de régulation	20
I-4-2-7 Le groupe électropompe.....	21
Conclusion.....	21

Chapitre II : Différents modes de démarrage d'un moteur asynchrone

Introduction.....	22
II-1 Constitution d'un moteur asynchrone.....	22
II-2 Rappels sur le principe de fonctionnement	23
II-2-1 Caractéristiques du moteur asynchrone (fonctionnement en charge).....	26
II-3 Les modes de démarrages	26
II-3-1 Démarrage direct	27
II-3-2 Démarrage statorique à résistances.....	27
II-3-3 Le démarrage par autotransformateur	28
II-3-4 Démarrage étoile-triangle (dans notre cas).....	29
II-3-5 Démarrage progressif.....	34
II-3-5-1 Définition d'un démarreur progressif.....	34
II-3-5-2 Structure générale d'un démarreur progressif électronique.....	35
II-3-5-2-1 Le module de contrôle.....	36
II-3-5-2-2 Le module de puissance (Le thyristor).....	37
II-3-5-3 Principe de fonctionnement d'un démarreur progressif.....	41
II-3-5-3-1 La carte à microcontrôleur.....	41
II-3-5-3-2 Circuit de synchronisation.....	42
II-3-5-3-3 Modulation d'impulsion.....	43
II-3-5-3-4 Le circuit d'isolation galvanique.....	45
II-3-5-3-5 L'étage de puissance.....	46
II-3-5-4 Choix du démarreur progressif.....	47
II-3-5-5 Paramétrage du « SIKOSTART »	48

II-3-5-5-1 Paramétrage au démarrage.....	48
II-3-5-5-2 Paramétrage à l'arrêt.....	49
II-3-5-5-3 Caractéristique de la tension aux bornes du.....	50
II-3-5-6 Sélection de différents composants de sécurité.....	51
II-3-5-6-1 Les disjoncteurs.....	51
II-3-5-6-2 Contacteur de by-pass.....	52
II-3-5-6-3 Les relais auxiliaires.....	53
II-3-5-6-4 Les relais de couplage.....	53
II-3-5-6-5 Sectionneur porte fusible.....	54
II-3-5-6-6 Relais de surveillance de phases.....	54
II-3-5-7 Le montage de SIKOSTART (Figure 39).....	55
Conclusion.....	56

Chapitre III : L'API S7-300 et son langage de programmation

Introduction.....	57
III-1 Choix d'un automate.....	57
III-2 Définition de l'automate S7-300.....	57
III-3 Les caractéristiques du S7-300.....	58
III-4 Modularité de S7-300.....	59
III-4-1 Module d'alimentation (PS).....	59
III-4-2 Unité centrale (CPU).....	59
III-4-3 Module de couplage (IM).....	61

III-4-4 Modules de signaux (SM).....	61
III-4-5 Modules de fonction(FM).....	61
III-4-6 Module de communication.....	61
III-4-7 Châssis d'extension (UR).....	62
III-4-8 Périphérie de communication extérieure.....	62
III-4-9 La pile.....	62
III-5 Principe de Fonctionnement de l'API.....	63
III-6 Concept de mémoire de S7-300.....	64
III-6-1 Mémoire de chargement.....	64
III-6-2 Mémoire de travail (RAM).....	65
III-6-3 Mémoire système (RAM).....	65
III-6-3-1 mémoire image du processus.....	65
III-6-3-2 Avantages de la mémoire image du processus.....	66
III-6-4 Carte mémoire.....	66
III-6-5 Répartition du programme utilisateur.....	66
III-6-6 conditions préalables au chargement dans le système cible (S7-300)...	66
III-6-7 Adressage des modules S7-300.....	67
III-6-8-1 L'adressage absolu des modules de signaux.....	67
III-6-8-2 Débuts d'adressage d'une configuration (Adressage lié à l'emplacement).....	69
III -7 Logiciel de programmation STEP7.....	69
III- 8 Langage de programmation STEP7.....	70
III-8-1 schéma à contacts « CONT ».....	70

III-8-2 logigramme « LOG ».....	71
III-8-3 Liste d'instruction (LIST).....	71
III-9 Les opérations du langage de programmation STEP7.....	71
III-9-1 Opération combinatoire.....	71
III -9-2 Opérations de mémorisations.....	72
III-9-3 opération de chargement et de transfert.....	72
III -9-4 Opération de temporisation.....	72
III-9-5 Opération de comptage.....	73
III-9-6 Opération de comparaison.....	73
III-9-7 Opérations arithmétiques.....	73
III -9-8 Opération d'appel de blocs.....	73
III-9-9 Opération de saut.....	73
III- 10 Les blocs S7.....	73
III- 10-1 Les blocs système.....	73
III - 10-2 Les blocs utilisateurs.....	73
III-10-2-1 Type de blocs utilisateurs.....	74
III-10 Structure du programme.....	76
Conclusion.....	77

Chapitre V : Etude et modélisation de la station par le GRAFCET

Introduction

IV-1 Cahier des charges.....	78
------------------------------	----

IV-2 Outil d'étude et de modélisation GRAFCET.....	78
IV-3 Composition du Grafcet.....	79
IV- 4 Les éléments du Grafcet.....	79
IV-4-1 Les étapes et actions associées.....	79
IV-4-2 Les transitions et les réceptivités associées.....	80
IV-4-3 Les Liaison orientées.....	80
IV-5 Les règles de construction d'un Grafcet.....	80
IV-5-1 convergence et divergence en « ET ».....	80
IV-5-1-1 Divergence en ET.....	80
IV-5-1-2 Convergence en ET.....	80
IV-5-2 Convergence et divergence en « OU ».....	81
IV-5-2-1 Divergence en OU.....	81
IV-5-2-2 Convergence en OU.....	81
IV-5- 3 saut d'étapes.....	82
IV-5-4 Reprise de séquence.....	82
IV-5-5 Macro –Etape.....	82
IV-5-6 Temporisation.....	83
IV-6 Les différents niveaux de Grafcet.....	83
IV-6-1 Grafcet niveau 1.....	83
IV-6-2 Grafcet niveau 2.....	83
IV-7 Règles du GRAFCET.....	84
IV-8 Application du Grafcet au niveau de la station.....	85

IV- 8-1 Le tableau des capteurs et actionneurs de la station.....	86
IV-8-2 Les Conditions initiales.....	87
Conclusion.....	88

Chapitre V : Conception et simulation du programme

Introduction.....	89
V-1 Conception d'une solution d'automatisation.....	89
V-1-1 Subdivision du processus en tâches et zones.....	89
V-1-2 Description des différentes zones fonctionnelles.....	90
V-1-2-1 Les conditions de validation sont les suivantes.....	90
V-1-2-2 Les conditions d'arrêt sont les suivantes.....	90
V-1-2-3 Fonctionnement.....	90
V-1-3 Définition des exigences en matière de sécurité.....	91
V-1-4 Description des éléments de signalisation et de commande requis.....	91
V-1-5 Schémas de configuration pour l'automate programmable.....	93
V-1-6 Programmation.....	96
V-2 Simulation avec le logiciel de simulation S7-PLCSIM.....	103
V-3 Etats de fonctionnement de la CPU.....	103
V-4 Mise en route du logiciel S7-PLCSIM	104
Conclusion.....	108

Conclusion Générale



INTRODUCTION

GÉNÉRALE

L'Algérie connaît un manque de la source la plus importante de la vie « l'eau », malgré son existence dans l'ensemble du territoire national, sa gestion est mal assurée.

Afin de résoudre ces problèmes, la construction de barrages d'eau est nécessaire dans notre pays, pour faire face à cette crise, il a fallu faire appel aux différentes sociétés nationales et internationales pour réaliser des grands projets hydrauliques ainsi que la distribution de l'eau potable.

Parmi ces projets celui du traitement et le transfert de l'eau du barrage **TAKSEBT** vers les villes **d'Alger** et **Tizi-Ouzou** et leurs environs. Ce traitement nécessite des équipements, l'exploitation des machines et des processus mis en œuvre sur un site de production qui servent généralement d'appareils de commande, surveillance et l'arrêt des installations.

L'Algérienne Des Eaux « **ADE** » en collaboration avec une firme Allemande ont conçu une station de traitement d'eau potable au niveau du barrage de **TAKSEBT**, dans la localité **D'IRDJEN de TIZI-OUZOU**, utilisant la technologie **SIMATIC**, dont on retrouve l'automate programmable **S7-300**.

Notre travail consiste à améliorer le démarrage des groupes électropompes (moteurs) , pour cela nous allons proposer un démarrage progressif qui assure dans la quasi-totalité des applications, une solution adéquate pour le démarrage en douceur des moteurs, puis automatiser le fonctionnement de ces groupes avec un Automate Programmable Industriel (API) de « **SIEMENS** ».

A cet effet, le contenu du mémoire est réparti comme suit :

- Chapitre I : Etude et Représentation de la station de traitement d'eau
- Chapitre II : Différents modes de démarrage d'un moteur asynchrone
- CHAPITRE III : Automate programmable et son langage de programmation
- CHAPITRE IV : Etude et modélisation de la station par GRAFCET
- CHAPITRE V : Conception et simulation du programme

CHAPITRE I

*Etude et représentation de la
station de traitement d'eau*

Introduction

La station de traitement de l'eau du barrage de **TAKSEBT** est réalisée dans la région **d'IRDJEN** de **Tizi-ouzou**. Elle a été inaugurée le **28\11\2002**, pour alimenter en eau potable la ville concernées par ce projet (Tizi-Ouzou). Sa capacité s'élève à **16 000 m³/jour**.

L'eau brute arrive du barrage vers la station de traitement sous l'effet gravitationnel à travers une conduite d'alimentation, la pression à l'entrée de la station varie en fonction du volume de remplissage du barrage (**3.5 bar à 7 bar**).

Après son traitement, l'eau potable est pompée directement vers un réservoir se situant à environ **200 m** de la station de traitement, la qualité de cette eau correspondant aux normes Standard de **l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé)**.

I-1 Présentation de la station de traitement

La station est conçue et disposée comme des conteneurs de conception modulaire et d'une capacité horaire de **770 m³/h**.

La station comprend plusieurs unités, comme le montre la figure ci-dessous (**Figure I-1**).

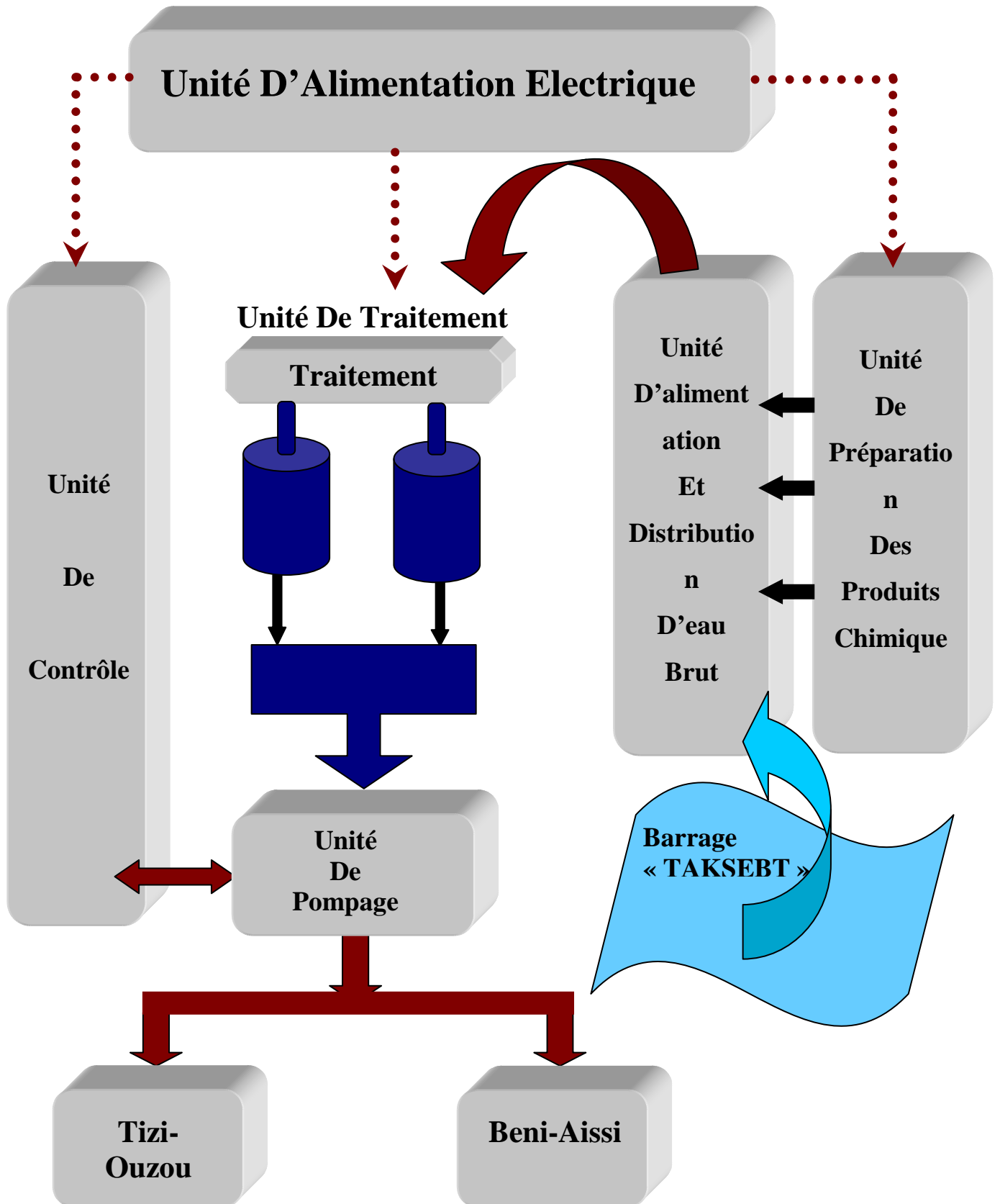


Figure I-1 Représentation globale de la station de traitement de TAKSEBT

I-1-1 Unité d'alimentation et distribution de l'eau brute

L'eau brute est gravitée du barrage vers la station de traitement par un pipeline disposant d'un filtre à tamis afin de protéger celle-ci des débris, d'une capacité horaire de **770 m³/h** maintenue à l'aide d'un contrôleur de pression.

La distribution est assurée par une canalisation construite à base des tuyaux en acier **ST-37** à bride soudés longitudinalement, sablés et revêtue d'une couche d'époxy d'une épaisseur minimale de **200 micromètre**. Il dispose des points d'injections des produits chimiques, avec en amont un mélangeur statique assurant l'homogénéité des produits de traitement injectés dans l'eau brute et en aval un débitmètre électromagnétique avec lequel en s'assure le réglage du débit d'alimentation de la station.

I-1-2 Unité de préparation de produits chimiques

La station dispose de réservoirs centraux à deux bacs de préparation de produits chimiques de **4 m³**, qui sont en béton armé avec le revêtement interne compatible avec les produits utilisés.

Chaque réservoir de produits chimiques en service est équipé d'un mélangeur.

Les produits chimiques sont utilisés pour la désinfection, la coagulation, la floculation et l'ajustement du PH d'eau brute. Le dosage des produits chimiques varie selon la qualité d'eau brute.

I-1-2-1 chloration

Les produits utilisés sont l'eau de javel **45° (NaClO)** sous forme liquide et l'Hypochlorite de Calcium sous forme solide.

- **La préchloration**

Pour l'oxydation de la matière organique et minérale à l'aide d'une pompe de dosage qui injecte la solution dans la conduite d'arrivée d'eau brute. Le taux de traitement est déterminé au laboratoire.

- **La postchloration**

Pour désinfecter et garantir l'eau potable le long du réseau, une pompe de dosage injecte la solution dans le collecteur des conduites de sortie des filtres avec une moyenne de **0.8mg/l**.

I-1-2-2 Sulfate d'alumine

Deux réservoirs sont équipés chacun d'un mélangeur pour le sulfate d'alumine, il est ajouté à l'eau brute au moyenne de **2mg/l** son rôle est :

- neutraliser la charge
- formation des flocons.

La quantité exacte doit être déterminée par un test de laboratoire.

I-1-2-3 Polymère

Il est injecté au moyenne de **0.2mg/l**, pour la formation des flocons ainsi faciliter la décantation et pour avoir une bonne sédimentation.

Mais la qualité d'eau brute du barrage ne demande pas l'utilisation du polymère.

I-1-2-4 Carbonate de sodium

Il est utilisé pour l'ajustement du **PH (6.8-7.3)**

Une pompe de dosage injecte la solution dans la conduite d'arrivée d'eau brute.

I-1-3 Unité de traitement d'eau brute

La chaîne de traitement d'eau est divisée en deux blocs SF12 et SF13, chacun d'eux contient :

- Trois décanteurs
- Trois groupes électropompes intermédiaires
- Trois filtres

I-1-3-1 Décanteurs à lamelles

Ils sont utilisés dans les applications où le floc est léger, ces décanteurs sont divisés en trois compartiments sous forme de séparateurs à lamelles :

a- Compartiment de floculation

Dans ce compartiment on injecte un flocculant (sulfate d'alumine), ensuite favoriser un temps de rétention hydraulique et une agitation lente pour augmenter les chances pour que les particules entrent en contact.

b- Compartiment pour sédimentation (décantation)

Il est d'une capacité de **52m³**, il permet au floc formé par l'agglomération des particules de se séparer facilement, car ces flocons vont se poser au fond du compartiment et sortir sous forme de boue par les vannes **TOR**.

c- Compartiment d'eau claire (compartiment d'eau décantée)

Il est d'une capacité de **15m³**, ce compartiment permet d'alimenter le filtre.

I-1-3-2 groupes électropompes

Chaque groupe électropompe se compose essentiellement d'une pompe accouplée à un moteur asynchrone. Son rôle est de refouler l'eau décantée aux six filtres. Sa capacité est d'environ **120m³/heure**.

I-1-3-3 Filtres sous pression

La filtration est un traitement d'affinage, permettant de réduire la concentration des particules en suspension dans l'eau clarifiée en faisant circuler au travers d'un lit filtrant. Chaque filtre à sable est composé de deux couches de sable : moyen et fin.

❖ Système anti-bélier

Le système hydraulique est exposé à un phénomène « coup de bélier » qui est dû à :

- Arrêt et démarrage des pompes.
- Modification d'écoulement sur le réseau (retour de l'eau qui n'est pas refoulée lors de l'arrêt des pompes de refoulement).

Pour la sécurité de toutes ces installations hydrauliques, la station est équipée d'un système anti-bélier sous forme d'un réservoir contenant une vicié en position vertical. Sa place est indispensable dans une station de pompage.

I-1-4 Unité d'alimentation d'air

La station est dotée de deux surpresseurs d'air utilisés pour le lavage des filtres et d'un compresseur alimentant les vannes pneumatiques TOR et les vannes électropneumatiques (vannes de régulation).

I-1-5 Unité de distribution électrique

Une armoire électrique commune (pupitre tactile) alimente la station en électricité ainsi que les différentes installations de produits chimiques tels que les mélangeurs et les pompes.

I-1-6 Système de contrôle et de visualisation

Un automate programmable (**API S7-300**) contrôle la station de traitement, ainsi qu'un système de visualisation et de communication (**OP7**). Ces deux systèmes assurent un bon fonctionnement automatique de la station.

I-2 Fonctionnement de la station

L'eau brute est transportée du barrage vers la station de traitement par une conduite qui se divise en deux à l'entrée de la station (By-pass) : **principale, secondaire**.

- **La principale** : dispose d'un filtre qui permet d'empêcher le passage des matières solides.
- **La secondaire** : c'est une conduite de secours muni de deux vannes, elle remplace la principale pendant le nettoyage de son filtre.

La Conduite d'alimentation principale est de type **DN300, PN10**.

A la sortie du pipeline (By-pass), un réducteur de pression règle le débit d'eau brute qui est mesuré à l'aide d'un débitmètre électromagnétique. Ce capteur envoie un signal électrique qui est proportionnel au débit de l'eau brute à la salle de contrôle pour l'enregistrement et le réglage de dosage des produits chimiques (chlore, carbonate de sodium, sulfate d'alumine,) qui seront injectés.

Un mélangeur statique remue ces produits avec l'eau brute, le tout est canalisé vers un distributeur via les deux sections de filtration **SF12** et **SF13**.

Chaque section est composée de trois chaînes de traitement, chaque chaîne comprend : réservoir de sédimentation, groupe électropompe intermédiaire, filtre.

L'eau arrive dans le compartiment de floculation, d'où la formation des flocons ensuite vers le compartiment de sédimentation où on aura l'eau claire en haut et les flocons en bas, ce compartiment dispose des vannes TOR pour l'évacuation des boues. L'eau claire va être stockée dans le troisième compartiment qui assure l'alimentation des filtres venant par la suite.

Un détecteur de niveau est installé dans un des réservoirs d'eau claire de chaque section, cet appareil commande l'ouverture de la vanne de régulation lorsque le niveau du réservoir d'eau clair est bas, ou sa fermeture lorsque le niveau est haut.

Les trois réservoirs de chaque section sont reliés entre eux de façon à avoir un seul niveau.

Des pompes intermédiaires refoulent l'eau claire vers les filtres avec un débit de **115 à 120m³/h**.

Un débitmètre est installé en amont sur la conduite d'aspiration de chaque pompe, cet appareil assure le débit exact d'eau à filtrer.

Chaque filtre contenant deux couches de sable, à savoir : sable moyen et fin, permettant la rétention des particules résiduelles encore en suspension dans l'eau claire.

A l'entrée et à la sortie de chaque filtre deux manomètres sont installés pour mesurer la pression de l'eau claire.

Le lavage des filtres doit être effectué si :

- l'opérateur observe une différence de pression d'entrée et de sortie
- le débit de consigne est supérieur au débit de sortie (Automate)
- prélèvement et analyse au niveau du laboratoire.

Le processus de lavage est enclenché automatiquement par le système de contrôle suivant deux étapes :

a- Le barbotage

- ouverture de la vanne d'abaissement du filtre, située sur le collecteur des filtres de chaque section, pendant 45s. Elle a pour rôle de décompresser le filtre.
- ouverture de la vanne de lavage, située en haut du filtre, pendant le cycle de lavage. Elle a pour rôle d'évacuer le surplus du filtre.
- Enclenchement du surpresseur et l'ouverture de la vanne à air momentanément, envoi d'air à pression et à contre courant. L'étape de barbotage dure entre **3 à 4mn**.

b- Le rinçage

On aura la suite des actions suivantes

- La fin de l'étape de barbotage a pour effet, l'enclenchement des deux autres pompes intermédiaires qui assurent le rinçage du filtre à contre courant pendant **10mn**.
- Démarrage de la pompe du filtre concerné en plus des deux autres pompes, pendant **10s** pour le remplissage du filtre.
- La fin du cycle de lavage.

A la sortie des deux sections **SF12** et **SF13** on ajoute du chlore (postchloration) pour assurer l'eau traitée le long de la conduite, l'eau sera ensuite refoulée vers le réservoir de distribution.

I-3 Description d'un système automatisé :

Un système automatisé se compose principalement d'une partie Opérative et d'une partie Commande.

(Voir la figure I-2).

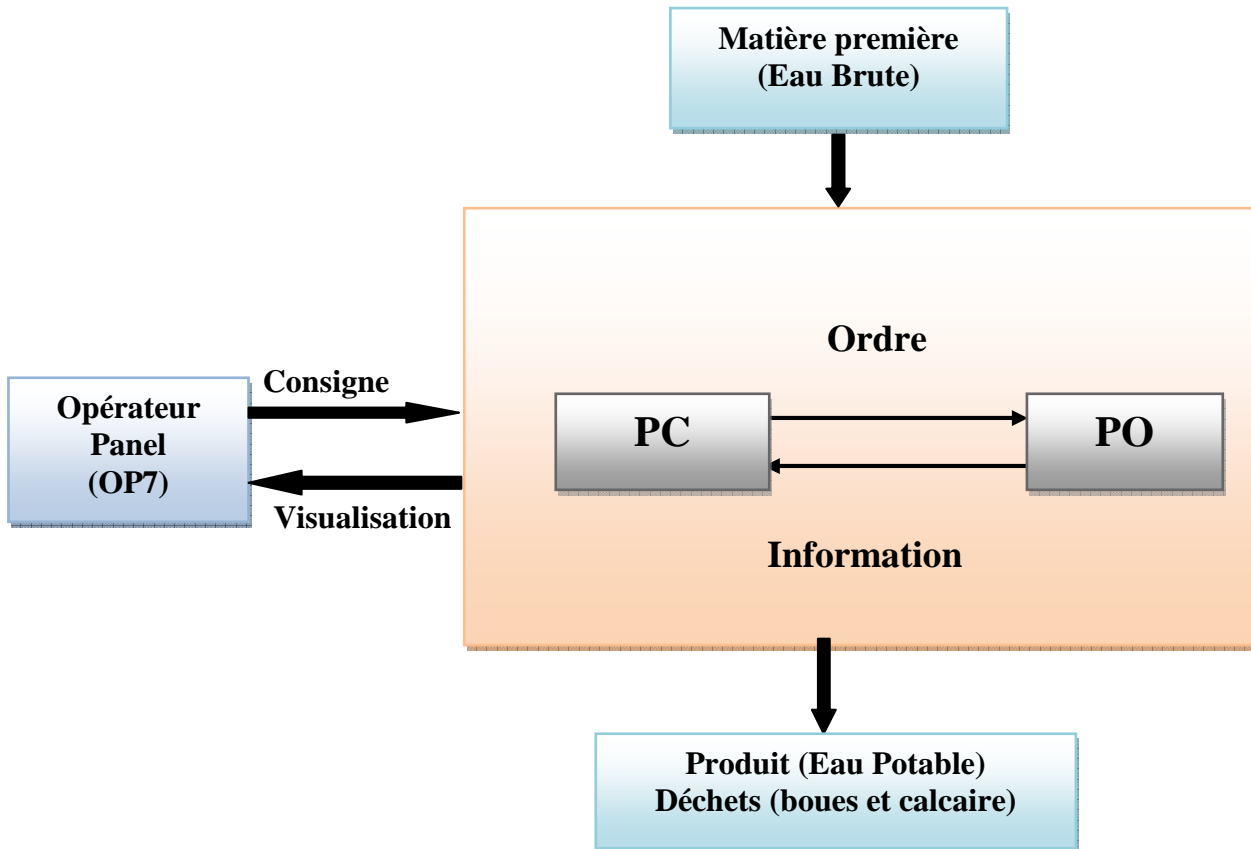


Figure I-2 Description d'un système automatisé

I-3-1 Partie Commande (PC)

L'élément essentiel de la partie commande est l'automate programmable industriel (API). Cette partie élabore des ordres à la partie opérative à partir :

- Des informations délivrées par les capteurs
- Des consignes introduites par l'opérateur.
- Le programme que contient la CPU de l'automate.

I-3-2 Partie Opérative (PO)

Elle reçoit les ordres de la partie commande et regroupe l'ensemble d'opérateurs tel que :

- **Les capteurs** : informent la partie commande sur l'exécution du travail
- **Les prés- actionneurs** : ils reçoivent les ordres de la partie commande
- **Les actionneurs** : leur rôle est l'exécution des ordres

I-3-3 L'interface

Pour que les informations puissent circuler correctement entre la partie commande et la partie opérative qui sont de nature différente, on utilise des Interfaces. Ces dernières sont de sorte de traducteurs qui relient les deux parties (**PO, PC**).

I-3-4 Système de visualisation (OP7)

La station dispose d'un opérateur panel OP7, qui est un périphérique permettant de visualiser l'état d'exploitation, les valeurs actuelles du processus ainsi que les alarmes de l'automate. De plus : Il est possible de procéder sur le pupitre à des entrées écrites directement dans l'automate

- Exécuter des fonctions de diagnostic sur l'installation
- Présence d'un grand nombre de fonction standard
- Possibilité d'adapter l'affichage et la commande en fonction des besoins spécifiques de l'installation.

I-4 Capteurs et actionneurs**I-4-1 Capteurs****I-4-1-1 Définition**

Un capteur est un dispositif mit dans la chaîne d'acquisition, il informe la partie commande sur les comportements de la partie opérative. Son rôle consiste à transformer les informations prélevées au niveau de la partie opérative en informations exploitables par la partie commande. Ces informations seront transportées sous forme électrique de type analogique (tension, courant). (**Voir Figure I-3**)

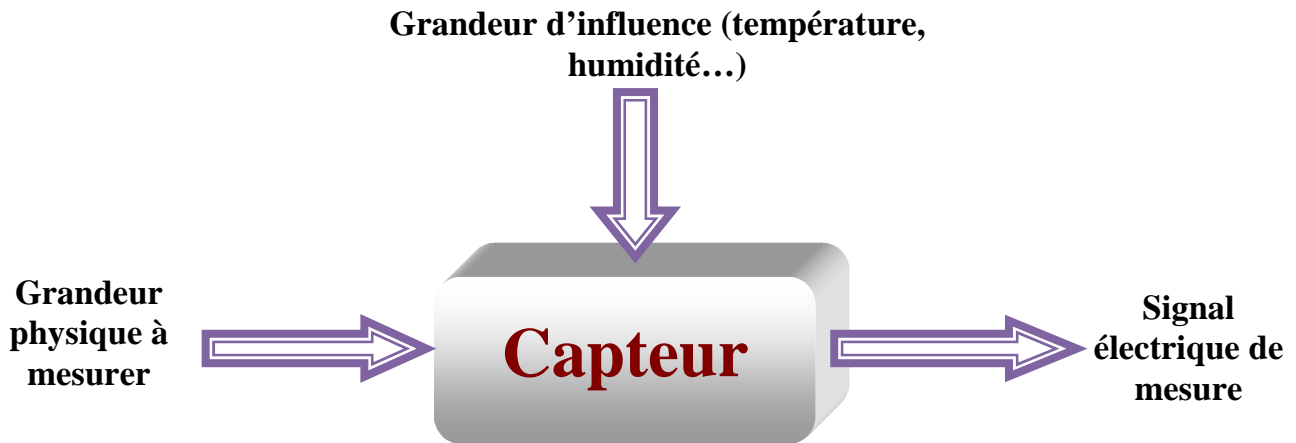


Figure I-3 Schéma fonctionnel d'un capteur

a-Le choix d'un capteur

Le choix d'un capteur dépend de multiples critères :

- En fonction de la grandeur mesurée (type d'évènement à détecter) : capteur de pression, niveau...
- En fonction de l'information délivrée : numérique ou analogique
- Ses performances (précision, fiabilité ...).
- Son prix et sa disponibilité.

I-4-1-2 Débitmètre électromagnétique (figure I-4)

Le débitmètre électromagnétique est la solution pour mesurer le débit d'eau dans des conduites en charge avec une conductivité du liquide supérieure à $5 \mu\text{S/cm}$, il est constitué d'un " Tube" revêtu intérieurement d'un isolant et comportant deux électrodes de mesure (tous sont choisis compatibles avec température, pression et nature du fluide).

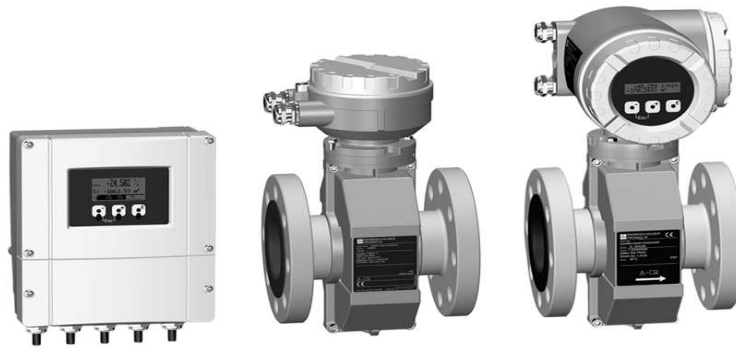


Figure I-4 Débitmètre électromagnétique

a- Caractéristiques :

Les caractéristiques techniques sont les suivantes :

- Alimentation électrique venant de l'API est de **24v (AC/DC)**
- Température ambiante : **entre 25 °C et 50°C**
- Conductivité minimale : **5 $\mu\text{S/cm}$**

b- Fonctionnement

Un débitmètre électromagnétique permet de déterminer la vitesse de passage du fluide conducteur devant la tête du capteur, délivrant ainsi un signal de mesure analogique **4-20mA** proportionnel à la vitesse du débit, cet appareil est disponible pour la surveillance du débit.

c- Principe de mesure

Le fonctionnement de la mesure se repose sur la loi d'induction de **FARADAY**. (Voir figure I-5)

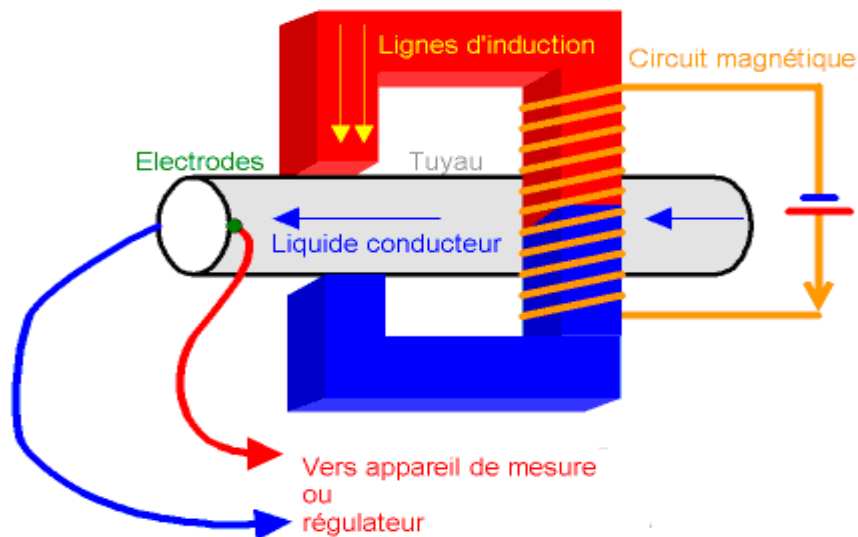


Figure I-5 principe de mesure d'un débitmètre électromagnétique

Tout conducteur coupant les lignes d'inductions d'un champ magnétique à une certaine vitesse induit une force électromotrice qui est proportionnelle à la vitesse de découlement. Cette tension est saisie par les électrodes qui entrent en contact avec le fluide.

$$E=B*D*V...(1)$$

Avec :

- E :** Force électromotrice induite en Volts
- B :** Induction magnétique en Tesla
- D :** Écartement des électrodes (Diamètre du conducteur en m)
- V :** Vitesse d'écoulement moyenne en m/s.

d- Avantage

Les appareils de mesure offrent une mesure de débit avec une précision élevée, leurs avantages sont :

- Installation et mise en service simplifiées.
- La mesure ne dépend pas des caractéristiques physiques du liquide (densité, viscosité,...).
- La mesure est pratiquement indépendante de la répartition des vitesses dans la canalisation.
- Résistance à la corrosion (liquide acide).

I-4-1-3 Sonde de niveau

Cet appareil effectue l'opération de contrôle des niveaux de remplissage des liquides et permet la mise en marche des pompes lorsque le niveau est haut ou des vannes lorsque le niveau est bas. Il assure aussi la protection des pompes contre la marche à sec et le trop plein des bacs. Ces sondes sont connectées à l'automate. La figure ci-dessous représente une sonde de niveau.

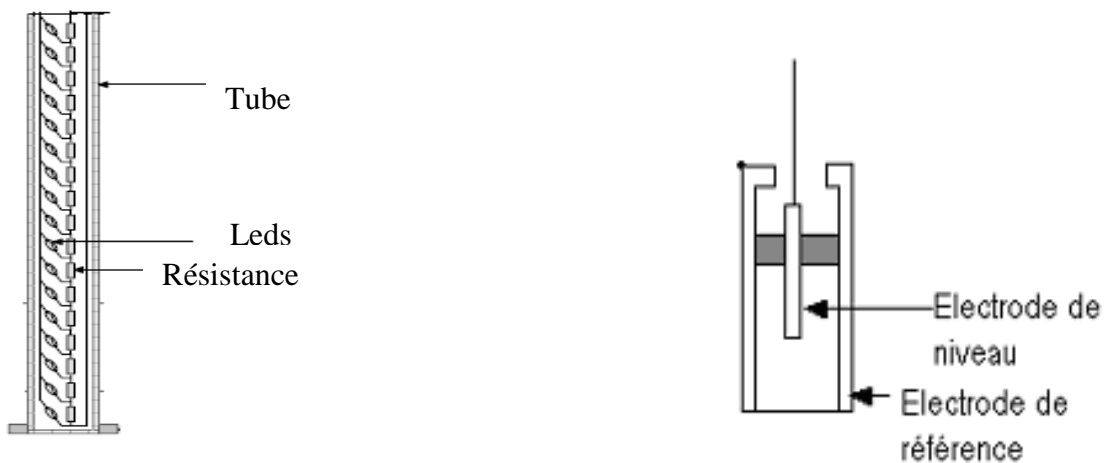


Figure I -6 Sonde de niveau

a- principe de fonctionnement

Lorsque deux électrodes sont plongées dans un liquide (l'eau), la conductivité de l'eau crée un courant qui fait varier les résistances de ces deux électrodes.

Selon le niveau d'eau dans le réservoir un signal de 4-20 mA est envoyé à l'automate.

Où **4 mA** représente le niveau **bas**.

Et **20 mA** représente le niveau **haut**.

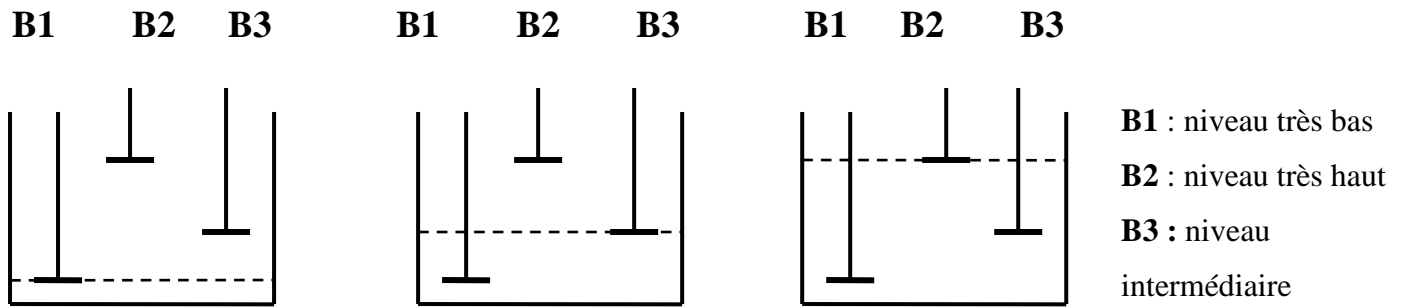


Figure I-7 Sondes ou électrodes du régulateur

La station de traitement dispose d'un régulateur de niveau à sonde dans chaque cuve de la salle de préparation des produits chimiques, ainsi qu'au niveau des réservoirs de stockages afin de mesurer le niveau d'eau. Ce type se loge à l'intérieur d'un flotteur à deux lamelles connecté à l'API.

Selon le niveau d'eau, un contact se fait avec la lamelle inférieure ou supérieure et délivrant ainsi une information à l'API.

I-4-1-4 Le Manomètre

Le manomètre est un appareil utilisé pour l'indication de la valeur de la pression par affichage sur le cadran de cet indicateur (voir figure I-8)



Figure I-8 Manomètre

II-4-1-5 Transmetteur de pression CERABARM (palpeur de niveau)

Les transmetteurs de pression CERABAR M mesure la pression absolue ou relative dans les gaz, vapeurs et liquides. Ils sont utilisés au niveau de la station afin de mesurer le niveau d'eau dans les décanteurs.

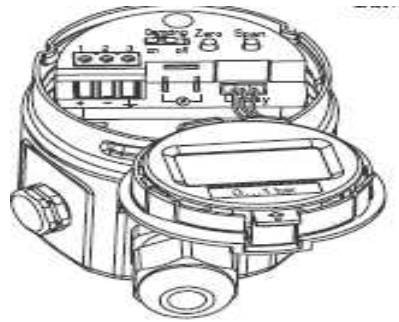


Figure I-9 Transmetteur de pression Cerabar M

a- Principe de fonctionnement du Cerabar M

Son fonctionnement dépend de la membrane utilisée.

-Cellules céramiques

La pression du processus agit directement sur la membrane céramique en la déplaçant de **0.025mm** au maximum. La variation de capacité proportionnelle à la pression est mesurée aux bornes des électrodes du substrat céramique de la membrane. La gamme de mesure dépend de l'épaisseur de la membrane céramique. (Voir figure I-10)

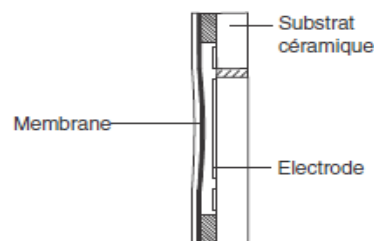


Figure I-10 Cellule céramique

-Cellules métalliques

Les membranes séparatrices sont déplacées toutes les deux par les pressions appliquées. Une huile de remplissage transmet la pression à un pont de résistances. La modification de la tension du pont proportionnelle à la pression différentielle est mesurée et exploitée. (Voir figure II-11)

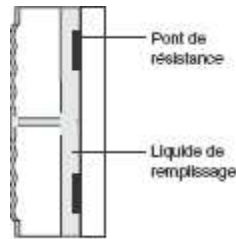


Figure I-11 Cellule métallique

b- Principe de mesure

Dans la station, ils utilisent la cellule Céramique (principe de mesure se repose sur la variation de capacité). Le capteur capacitif est constitué d'une membrane céramique formant l'électrode mobile d'un condensateur et d'une deuxième électrode fixe qui est montée dans le boîtier et isolée électriquement sur le substrat céramique. La différence de pression est proportionnelle au déséquilibre de capacité dû au déplacement de la membrane.

La tension induite est :

$$U_e = Q/C \dots (2)$$

Avec : $C = \xi \cdot (S/d)$

C : capacité en **Farad(F)**

ξ : constante diélectrique **F/m**.

S : surfaces des armatures en **m²**.

d : distance entre les armatures en **m (mètre)**

Q : la charge emmagasinée en **coulomb**.

I-4-2 Actionneurs

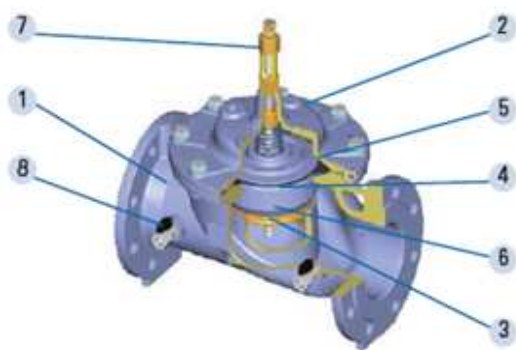
Les actionneurs sont des dispositifs qui reçoivent des signaux de l'Automate sous forme pneumatique ou électrique et agissent en action physique (mécanique). La station dispose d'un certains nombre de dispositifs assurant le bon fonctionnement des actionneurs. Parmi eux on cite :

I-4-2-1 Réducteur de pression (figure I-12)

Un réducteur de pression est un composant indispensable dans la station, son rôle est :

- Régulation de pression et de débit de l'eau brute du barrage.
- Contrôle de niveau
- Protection anti-retour

Sa vanne de base est à membrane **CLA-VAL** de modèle **HYTROL 100-01**.



- 1) Corps
- 2) Chapeau
- 3) Siège
- 4) Equipage mobile
- 5) Membrane
- 6) Clapet
- 7) Indicateur de position
- 8) Robinet

Figure I-12 Réducteur de pression

a- principe de fonctionnement du CLA-VAL (Figure I-13)

Le principe du réducteur de pression est basé sur la membrane interne pour laquelle le volume change (augmente ou diminue) par l'intermédiaire des pilotes externes qui permettent le réglage, selon le débit d'eau désiré à la sortie de ce réducteur. Le changement du volume de la membrane agit sur la section de chambre de la façon suivante :

- L'augmentation du volume de la membrane correspond à la diminution de la section de la chambre, donc à la réduction du débit d'eau à la sortie du réducteur.
- La diminution du volume de la membrane correspond à l'augmentation de la section de la chambre, donc à l'augmentation du débit d'eau à la sortie du réducteur.

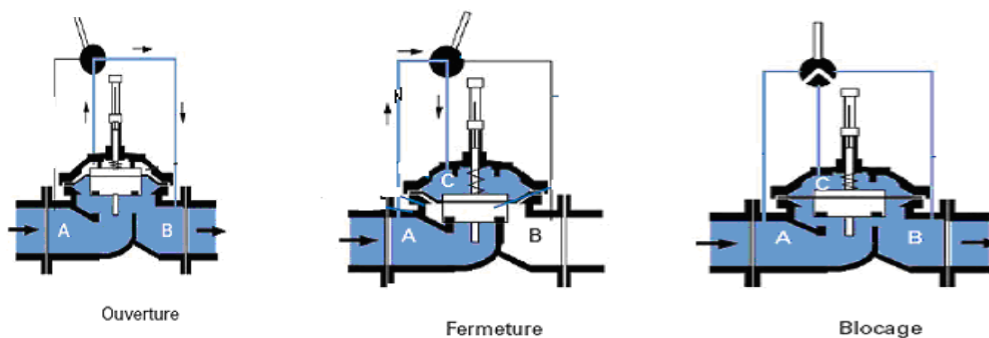
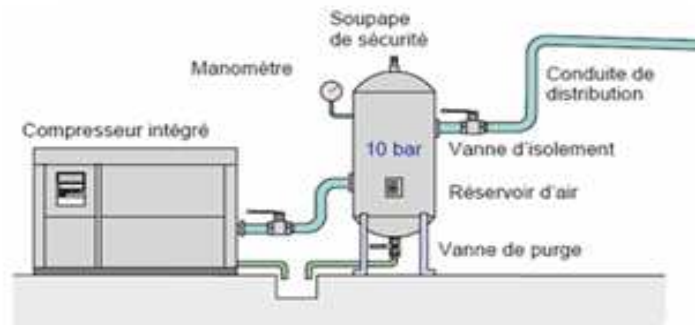


Figure I-13 Principe de fonctionnement de réducteur de pression

I-4-2-2 Compresseurs

Ce sont des éléments essentiels à l'équipement industriel et prouvant tous les jours leur fiabilité et leur qualité en assurant l'alimentation permanente des composants pneumatiques avec une pression de **6.2 bar**.

La figure ci-dessous montre un compresseur industriel.



I-14 Compresseur d'air

Mais l'air comprimé généré par le compresseur doit être sec, propre et parfois même exempt d'huile, donc ce compresseur est utilisé avec des accessoires qui sont :

- **Les sécheurs d'air** : c'est pour extraire des gouttelettes d'eau dans l'air.
- **Déshuileur** : permet d'obtenir de l'air comprimé exempt d'huile.

I-4-2-3 Surpresseur

Ce sont des dispositifs qui sont utilisés pour le lavage des filtres, contrairement aux compresseurs, les surpresseurs génèrent de l'air comprimé mais à faible pression (**de 0 à 1 bar**).

Ce groupe est monté avec ses accessoires :

- La tuyauterie de refoulement
- Une soupape pour protéger le Surpresseur de toute charge
- Un clapet anti-retour empêchant l'eau de lavage d'entrer dans le surpresseur où cas où la vanne ne s'est pas fermée.

I-4-2-4 Les distributeurs

Les distributeurs sont considérés comme des pré-actionneurs. Leur rôle est d'assurer le fonctionnement des actionneurs (**vannes pneumatiques**) en distribuant de l'énergie pneumatique (**air**) aux composants de façon constante et régulière en termes de pression et de débit.

Leurs caractéristiques fonctionnelles sont :

- Le nombre d'orifices principaux nécessaires au fonctionnement des différents types d'actionneurs.

- Le nombre de positionnements (généralement 2) définissant l'un l'état de repos et l'autre l'état de travail. Il est possible d'avoir trois positions, il y aura deux positions de travail et une de repos.

a- Distributeur 5/2 monostable (Voir figure I-15)

La station dispose de 4 distributeurs 5/2 alimentant les quarante blocs de vannes pneumatiques qui sont soit de type **TOR (Tout ou Rien)** ou de régulation. Ces distributeurs permettent d'alimenter alternativement deux canalisations et d'assurer la mise à l'échappement.

On désigne un distributeur avec deux chiffres :

1^{er} chiffre (5) : nombre d'orifices.

2^{eme} chiffre (2) : représente le nombre de cases du distributeur.

Monostable : car le terroir est rappelé à sa position initiale par un ressort de rappel.

Le distributeur cinq orifices et deux positions monostables est piloté par une bobine assurant **24 V**.

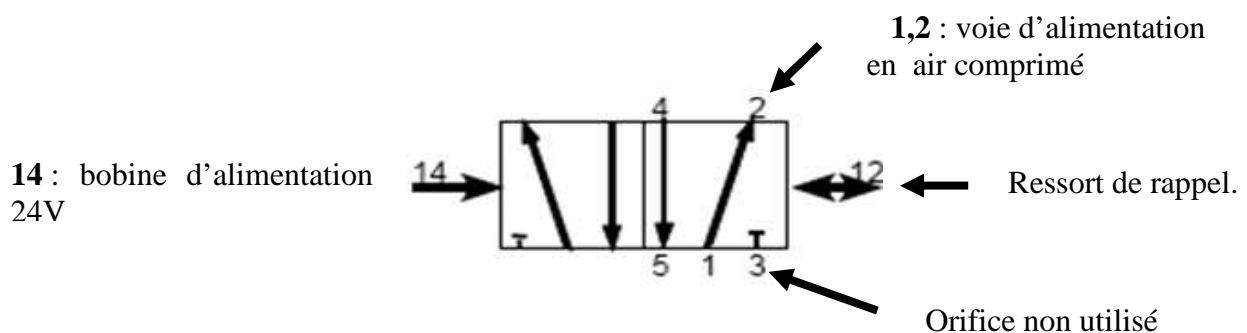


Figure I-15 Distributeur 5/2 monostable

I-4-2-5 Vannes pneumatiques TOR (vannes tout ou rien) (Voir figure I-16)

Leur rôle est de faire évacuer les eaux ou les boues (exemple dans les décanteurs). La pression d'air comprimé leur permet de bloquer ou libérer la canalisation. Ces vannes prennent deux positions soit ouvertes ou fermées :

- **Vanne ouverte** : Leur alimentation en pression provoque une rotation de la tige associée au disque d'un angle de **90°** cela permet l'ouverture totale de la vanne.
- **Vanne fermée** : dès la coupure de l'alimentation d'air la vanne sera fermée.

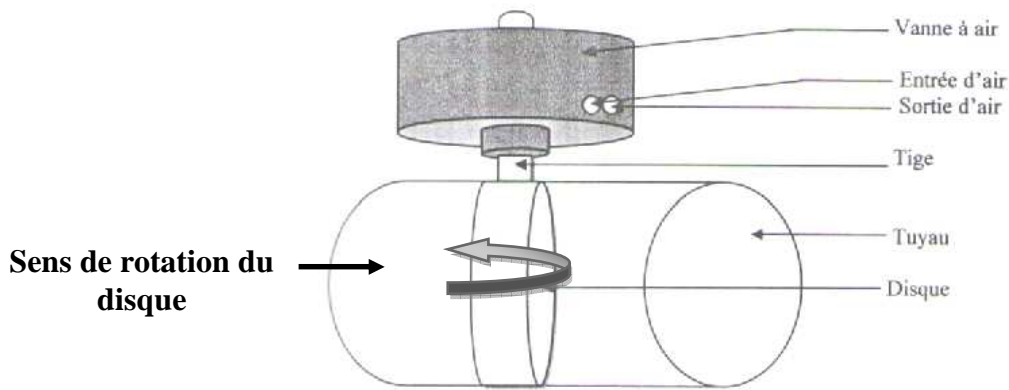


Figure I-16 Vanne Tout Ou Rien (TOR)

I-4-2-6 Vannes pneumatiques de régulation

Elles sont utilisées à l'entrée d'eau brute pour ne pas dépasser un certain seuil ainsi qu'à l'entrée des filtres pour ne pas dépasser leur capacité. Ce type de vanne est utilisé pour réguler et contrôler le débit d'eau brute ou de l'eau à filtrer. Le bloc de vannes pneumatiques est constitué :

- D'actuateur pneumatique.
- D'actionneur pneumatique rotatif 90° .
- Et de Vannes.

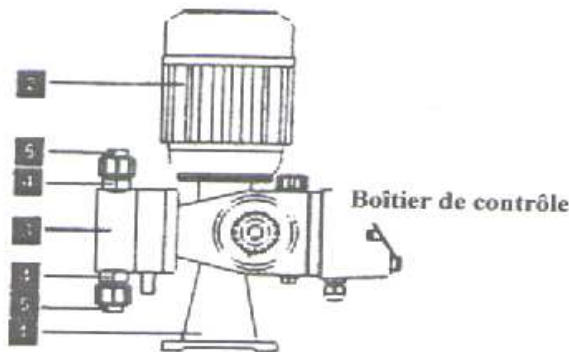
L'actuateur pneumatique peut recevoir une pression de **0.2 à 1.6 bars** qui correspond à une plage de mesure électrique de **4 à 20 mA** où :

- La pression de **0.2** correspond à **4 mA** qui signifient la fermeture totale de la vanne (aucune rotation de disque (0°)).
- La pression de **1.6** correspond à **20mA** qui veut dire l'ouverture totale de la vanne. Selon la pression transmise, l'actuateur alimente l'actionneur pneumatique qui va agir sur les deux pistons afin d'effectuer une rotation du disque de 0° à 90° , cette rotation correspond à l'ouverture ou à la fermeture de la vanne à un certain degré.

I-4-2-7 Le groupe électropompe (Voir la figure I-17)

Le groupe électropompe se compose essentiellement :

- d'une pompe
- d'un moteur asynchrone.



- 1 : Ensemble mécanique
- 2 : Moteur asynchrone
- 3 : Corps de doseur
- 4 : Boite à clapet
- 5 : Raccordement

I-17 Schéma d'un groupe électropompe

•La pompe

Son rôle est d'aspirer l'eau du décanteur et de le refouler dans le filtre à l'aide du diffuseur qui est sous forme d'un disque contenant des trous sur ses cotés. Ce dispositif transforme l'énergie mécanique (couple et vitesse de rotation de l'arbre) en énergie hydraulique (débit et pression). La pompe utilisée à la station est une pompe centrifuge qui s'accouple directement au moteur Asynchrone.

•Le moteur asynchrone

Le moteur asynchrone est mis au point par **Nikola TESLA** en **1883**, ce dispositif transforme l'énergie électrique en énergie mécanique.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de présenter la station de traitement d'eau au niveau du barrage de **TAKSEBT** et son fonctionnement, nous avons aussi cité les différents appareils utilisés dans cette station. Alors il est indispensable de bien les connaître afin de les utiliser au mieux, donc le prochain chapitre sera consacré à l'étude du moteur asynchrone et ses différents modes de démarrage.

CHAPITRE II

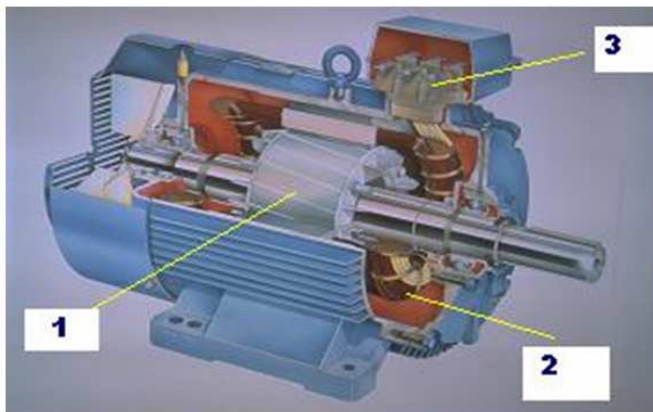
*Différents modes de
démarrage d'un moteur
asynchrone*

Introduction

L'entraînement des machines est assuré en très grande majorité par des moteurs asynchrone, alimentés en courant alternatif triphasé. Ce type de moteur s'impose en effet dans la plus part des applications par son prix de revient avantageux, ses qualités, robustesse et sa simplicité d'entretien. Il nous paraît donc indispensable de rappeler les principes de constitution et de fonctionnement de ce moteur, puis de décrire et comparer les principaux dispositifs de démarrage qui lui sont associés.

II-1 Constitution d'un moteur asynchrone

Le moteur Asynchrone Triphasé est constitué d'un **Stator** (partie fixe) et d'un **Rotor** (partie mobile) qui sont séparés par un entrefer d'épaisseur constante. (Voir la figure ci-dessous)



- 1) Rotor
- 2) Stator
- 3) Plaque à borne pour l'alimentation et le couplage

Figure II -1 Constitution d'un moteur asynchrone triphasé

• Le stator (la figure II-2)

Le Stator est une carcasse en acier à l'intérieur on trouve un circuit magnétique fixe et trois enroulements identiques disposés à 120° dans l'espace les uns des autres, ces trois enroulements sont alimentés par un système triphasé équilibré de courants.

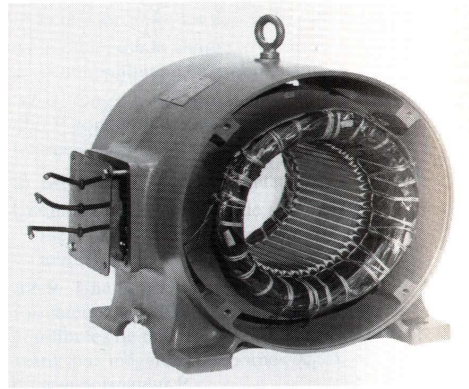


Figure II-2 Le Stator (partie fixe)

• **Le Rotor (figure II-3)**

C'est la partie mobile ou rotative, il est constitué de barres d'aluminium noyées dans un circuit magnétique (l'entrefer séparant le Stator et le Rotor), les extrémités de ces barres sont reliées par deux anneaux réalisant un court-circuit, l'ensemble à un aspect d'une **cage d'écureuil** d'où le nom de ce type de Rotor.

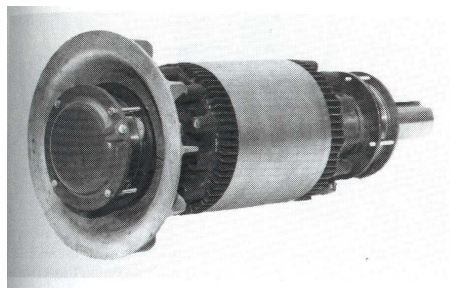


Figure II-3 Le Rotor (partie mobile)

Remarque : Les circuits magnétiques du **Rotor** et du **Stator** sont constitués d'un empilage de fines tôles métalliques pour éviter la circulation des courants de Foucault (courants de fuite).

II-2 Rappels sur le principe de fonctionnement

Le moteur à courant alternatif dispose d'un bobinage statorique qui sera alimenté par une tension alternative, la circulation d'un courant **I** crée un champ magnétique **B** où sa direction et son intensité sont en fonction du courant **I**. (**voir figure II-4**)

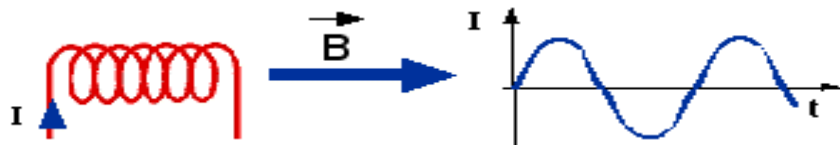


Figure II-4 Circulation d'un courant dans une bobine et création d'un champ magnétique induit B

Dans un moteur triphasé, se trouve trois enroulements qui sont disposés dans le stator à 120° les uns des autres, ainsi trois champs magnétiques se créent. (Voir figure II-5)

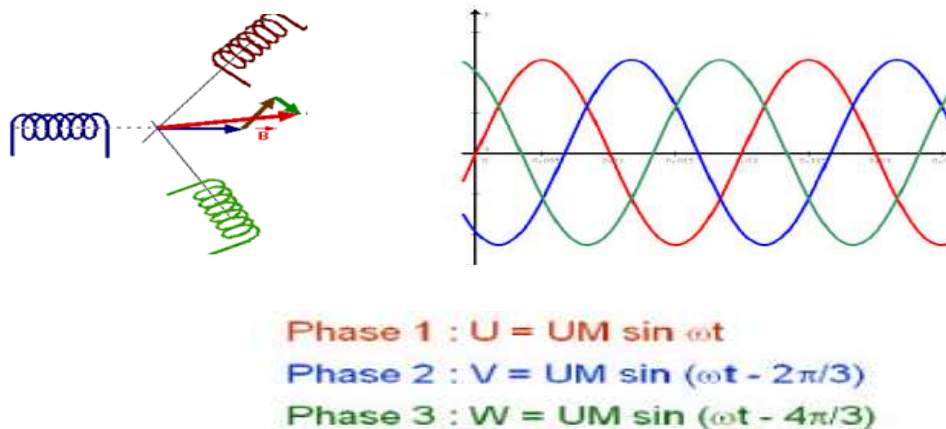


Figure II-5 Présentation de la résultante des trois champs magnétiques

La résultante des trois champs magnétiques tourne à la même fréquence que le courant. Donc la résultante est un **champ tournant** sa fréquence est nommée **fréquence de synchronisme** et sa vitesse angulaire Ω_s est donnée par :

$$\Omega_s = \omega/p \text{ (en rd/s) } \dots (1)$$

Où

ω : pulsation des courants alternatifs de l'alimentation en (rd /s)

p : nombre de paires de pôles du moteur asynchrone

Ω_s est exprimée en nombre de tours par unité de temps, sa valeur η_s est alors donnée par la relation :

$$\eta_s = \Omega_s / 2\pi \text{ (en tr/s) } \dots(2)$$

Puisque le rotor est court-circuité (anneaux), la tension induite est nulle mais les courants induits sont importants. Les barres du Rotor portant ces courants sont situées dans un champ magnétique tournant cela provoque l'apparition d'une force électromagnétique de Laplace :

$$\vec{F} = \vec{I}l \wedge \vec{B}$$

$$\vec{F} = I.l.B|\sin \theta| \dots (3)$$

Avec

I : Courant rotorique induit

l : Longueur du conducteur (Rotor)

B : Champ magnétique tournant

θ : Angle entre B et I

L'interaction entre les courants induits et le champ génère un couple qui tend à mettre le rotor en mouvement afin de s'opposer au champ magnétique statorique tournant. Le Rotor tourne alors dans le même sens que le champ mais avec une vitesse angulaire Ω légèrement inférieure à la vitesse de synchronisme Ω_s et tente de suivre le champ statorique.

La vitesse du Rotor est donnée par :

$$\Omega = \Omega_s (1-g) \dots (4)$$

Avec

Ω_s : vitesse de synchronisme

g : coefficient de glissement, $g = (\Omega_s - \Omega) / \Omega_s$.

Le nom du **moteur asynchrone**, revient au fait que les deux fréquences ne peuvent pas être synchrones puisque le Rotor ne peut pas tourner à la même vitesse que le champ magnétique.

II-2-1 Caractéristiques du moteur asynchrone

La figure ci-dessous représente la caractéristique du moteur et sa charge (Voir figure II-6)

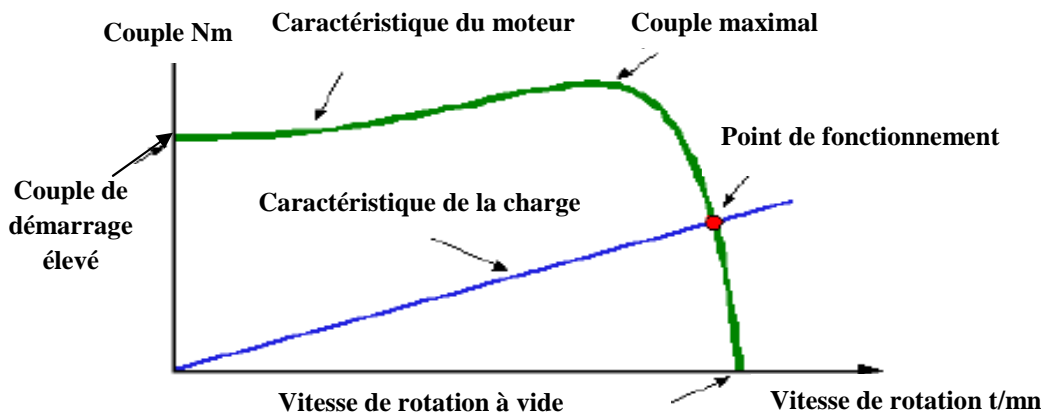


Figure II-6 Le couple moteur en fonction de la fréquence sur l'arbre du moteur

a- Interprétation de la courbe

Au démarrage on a : $C_{\text{moteur}} - C_{\text{résistant}} > 0$

Donc le couple moteur est en moyenne de 1,5 à 2 fois le couple nominal et la surintensité au moment du démarrage peut être de 4 à 8 fois l'intensité nominale (I_n) (pour le démarrage direct). Le couple moteur varie proportionnellement avec la vitesse de rotation du moteur et la charge entraînée (la pompe), on distingue un point principal :

- **Le point de fonctionnement** : correspond à l'intersection de la caractéristique du moteur avec la caractéristique de la charge, ces deux courbes se croisent en ce point pour lequel les couples moteur et résistant sont identiques.

II-3 Les modes de démarrages

Lors de la mise sous tension du moteur, l'intensité appelée est très importante, suivant le type et la puissance du moteur. Cet appel de courant est une gêne pour le distributeur de l'énergie (SONELGAZ) en provoquant des chutes excessives, il est alors nécessaire de réduire ce courant de démarrage aux bornes du stator en utilisant plusieurs moyens : couplage étoile-triangle, par autotransformateur, statorique à résistance ou avec un démarreur progressif.

II-3-1 Démarrage direct

C'est un procédé de démarrage simple obtenu en un seul temps; le stator est couplé directement au réseau. Le moteur démarre sur ses caractéristiques naturelles avec une forte pointe. Ce type de démarrage est réservé aux moteurs de faible puissance. Le couple est de l'ordre de 0.5 à 1.5 Cn, l'appel de courant est important (5 à 8 fois le courant nominal).

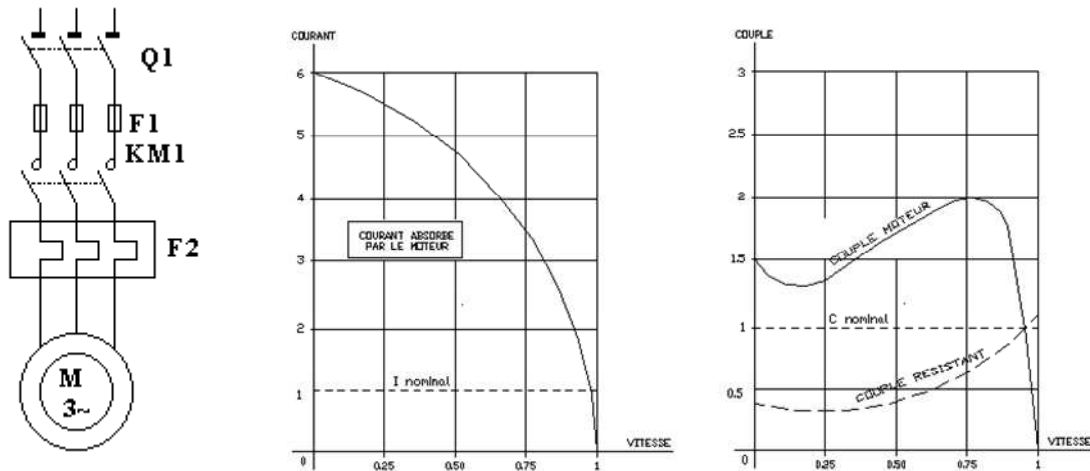


Figure II-7 Circuit de puissance du démarrage direct et les courbes caractéristiques

a-Fonctionnement du circuit de puissance

- Fermeture manuelle de Q1
- Fermeture de KM1, mise sous tension du moteur.

II-3-2 Démarrage statorique à résistances

L'alimentation sous tension réduite du moteur, pendant le premier temps est obtenue par la mise en série avec chaque phase du stator d'une résistance qui provoque une chute de tension de $U_r=R*I$, qui est ensuite court-circuitée. Alors le moteur sera alimenté sous une tension de $U'=U_{\text{ligne}} -R*I$. Au fur et à mesure que le moteur prend de la vitesse, le courant diminue ainsi que la tension U_r , par contre le couple augmente. L'appel du courant est 4.5 fois le courant nominal.

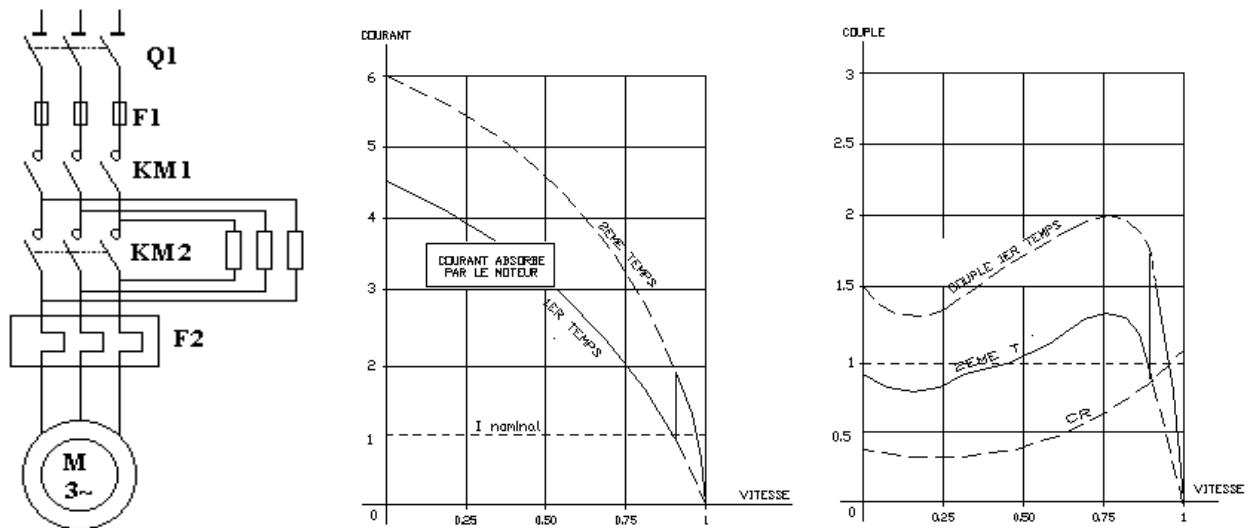


Figure II-8 Circuit de puissance d'un démarrage à résistance statorique et les courbes caractéristiques

II-3-3 Le démarrage par autotransformateur (Figure II-9)

Le moteur est alimenté sous tension réduite par l'intermédiaire d'un autotransformateur, lequel est mis en court circuit lorsque le démarrage est terminé. Le couple de démarrage est de l'ordre de 0.4 à 0.85 C_N , Le courant de démarrage est de l'ordre de 1.7 à 4 I_N .

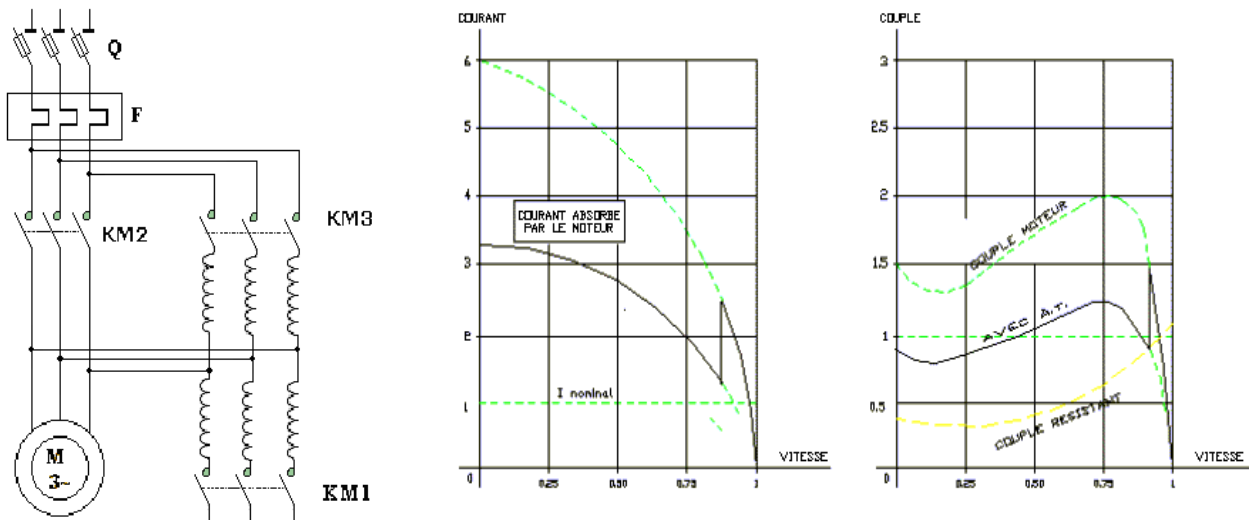


Figure II-9 Circuit de puissance du démarrage par autotransformateur et les courbes caractéristiques

II-3-4 Démarrage étoile-triangle (dans notre cas)

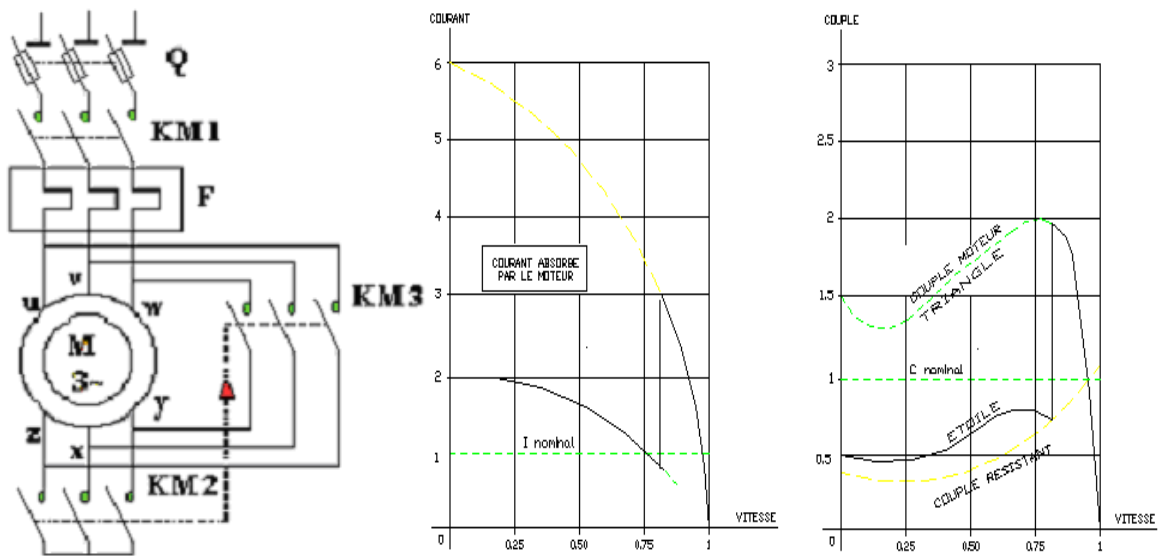


Figure II-10 Circuit de puissance d'un démarrage Y/Δ.

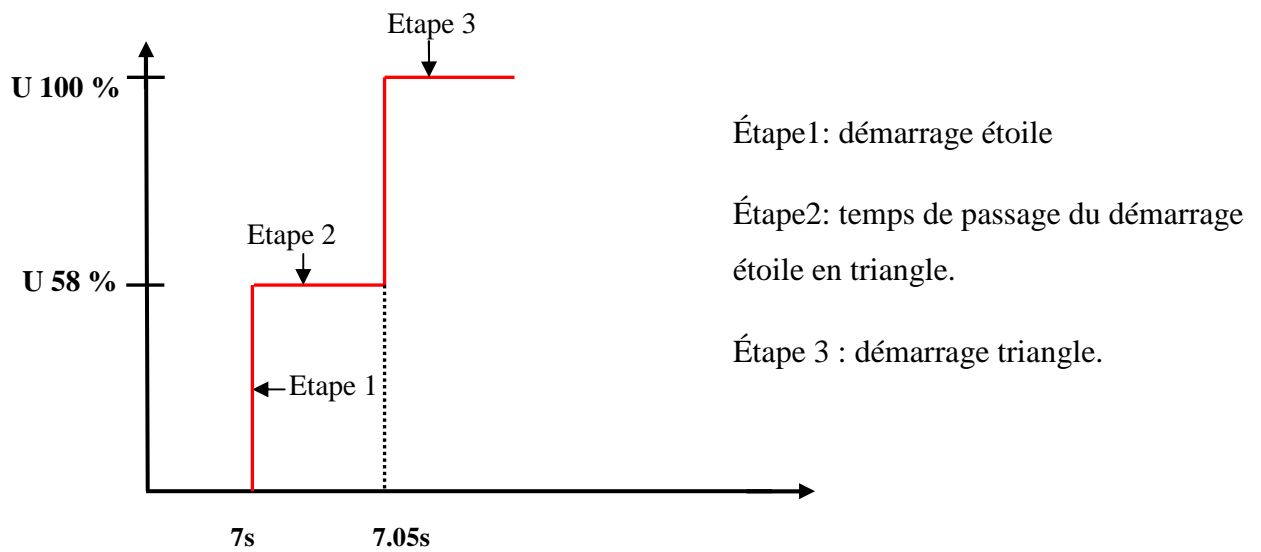


Figure II-11 Courbe du démarrage étoile-triangle

Etape 1 : couplage étoile (Y) (Voir Figure II-12)

À la mise sous tension, les enroulements statoriques du moteur sont couplés en étoile et chaque enroulement est alimenté sous une tension qui est de $U/\sqrt{3}$, de ce fait l'appel du courant est divisé par $\sqrt{3}$ et le couple est divisé par 3. Ce démarrage dure de 3 à 7s.

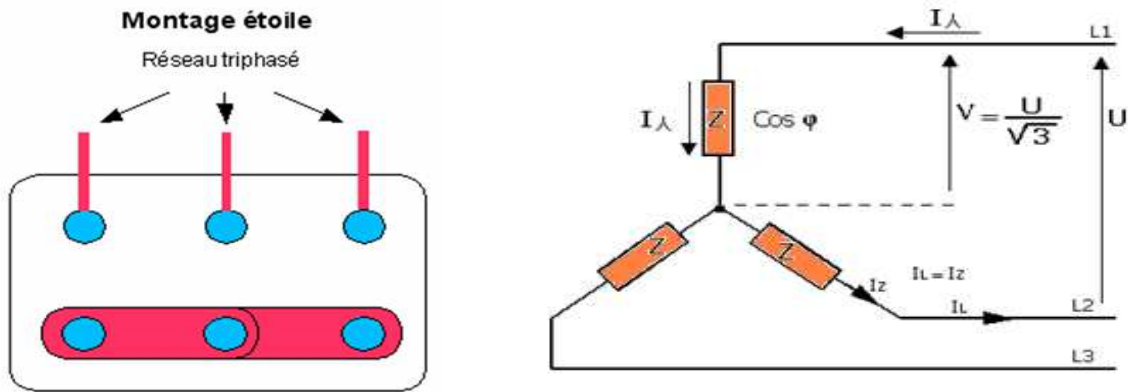


Figure II-12 Démarrage étoile d'un moteur asynchrone

Nous avons :

Intensité en ligne = Intensité récepteur ($I_L = I_Z$)

Soit

$$I_Y = \frac{V}{Z} = \frac{U/\sqrt{3}}{Z} :$$

$$I_Y = \frac{U}{Z\sqrt{3}} = \frac{U\sqrt{3}}{3Z} \dots (5)$$

➤ **Puissance en étoile**

$$P_y = U I_Y \sqrt{3} \cos \varphi$$

$$P_y = \frac{U U \sqrt{3}}{Z\sqrt{3}} \cos \varphi \dots (6)$$

• Etape 2 : couplage triangle (Δ) (Voir Figure II-13)

Quand le moteur est lancé, on passe au couplage triangle, les bobines sont alors alimentées avec une tension nominale du réseau (400v).



Figure II-13 Démarrage triangle d'un moteur asynchrone

➤ Intensité dans chaque récepteur

$$J = \frac{U}{Z} \text{ et } J = \frac{I_{\Delta}}{\sqrt{3}} \dots (7)$$

➤ Intensité en ligne

Nous savons que :

$$\frac{U}{Z} = \frac{I_{\Delta}}{\sqrt{3}}$$

Soit : $I_{\Delta} Z = U\sqrt{3}$ d'où $I_{\Delta} = \frac{U\sqrt{3}}{Z} \dots (8)$

➤ Puissance en triangle

Calculons :

$$P_{\Delta} = U I_{\Delta} \sqrt{3} \cos \varphi \quad P_{\Delta} = U \frac{U\sqrt{3}}{Z} \sqrt{3} \cos \varphi$$

$$P_{\Delta} = \frac{3U^2}{Z} \cos \varphi \dots (9)$$

Etude des rapports

1-Étude du rapport I_{triangle} sur $I_{\text{étoile}}$

$$\frac{I_{\Delta}}{I_Y} = \frac{\frac{U\sqrt{3}}{Z}}{\frac{U}{Z\sqrt{3}}} = \frac{U\sqrt{3}}{Z} \times \frac{Z\sqrt{3}}{U} = 3 \dots (10)$$

2-Étude du rapport P_{triangle} sur $P_{\text{étoile}}$

$$\frac{P_{\Delta}}{P_Y} = \frac{\frac{3U^2 \cos \varphi}{Z}}{\frac{U^2 \cos \varphi}{Z}} = \frac{3U^2 \cos \varphi}{Z} \times \frac{Z}{U^2 \cos \varphi} = 3 \dots (11)$$

Il en résulte que le couple du démarrage en étoile est 3 fois plus faible qu'en triangle.

Remarque : Le passage du couplage étoile au couplage triangle n'étant pas instantané, le courant est coupé pendant 30 à 50 ms environ. Cette coupure du courant provoque une démagnétisation du circuit magnétique. Lors de la fermeture du Contacteur triangle, une pointe de courant réapparaît brièvement mais importante (magnétisation du moteur).

- Avantages et inconvénients des différents modes de démarrage

Moteur à cage				
	Démarrage direct	Démarrage étoile-triangle	Démarrage statorique	Démarrage avec autotransformateur
Courant initial de démarrage	4 à 8 In	1,3 à 2,6 In	4,5 In	1,7 à 4 In
Couple initial de démarrage	0,6 à 1,5 Cn	0,2 à 0,5 Cn	0,6 à 0,85 Cn	0,4 à 0,85 Cn
Avantages	-Couple de démarrage important.	-Démarrage relativement peu onéreux	-Possibilité de réglage des valeurs au	-Bon rapport couple/intensité. -Possibilité de réglage

	-Démarrage simple et économique.		démarrage -pas de coupure d'alimentation pendant le démarrage.	des valeurs au démarrage. -pas de coupure d'alimentation Pendant le démarrage.
Inconvénients	-Pointe d'intensité très importante -S'assurer que le réseau admet cette pointe.	-Couple au démarrage faible. -pas de possibilité de réglage. -coupure d'alimentation au changement de couplage et phénomène transitoire.	-Faible réduction de la pointe de démarrage -nécessite des résistances.	-nécessite un autotransformateur onéreux.
Durée de démarrage	-2à 3secondes	-3à7secondes	-7à 12 secondes	-7 à 12 secondes

Dans de nombreux cas, le démarrage direct ou le démarrage étoile-triangle (dans notre cas), ne constitue cependant pas toujours la meilleure solution. Pour éviter tous les inconvénients, dus aux différents types de démarrage utilisés dans les stations de traitement d'eau, nous allons proposer un démarrage progressif qui assure dans la quasi-totalité des applications, une solution adéquate pour le démarrage en douceur des moteurs.

II-3-5 Démarrage progressif

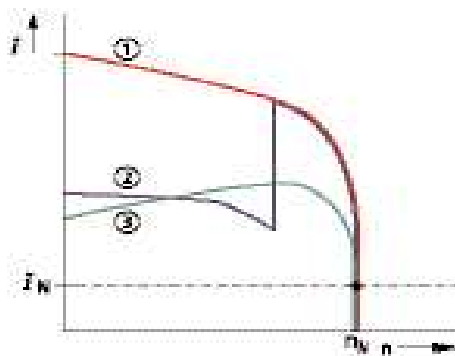
II-3-5-1 Définition d'un démarreur progressif

Les démarreurs progressifs sont des appareils de commande électroniques, conçus pour le démarrage progressif des machines asynchrones à courant triphasé. Chaque phase du moteur est influencée par deux thyristors montés en tête bêche, formant ainsi un gradateur, le contrôle de la puissance par un système électronique, permet d'effectuer un démarrage par accroissement progressif de la tension aux bornes du moteur, produisant ainsi une accélération sans à-coup, et ne consommant que le courant minimum nécessaire au démarrage.

Avantage

Les démarreurs progressifs électroniques offrent de nombreux avantages parmi lesquels on cite :

- Démarrer et arrêter les moteurs sans à-coups ou transitions, augmente la durée de vie des parties mécaniques des machines entraînées.
- Le démarreur progressif protège les moteurs des surchauffes et autres aléas de fonctionnement tels que coupure de phase, blocage du rotor (en court-circuit), etc....
- Quand les arrêts dans les systèmes de pompage sont progressifs, les coups de béliers sont éliminés.
- Diminution des chutes de tension en ligne et réduction des pointes de courant au cours du démarrage Y/ Δ comme le montre la figure ci-dessous.

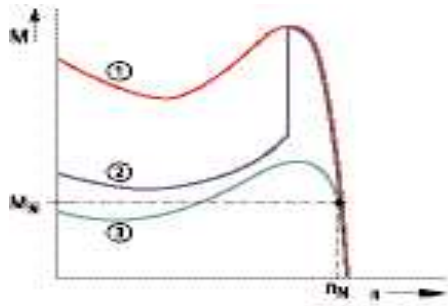


1-Démarrage direct

2-Démarrage étoile-triangle

3-Démarrage progressif

- Réduction des couples au démarrage pour protéger la mécanique des machines entraînées.



1-Démarrage direct

2-Démarrage étoile-triangle

3-Démarrage progressif

- Accélérer, décélérer ou freiner en douceur.

II-3-5-2 Structure générale d'un démarreur progressif électronique

Le démarreur électronique est constitué de deux modules généralement regroupés dans une même enveloppe, (figure II-14).

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

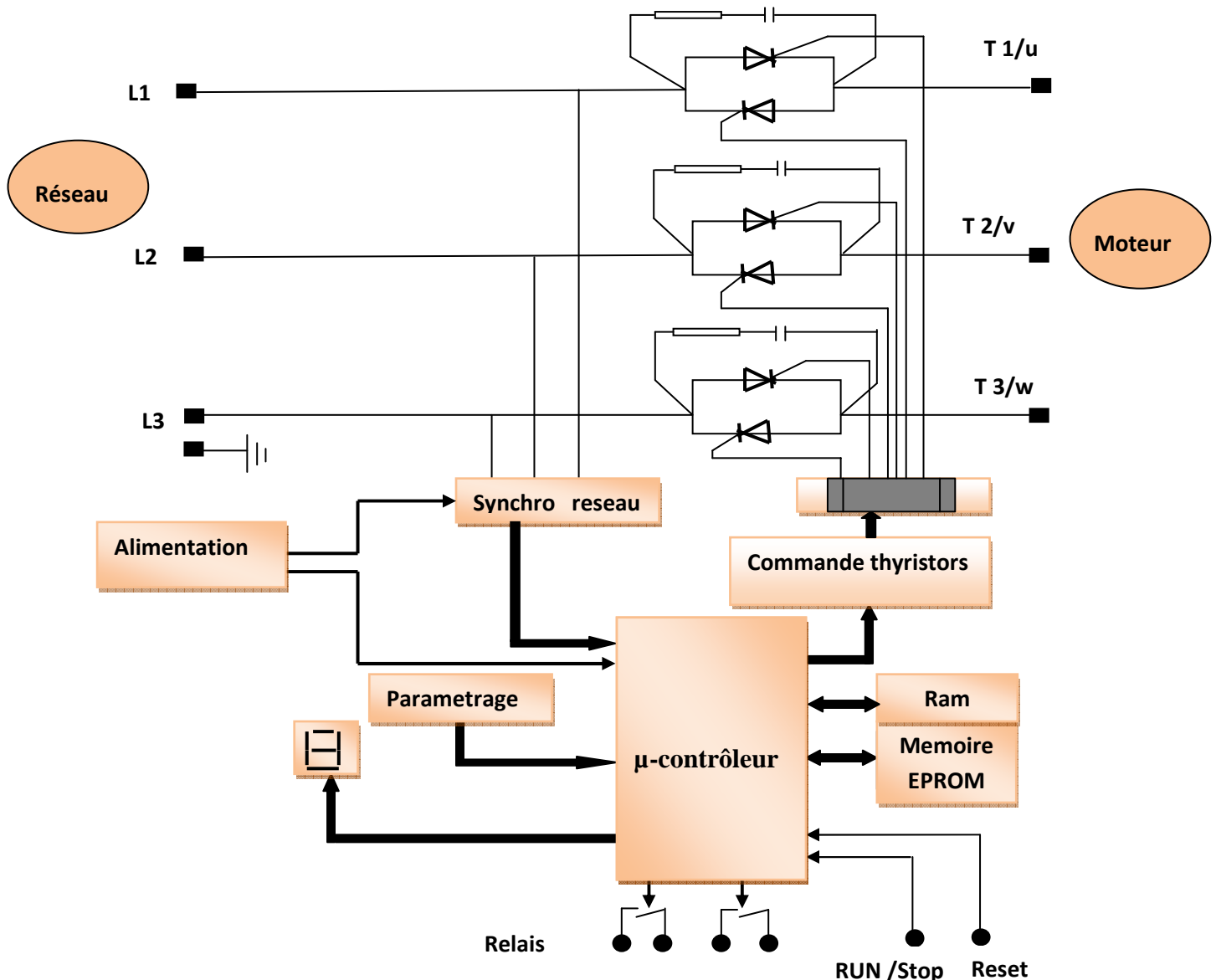


Figure II-14 Structure générale d'un démarreur progressif

II-3-5-2-1 Le module de contrôle

Sur les démarreurs, toutes les fonctions sont commandées par un μ -contrôleur qui exploite les réglages, les ordres transmis par l'opérateur ou par une unité de traitement.

A partir de ces informations, le μ -contrôleur gère l'allumage des composants de puissance, les rampes d'accélération et de décélération, la limitation de courant. Les réglages (consigne de vitesse, rampe, limitation de courant...) se font par un potentiomètre, à partir d'automate ou de PC. Les ordres (marche, arrêt, freinage...) peuvent être données par des PC, des automates...

Les paramètres de fonctionnement et les informations d'alarme et de défauts peuvent être visualisés sur des voyants, des diodes électroluminescentes, des afficheurs sept segments...

II-3-5-2-2 Le module de puissance (Le thyristor)

Le module de puissance est constitué de six thyristors. Un thyristor est un semi-conducteur comporte en plus des deux électrodes (A : anode ; K : cathode) une troisième électrode appelée gâchette permettant le contrôle de l'amorçage. Le courant de gâchette permet le passage de l'état bloqué à l'état passant et ne doit être envoyé que lorsque V_{th} est supérieur à 0 V. Cet amorçage est donc retardé par rapport à l'amorçage naturel d'une diode.

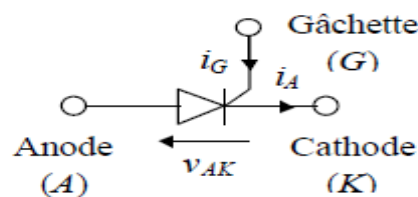


Figure II-15 Composant de puissance (Thyristor)

a- Amorçage du thyristor

a-1 Effet d'avalanche

L'amorçage d'un thyristor peut être obtenu par plusieurs phénomènes physiques qui tous provoquent un effet d'avalanche. Dans tous les cas l'amorçage rend le thyristor conducteur $I_{AK} > 0$. La tension V_{AK} est alors faible, elle est de l'ordre de quelques dixièmes de volts.

Soit la figure suivante :

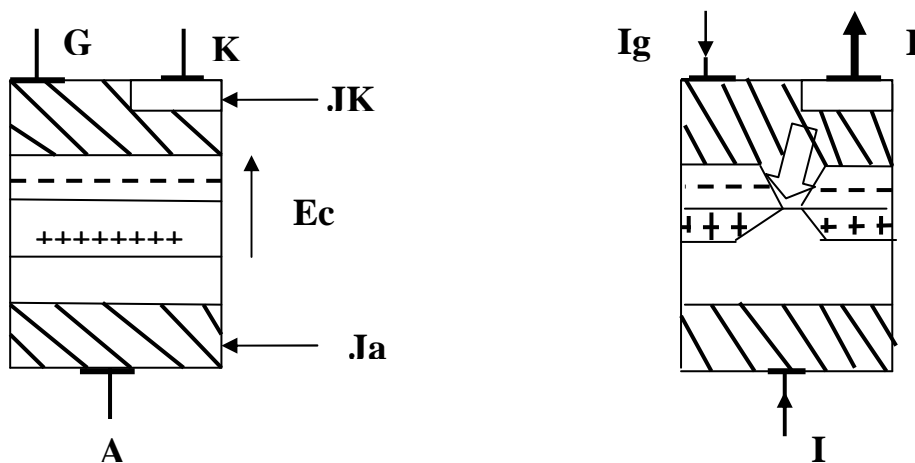


Figure II-16 Effet d'avalanche dans le thyristor

La jonction de la commande Jc (gâchette) est polarisée et bloquée. Il y'a création d'une zone de charge due aux atomes de dopage et création d'un champ électrique E_c dirigé vers la région P, qui empêche les trous de la couche P d'aller dans la zone de blocage (N) et de même, des électrons de la zone (N) de venir dans la zone (P).

Mais, il existe des porteurs minoritaires (électrons) dans la zone (P), ils peuvent passer vers la zone de blocage (N) où ils seront accélérés par le champ E_c . Cette migration des électrons forme ce qu'on appelle le courant de fuite. Cependant, l'intensité de ce courant est faible ($< I_L$) et insuffisante pour amorcer le thyristor. Une avalanche locale se déclenche lorsque le nombre d'électrons minoritaires augmente par :

- La croissance de la tension directe V_{AK} dans le temps.
- L'élévation subite de la température des jonctions.
- Par injection des porteurs par la gâchette.

Ces électrons qui transitent par la jonction de la commande arrachent des électrons au semi-conducteur, une fois ceux-ci accélérés, arrachent à leur tour des électrons de valences, c'est ce qu'on appelle « avalanche ». Le phénomène ainsi créé est à entretenir jusqu'à ce que le courant principal $I > I_L$, sinon le thyristor se bloque à nouveau.

a-2 Les conditions d'amorçage du thyristor

- **Par une forte tension**

Le courant de gâchette étant nul ($I_G = 0$), si la tension directe V_{AK} dépasse une certaine valeur V_{B0} (tension trop élevée), il y'a amorçage et conduction du thyristor.

- **Par l'effet de la température**

Pour $I_G = 0$ et V_{AK} proche de V_{B0} une élévation de température peut provoquer une avalanche locale d'où l'amorçage du thyristor.

- **Par effet photoélectrique**

C'est le cas du photo-thyristor, dans lequel la région gâchette est pourvue d'une fenêtre sensible au rayonnement lumineux. Comme il est porteur d'énergie il peut créer des paires électrons-trous ainsi déclenche le thyristor.

• Par variation rapide de la tension (dV/dt)

En gardant toujours $I_G = 0$, l'amorçage peut se faire par une variation brusque de la tension (de 100 à 300 volts dans un intervalle de temps ne dépassant pas la micro seconde).

• Par la gâchette

L'amorçage du thyristor par sa gâchette est le mode le plus utilisé. Pour amorcer un thyristor par sa gâchette, il faut lui envoyer une impulsion positive entre sa gâchette et sa cathode, tout en s'assurant que $V_{AK} > V_{AKmin}$ et de telle sorte que l'on ait $I_g > I_{g0}$.

b-Blocage du thyristor

Le blocage du thyristor se fait de deux manières :

- Blocage par tension : $V_{AK} < 0$.
- Blocage par courant nul : $I = 0$.

Le blocage par tension est le seul mode utilisé. t_{ri} est le temps de recouvrement inverse, temps nécessaire pour évacuer les porteurs (électrons) de couches d'anode et de cathode (les jonctions J_K et J_A se reforment, $V_{AK} = 0$). t_{rg} est le temps de recouvrement de la gâchette, c'est-à-dire le temps pour qu'elle redevienne opérationnelle. C'est le temps nécessaire pour que les électrons quittent la couche de commande et de blocage à travers les jonctions J_K et J_A elles-mêmes polarisée en inverse. Voir la figure ci-dessous.

Le temps de désamorçage t_q est égal à la somme de ces deux temps : $t_q = t_{ri} + t_{rg}$. Donc, on bloquera un thyristor en lui appliquant une tension V_{AK} négative pendant un temps au moins supérieur à t_q .

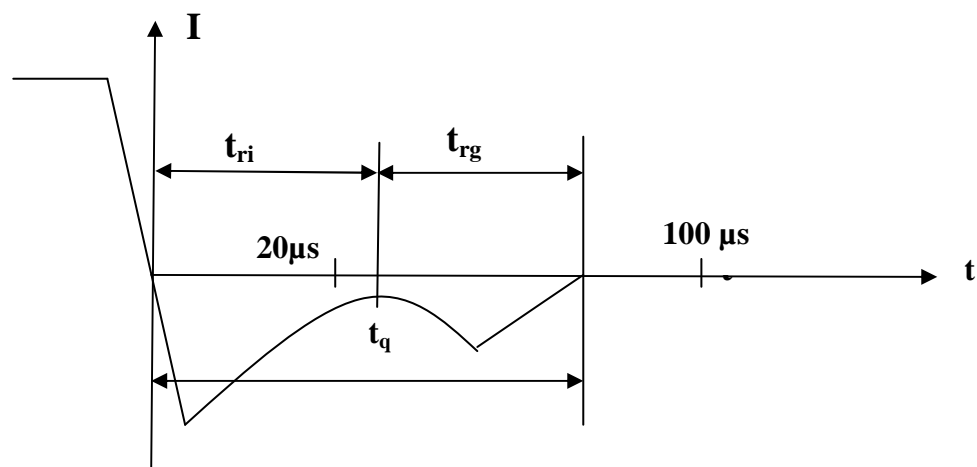


Figure II-17 Caractéristiques de blocage d'un thyristor

c-Protection du thyristor

c-1 Protection contre les surtensions (dV/dt)

Si le thyristor subit des variations rapides de tension V_{AK} qui peuvent provenir du réseau d'alimentation ou de la machine, ces variations dV/dt positive trop élevées peuvent conduire le thyristor à l'amorçage. La jonction de commande Jc à l'état bloquée se comporte comme un condensateur, qui donne naissance à un courant $I=C dV/dt$ qui devient supérieur à I_L , c'est l'amorçage intempestif. Ce genre d'amorçage n'est pas désirable, pour l'éviter il faut prévoir un circuit RC en parallèle du thyristor comme le montre la figure suivante.

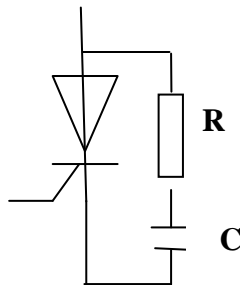


Figure II-18 Protection d'un thyristor avec Circuit RC

c-2 Protection contre les surintensités (di/dt)

Des courants trop forts provoqués soit par des courts-circuits aux bornes des thyristors, soit par des surcharges dues à la charge en sortie, peuvent causer la destruction du composant par échauffement, on a donc intérêt à prévoir une protection adéquate, qui doit amortir la surintensité avant que celle-ci n'atteigne la valeur critique du courant. Donc, l'ajout d'une bobine en série avec le composant est d'un intérêt majeur. Comme le montre la figure suivante.

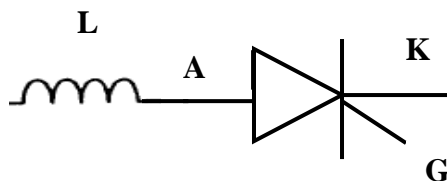


Figure II-19 Protection contre les surintensités (di/dt)

D'autres méthodes utilisent des fusibles pour parer à ce problème. Une fois que le thyristor est bien protégé, on l'équipe d'une diode sur la gâchette pour envoyer uniquement des impulsions

positives. La configuration générale du circuit de protection d'un thyristor est donnée par la figure suivante :

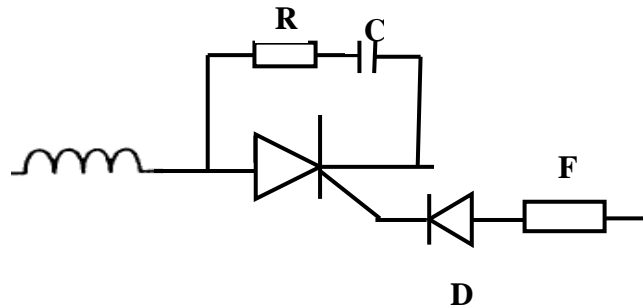


Figure II-20 Configuration d'un thyristor de puissance

II-3-5-3 Principe de fonctionnement d'un démarreur progressif

La commande sera faite grâce au microcontrôleur 8051 d'INTEL, autour duquel on trouve un circuit de synchronisation TCA785, un modulateur d'impulsions, un circuit d'isolation galvanique et un étage de puissance constitué d'un bloc de thyristors.

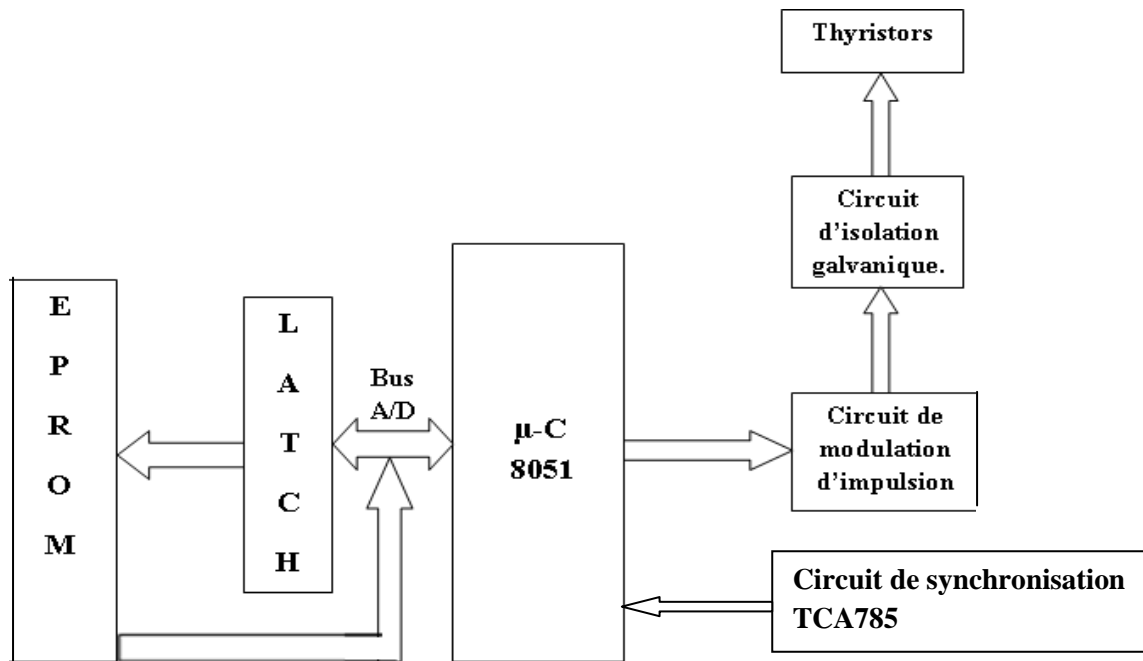


Figure II-21 Schéma synoptique du système

II-3-5-3-1 La carte à microcontrôleur

Elle joue un rôle primordial dans la gestion des opérations telles que : la saisie, affichage de données, opérations de calcul et celles d'envoi d'impulsions (voir la figure II-22).

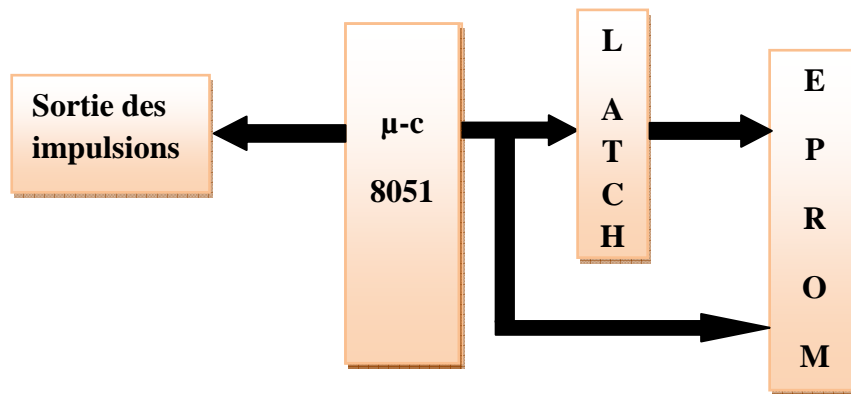


Figure II-22 La carte à μ -Contrôleur

Cette carte est réalisée autour du microcontrôleur 8051 qui représente le cerveau du système. Ce contrôleur est piloté par un quartz de 12MHz pouvant ainsi exécuter les instructions stockées dans l'EPROM. Celle-ci est accédée par le microcontrôleur via un LATCH qui assure le démultiplexage entre les adresses et les données.

II-3-5-3-2 Circuit de synchronisation

La synchronisation du système au réseau triphasé est réalisée grâce au circuit intégré TCA785. c'est un circuit spécialisé permettant l'amorçage des thyristors. (Voir le montage ci-dessous).

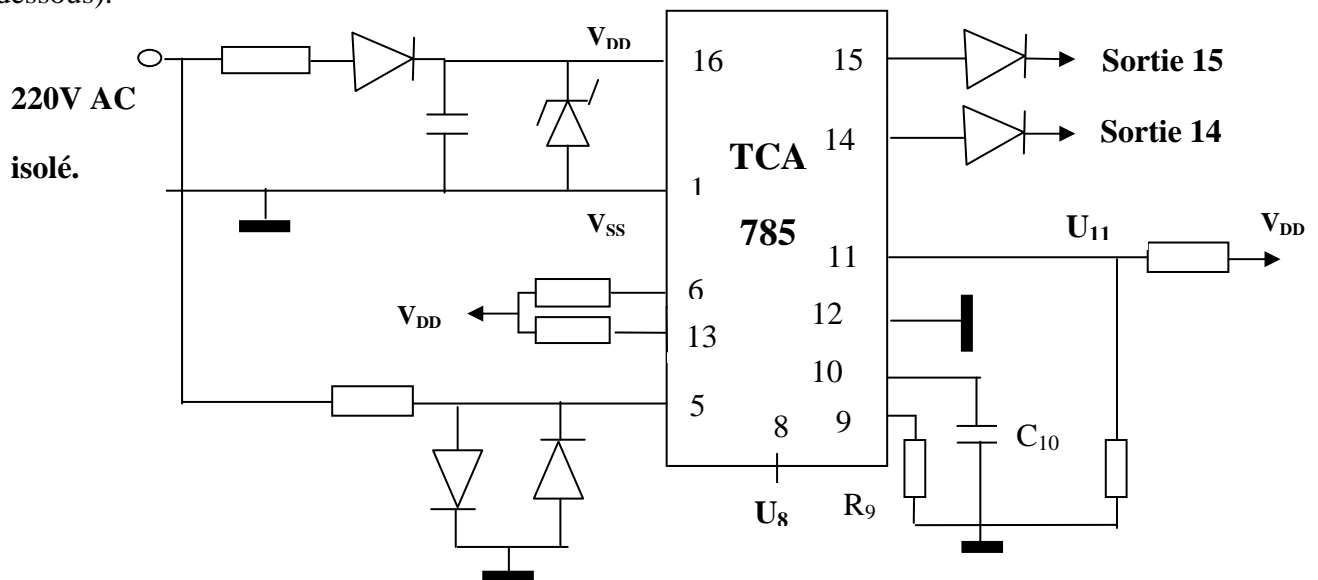


Figure II-23 Le TCA785 et son environnement

Ce circuit permet l'amorçage d'un thyristor avec un retard Δt qui diminue progressivement. La diminution de Δt engendre la diminution de l'angle d'amorçage α jusqu'à l'arrivée à zéro,

dans cette application ce circuit est utilisé comme un détecteur de zéro de la tension de synchronisation (voir les chronogrammes ci-dessous).

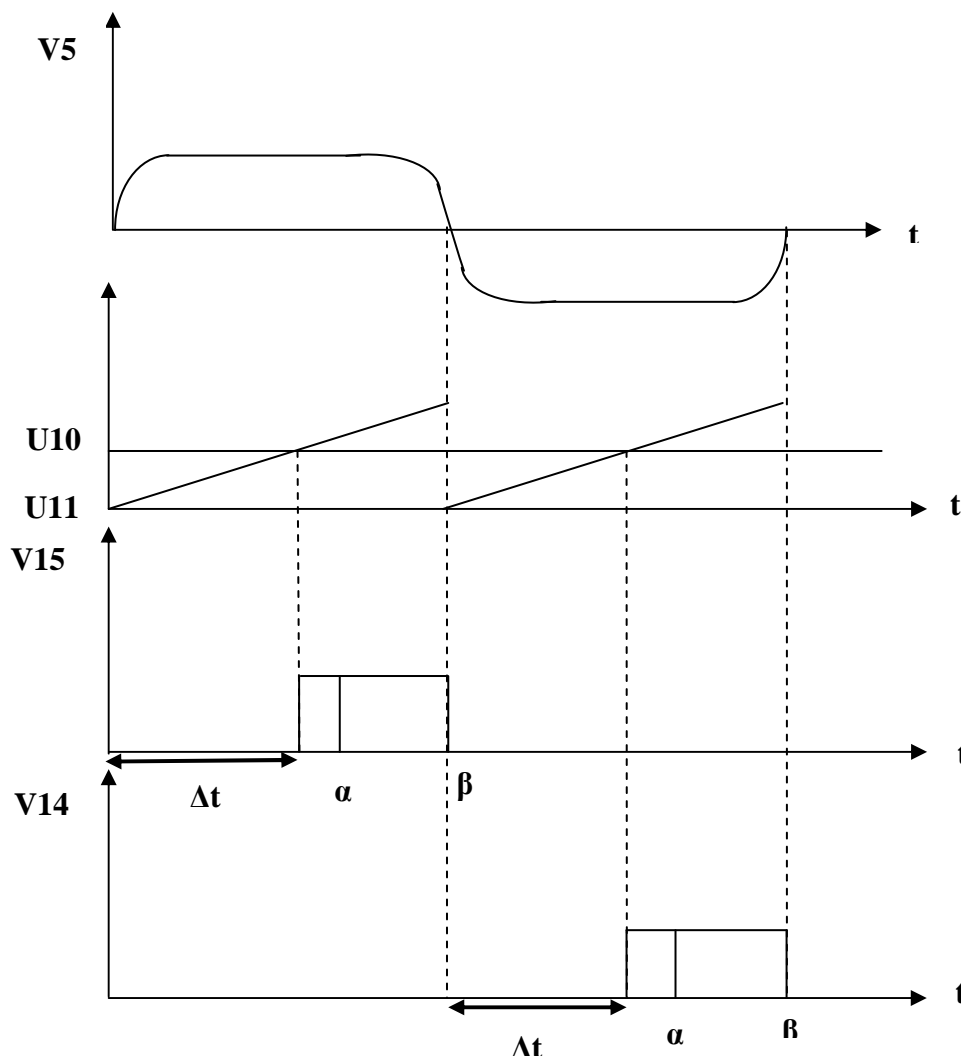


Figure II-24 Chronogrammes principaux dues au circuit de synchronisation

II-3-5-3-3 Modulation d'impulsions

Pour s'assurer de l'amorçage du thyristor, on attaque sa gâchette par un train d'impulsions. Où cas où le thyristor ne s'amorce pas à la première impulsion, la deuxième ou l'une des autres va l'amorcer sûrement. Ce circuit est conçu avec des portes AND (voir la figure ci-dessous).

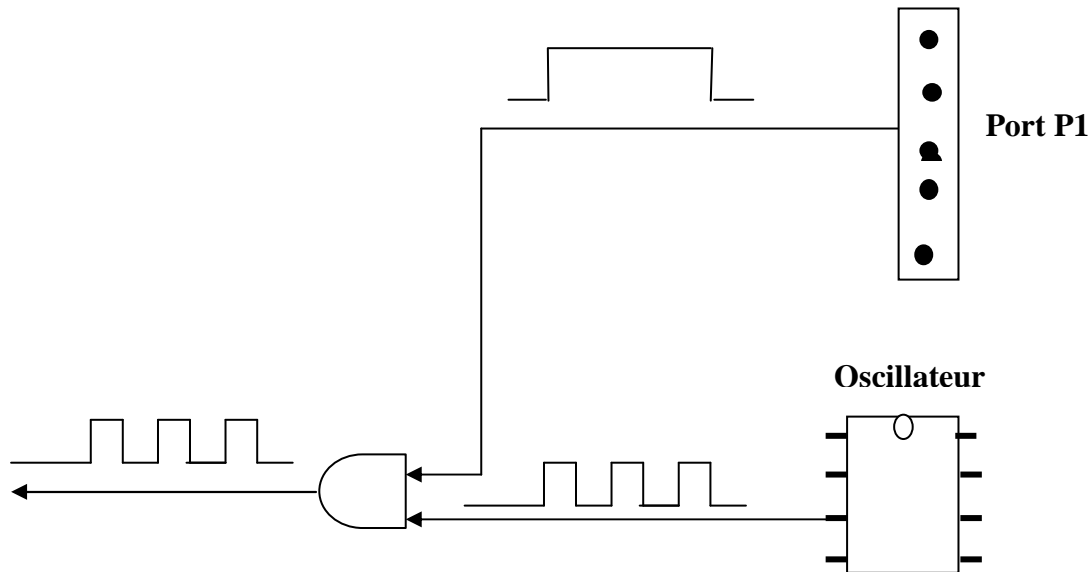
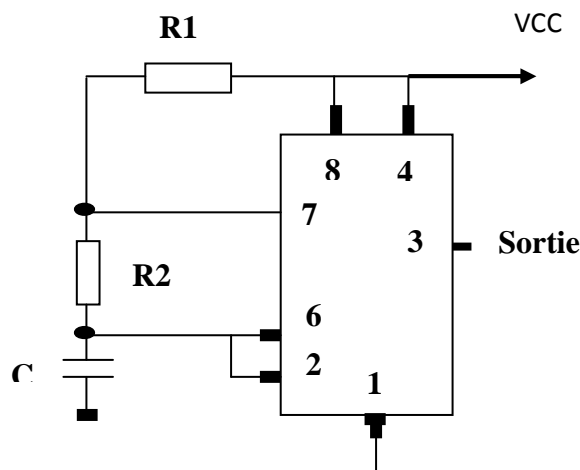


Figure II-25 Modulateur d'impulsions

L'oscillateur est réalisé avec un circuit intégré NE555 monté en multivibrateur astable. Il donne une fréquence de 6KHZ. Cette fréquence est obtenue par la charge et la décharge de la capacité C à travers les deux résistances R1 et R2. (Voir le montage ci-dessous)

Les deux relations donnant le temps de charge et de décharge sont comme suite :

- Charge : $T1 = \ln 2 (R1 + R2) C$
- Décharge : $T2 = \ln 2 R2 C$



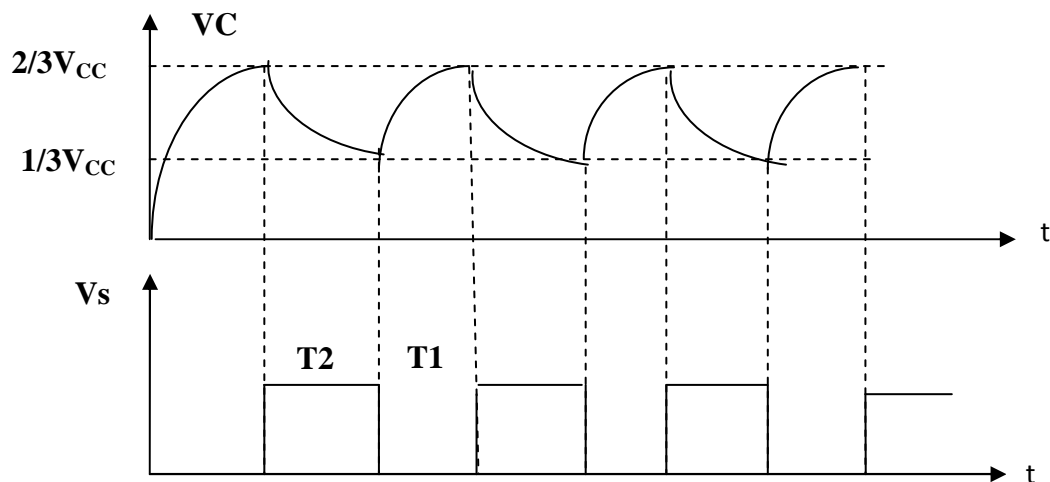


Figure II-26 Montage et chronogramme de l'oscillateur

II-3-5-3-4 Le circuit d'isolation galvanique

Pour parer à toute interférence entre l'étage de puissance et l'étage de commande, une isolation galvanique est obligatoire. Elle constitue une protection contre le phénomène de retour de puissance qui peut endommager le système.

L'isolation galvanique peut se faire soit avec des dispositifs photo-coupleurs tels que les phototransistors, soit avec un transformateur d'impulsions.

Le schéma ci-dessous donne un montage du circuit d'isolation utilisant un transformateur d'impulsions.

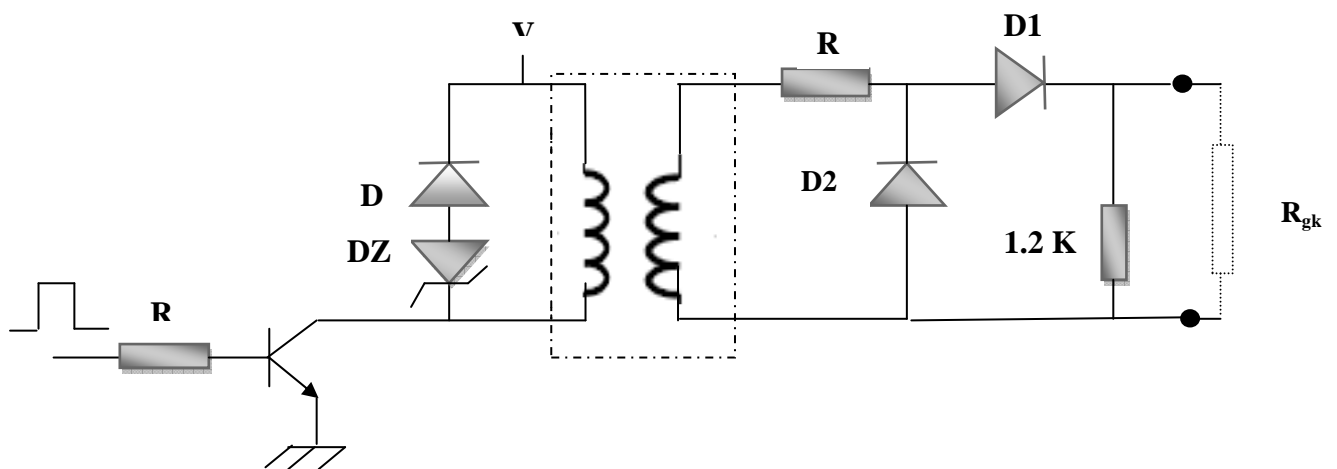


Figure II-27 Circuit d'isolation galvanique

a-Etude du montage

Le cycle de fonctionnement comporte trois étapes.

Le passage de l'impulsion

Sur la base du transistor existe un courant d'intensité constante : $I_b = \frac{V_{CC} - V_{be}}{R_b} \dots (12)$

Et un courant au collecteur sous forme de rampe : $I_c(t) = \frac{V.t}{L_1} \dots (13)$

En effet, puisque le transistor est saturé, l'inductance propre du primaire est placée sous la tension V , ce qui produit une rampe de courant. Le circuit magnétique (C.M) étant donc en régime de flux variable, une tension mV est produite sur le secondaire.

En appelant R_1 la résistance apparente d'utilisation $R + R_{gk}$, on crée un courant secondaire (mV / R_1) qui se superpose à la rampe de courant. Donc le courant collecteur total est :

$$I_c(t) = \frac{V.t}{L_1} + \frac{mV}{R_1}$$

La démagnétisation

Quand l'impulsion à transmettre passe au niveau bas, le transistor se bloque. Le courant primaire se boucle dans l'association de diodes, plaçant ainsi l'enroulement primaire sous la tension $-V_2 = (V_z + 0,6)$ et le collecteur du transistor au potentiel $(V + V_z)$.

La tension secondaire mV_2 donne naissance à un courant se renfermant dans R et D_2 .

Les courants primaire et secondaire décroissent jusqu'à ce que les diodes D_2 et la ZENER se bloquent.

Le repos

- Tous les courants sont nuls.
- Le transistor est bloqué sous la tension V .
- Le flux est nul dans le C.M.

II-3-5-3-5 L'étage de puissance

La partie puissance est matérialisée par six thyristors montée comme suit :

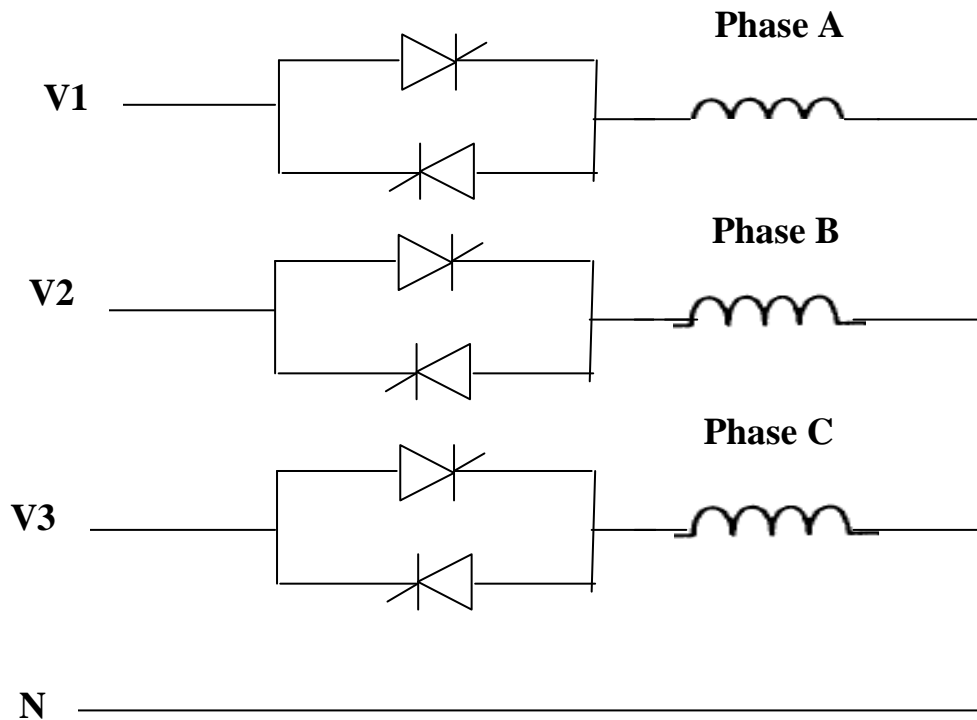


Figure II-28 L'étage de puissance

Le circuit de puissance est constitué de trois gradateurs, chaque gradateur est monté sur chaque phase du moteur, le gradateur se comporte ainsi comme un interrupteur, qui permet d'établir ou d'interrompre la liaison entre la source de tension et le récepteur (moteur). La tension aux bornes du récepteur, évolue en fonction de la commande numérique qui génère un train d'ondes sur leurs gâchettes, pendant le temps de démarrage ou de freinage. En fonction, de l'instant et de l'angle d'amorçage α des thyristors.

II-3-5-4 Choix du démarreur progressif

Le choix est guidé par des critères économiques et techniques qui sont :

- Les caractéristiques mécaniques et les performances recherchées.
- La nature du réseau d'alimentation électrique.
- Le coût de l'équipement.
- Au type d'utilisation : souplesse au démarrage.
- À la puissance de la machine et à la puissance de la ligne électrique.

Notre choix s'est porté sur le démarreur « SIKOSTART » de « Siemens ».

Pour choisir son numéro de référence, on utilise un catalogue de démarreur progressif de « Siemens ». Dans notre cas ça sera « 3RW34 45 ». (Figure ci-dessous).



Figure II-29 Démarreur ralentisseur progressif de référence
« 3W34 45 »

II-3-5-5 Paramétrage du « SIKOSTART »

II-3-5-5-1 Paramétrage au démarrage

Au démarrage du moteur, il y a deux paramètres à régler selon les besoins

- Le temps de démarrage ou de montée progressive (t_R) à l'aide du potentiomètre 1.
- La tension de seuil ou de démarrage (U_{Anf}) à l'aide du potentiomètre 2.

La rampe de démarrage est représentée dans la figure ci-dessous.

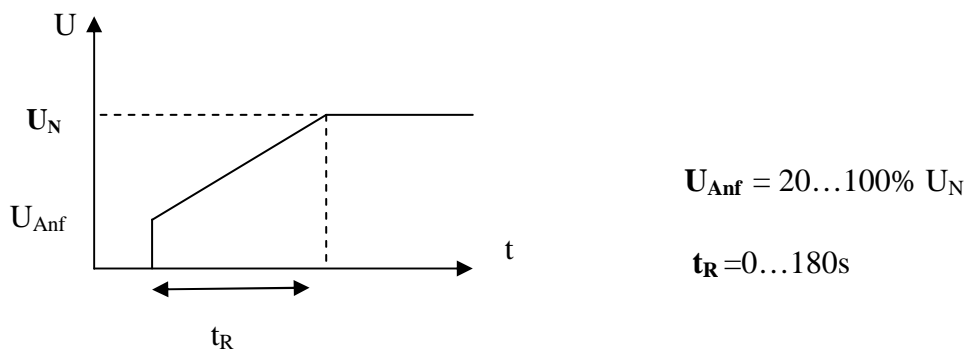
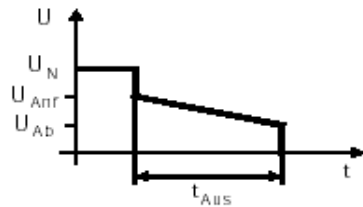


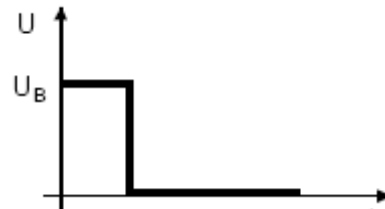
Figure II-30 Réglage de la rampe de démarrage

II-3-5-5-2 Paramétrage à l'arrêt

Selon le réglage des potentiomètres, on trouve deux modes d'arrêt: un arrêt par ralentissement naturel, et arrêt contrôlé.



Arrêt contrôlé.



Arrêt par ralentissement naturel

Figure II-31 Présentation des différents modes d'arrêt

$$U_{Anf} = 0,9 U_N, t_{Aus} = 1 \dots 20s.$$

U_{Ab} : la tension de freinage, a laquelle on coupe l'alimentation

II-3-5-5-3 Caractéristique de la tension aux bornes du moteur

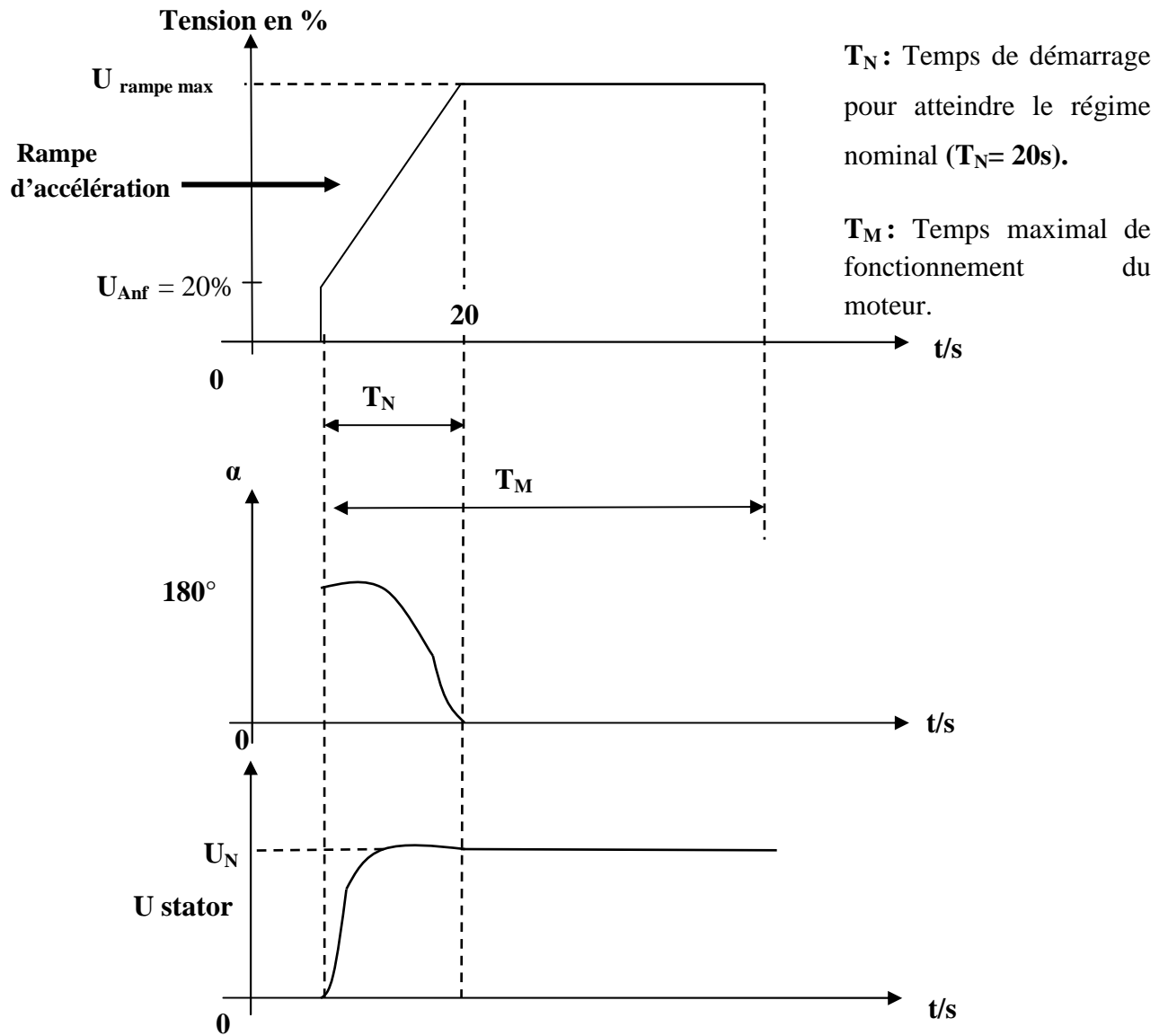


Figure II-32 Courbes caractéristiques de la tension du démarreur et du moteur

a- Interprétation des courbes

Rampe d'accélération

- Au cours de la rampe d'accélération, le démarreur augmente progressivement la tension délivrée aux bornes du moteur, jusqu'à ce que la tension du réseau soit atteinte.
- La variation de la tension statorique est obtenue par la variation continue de l'angle α de retard à l'amorçage des thyristors du gradateur.

- La consigne de démarrage permet de régler la pente d'un signal en forme de « rampe ». Cette consigne est étalonnée en secondes (20s).
- A la fin du démarrage, le stator du moteur est sous tension nominale, les thyristors sont alors en pleine conduction.
- Le phénomène inverse se produit lors d'un arrêt progressif contrôlé. La consigne de décélération permet de faire évoluer l'angle α des thyristors de 0° à 180° donc U_{moteur} de U_n à 0
- Pour une charge donnée, le réglage de la pente permet de faire varier la durée de démarrage, donc le temps de mise en vitesse progressive de l'association moteur+charge

II-3-5-6 Sélection de différents composants de sécurité

Pour sélectionner les différents composants de sécurité, on utilise un autre catalogue Siemens pour la détermination des références des disjoncteurs, contacteurs, fusibles et les sections des câbles.

II-3-5-6-1 Les disjoncteurs

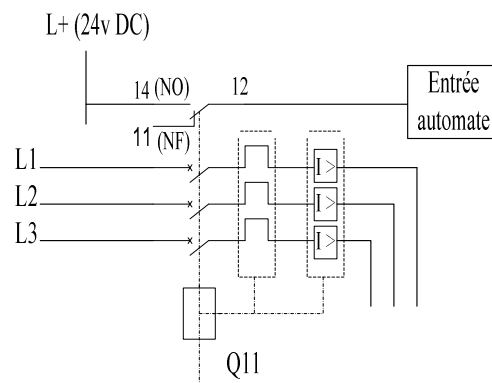


Figure II-33 Le disjoncteur

Les disjoncteurs offrent les avantages suivants :

- Limiter le courant et l'optimiser pour le départ des moteurs.
- Ces disjoncteurs sont utilisés pour la commande et la protection des moteurs à courant nominal triphasé.

- La protection contre le court-circuit est paramétrée en usine sur une valeur égale à 12 fois la valeur du courant nominal du disjoncteur, qui peut être réglée sur le cadran de celui-ci.
- La protection magnétique des disjoncteurs est réglée à 19 fois le courant nominal pour la protection du primaire des transformateurs.
- Les disjoncteurs sont protégés contre les courts-circuits (il n'est donc plus nécessaire de placer des fusibles).
- La sensibilité en cas de défaut de phase garantit le déclenchement du disjoncteur.
- Le disjoncteur assure la protection des moteurs triphasés contre les surcharges.

II-3-5-6-2 Contacteur de by-pass

Après avoir choisi le contacteur, qui sera le contacteur de by-pass afin d'éviter la destruction de celui-ci ou cas où le démarreur est endommagé et qu'on fait appel à un démarrage direct provenant de l'API. Le contacteur est commandé par excitation de sa bobine avec un signal électrique venant de l'API de l'ordre de 24 V CC / 4-20 mA (Figure II-34).

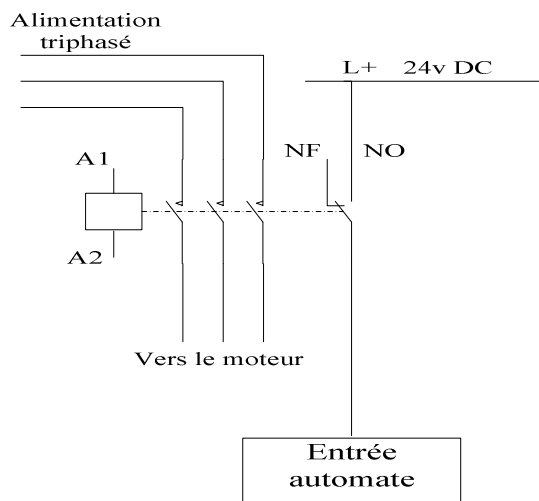


Figure II-34 Contacteur de by-pass

II-3-5-6-3 Les relais auxiliaires (Figure II-35)

Ce sont des relais qui se caractérisent par leurs tensions d'alimentation de 400V/ 6A, avec un temps de réponse de l'ordre de 15 ms, et un retard à la fermeture de l'ordre de 13 ms. On utilise les relais auxiliaires pour assurer l'isolation entre le circuit de puissance et l'automate.

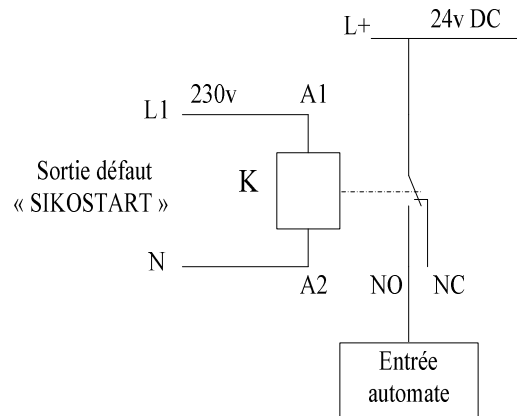
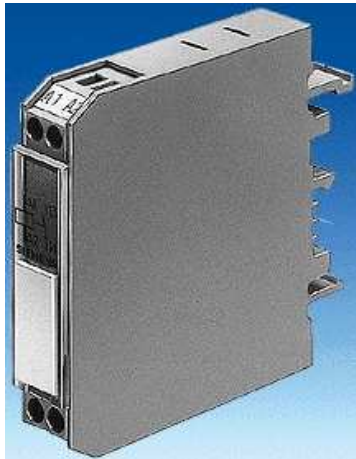


Figure II-35 Relais auxiliaire

II-3-5-6-4 Les relais de couplage (Figure II-36)

Leurs principe est le même avec les relais auxiliaires sauf que ceux-ci sont alimentés avec 24v AC/ DC avec un temps de réponse très rapide, de l'ordre de 10mS au maximum, et un retard à la fermeture de l'ordre de 8 ms au maximum. Leur consommation est très faible de l'ordre de 0.75 W, ce qui convient à l'automate.

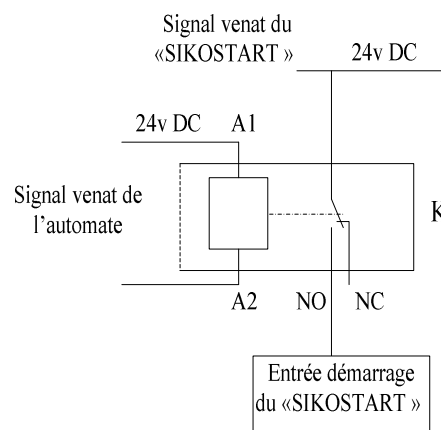


Figure II-36 Relais de couplage.

II-3-5-6-5 Sectionneur porte fusible (Figure II- 37)

Les sectionneurs portes fusibles 3NP permettent l'établissement et la coupure du circuit électrique sans risque pour l'opérateur. Dans notre application, servent pour la protection des « SIKOSTART », les calibres des fusibles sont choisis à des valeurs immédiatement supérieures au courant d'appel maximal.

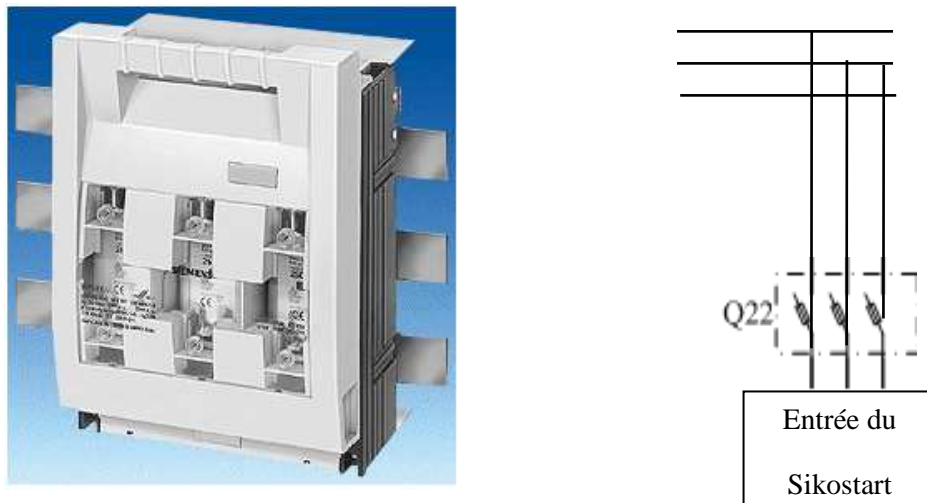


Figure II-37 Sectionneur porte fusible

II-3-5-6-6 Relais de surveillance de phases (Figure II-38)

Ces relais surveillent l'ordre des phases, la disparition d'une phase et les sur et sous-tensions de 10% par rapport à la tension de mesure réglée.

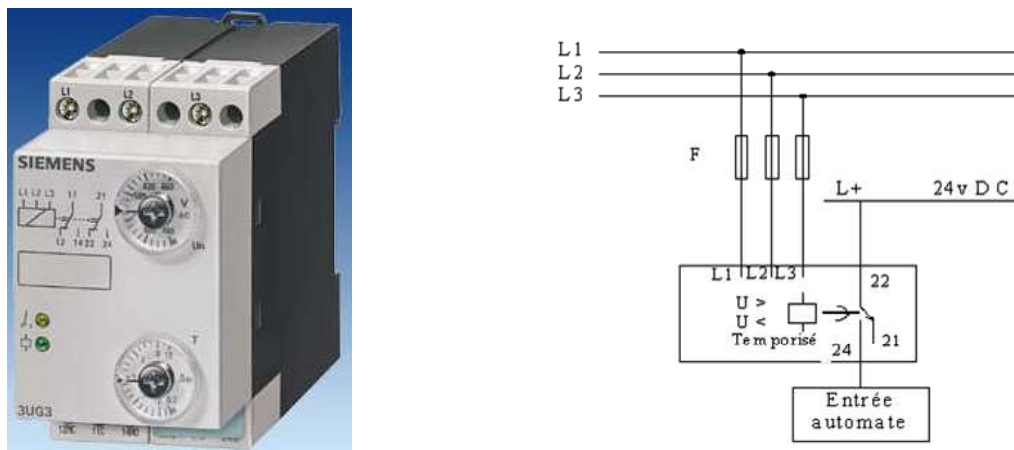


Figure II-38 Relais de surveillance de phases

- Si l'ordre des phases est correct et si la tension surveillée correspond à la valeur de la tension de mesure réglée, les relais de sortie sont excités et les LED de signalisation de tension et d'état du relais s'allument.
- Si une phase disparaît, la LED d'état du relais s'éteint.
- Si la tension surveillée remonte ou baisse de façon symétrique (L1, L2 et L3 simultanément) ou asymétrique (une phase uniquement) de plus de 10% de la tension de mesure réglée, la LED correspondante s'éteint.

II-3-5-7 Le montage de SIKOSTART (Figure II- 39)

Après avoir étudié les différents composants constituant le démarreur progressif, on propose un démarreur progressif (pour chaque groupe électropompe) automatisé, sécurisé, de haute performance, avec une meilleure rentabilité pour une longue durée de vie de la partie opérative.

➤ **Nomenclature**

K1 à K3: Relais de couplage.

K10, K20: Relais auxiliaires.

Q11: Disjoncteur.

Q22: Sectionneur porte fusible.

KM1: Contacteur de by-pass.

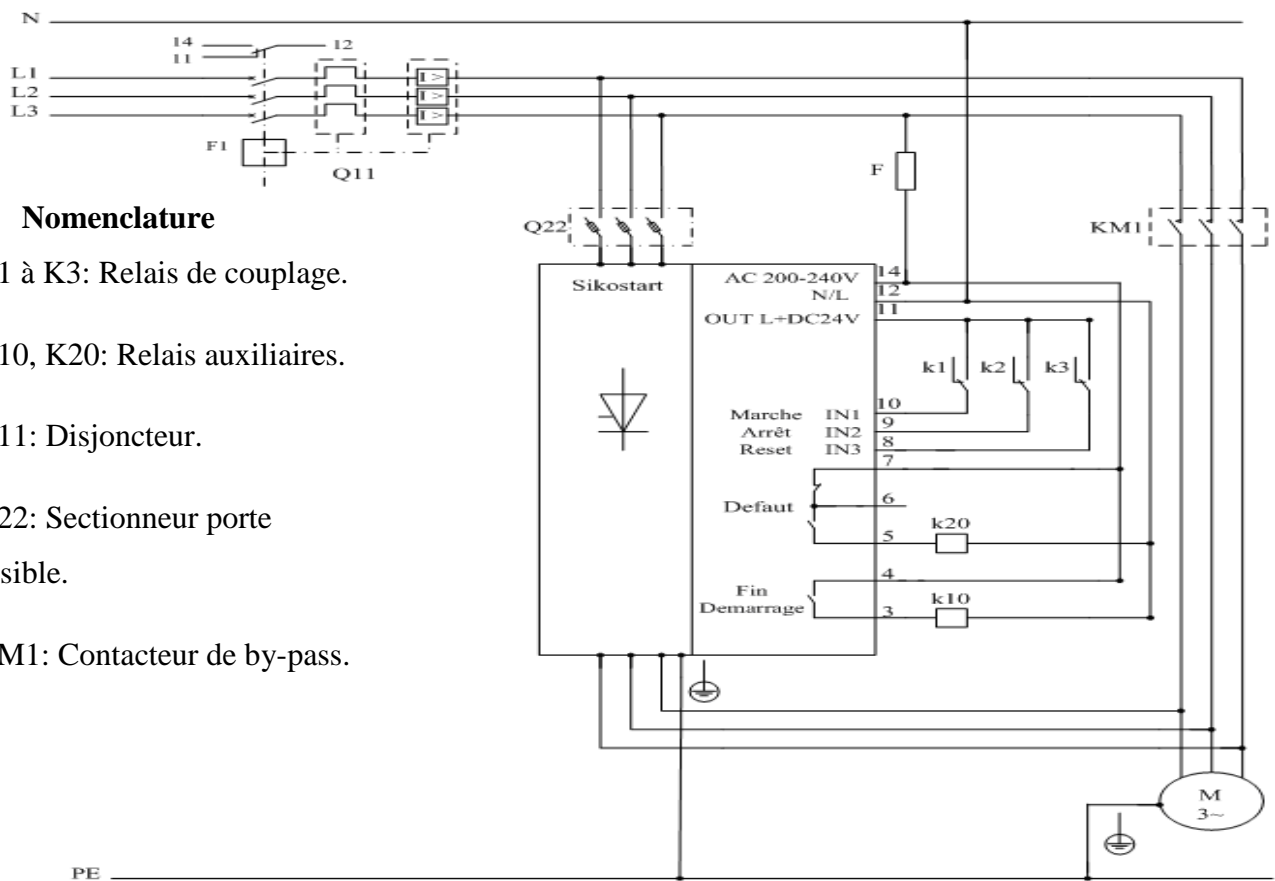


Figure Montage II-39 raccordement du SIKOSTART avec le groupe électropompe

Conclusion

Durant ce chapitre, nous avons présenté les différents modes de démarrage classiques qui n'offrent pas un démarrage doux pour les moteurs, ainsi nous avons proposé le démarrage progressif qui assure la sécurité des moteurs. Nous avons aussi étudié l'ensemble des éléments constituant sa structure, ceci nous a facilité la compréhension de son fonctionnement, et permis de mieux définir l'objectif de la commande par un automate programmable industriel qui fera l'objet du chapitre à venir.

CHAPITRE III

*Automate programmable et
son langage de
programmation*

Introduction

Les automates programmables sont apparus aux **USA** vers **1969** grâce à **MODICON** qui créa en **1968** le premier automate programmable. Ce sont des machines électroniques destinées à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés ou des parties opératives.

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

L'automate utilisé dans la station de traitement d'eau potable au niveau du barrage **TAKSEBT**, dans la localité **D'IRDJEN** est de la marque **SIMATIC S7-300** qui est un **mini- automate** modulaire et de milieu de gamme. Sa modularité lui permet de réaliser des fonctions d'automatisation les plus diverses. Le langage de programmation **STEP7** peut ainsi être adapté de façon optimale aux problèmes à résoudre.

Première Partie : Automate Programmable**III-1 Choix d'un automate**

Il revient à l'utilisateur d'établir le cahier des charges de son système, et de regarder sur le marché l'automate le mieux adapté aux besoins, en considérant un certain nombre de critères importants :

- Les capacités de traitement du processeur (vitesse de traitement de données)
- Le nombre d'entrées/ sorties.
- La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques et booléennes).
- La nature du traitement (temporisations, comptages, etc.).
- La communication avec d'autres systèmes.
- La fiabilité et la robustesse.
- Le dialogue (la console détermine le langage de programmation).
- L'immunité aux parasites.
- La qualité du service après vente et la durée de garantie.

III-2 Définition de l'automate S7-300

L'automate programmable **S7-300** fabriqué par **SIEMENS** est un automate destiné à des tâches d'automatisation moyennes et hautes gammes. La configuration et le jeu d'instructions des **API « SIEMENS »** sont choisis pour satisfaire les exigences typiques des domaines d'applications industrielles et la capacité d'extension variable permet une adaptation facile de l'appareil à la tâche

considérée. Le **S7-300** est un automate de conception modulaire, il peut être composé en fonction des besoins de l'automatisation à partir d'un vaste éventail de modules. **Figure III-1**

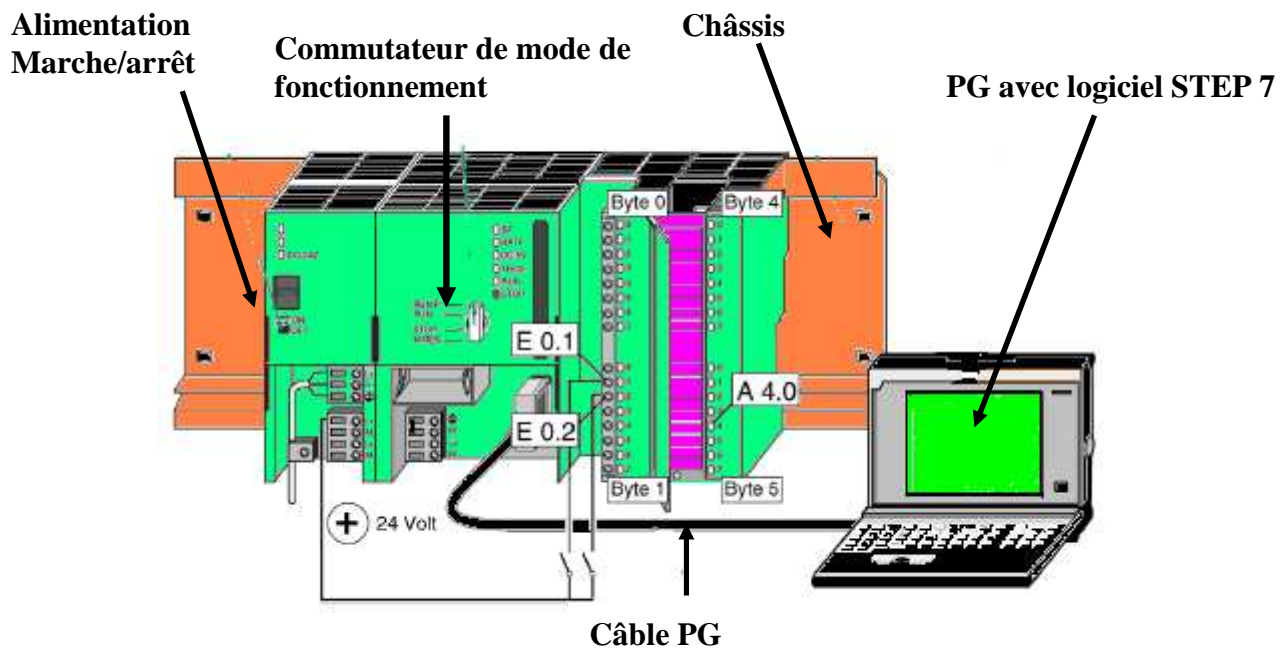


Figure III-1 Automate programmable S7-300

III-3 Les caractéristiques du S7-300

L'automate **S7-300** possède les caractéristiques suivantes :

- Gamme diversifiée de CPU
- Gamme complète de modules
- Possibilité d'extension jusqu' à 32 modules
- Bus de fond de panier (bus d'entrée /sortie) intégré aux modules.
- Possibilité de mise en réseau avec :
 - L'interface multipoint (MPI).
 - PROFIBUS.
 - Industriel Ethernet.
- Raccordement central de la console de programmation (PG) avec accès à tous les modules.
- Liberté de montage aux différents emplacements.
- Configuration et paramétrage a l'aide de l'outil « Configuration Matérielle»

III-4 Modularité de S7-300

Le S7-300 appartient à la famille des API d'entrée et de milieu de gamme modulaire.

La figure III-2 dénombre les différents modules du S7-300.

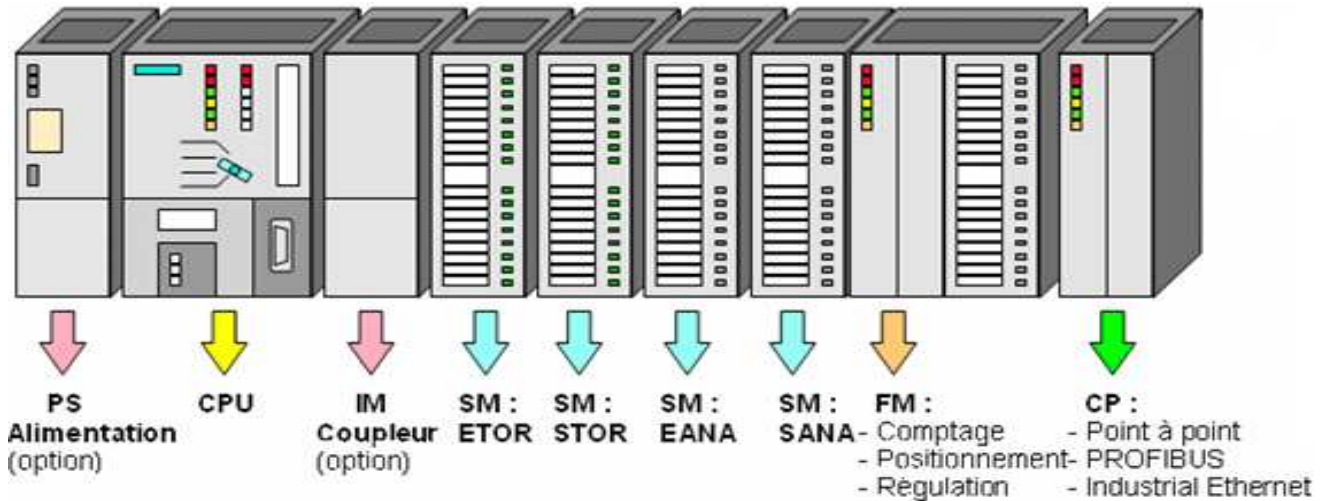


Figure III-2 Disposition des modules S7-300

III-4-1 Module d'alimentation (PS)

Le module d'alimentation (**PS**) délivre, sous une tension **24 V (cc)**, un courant de sortie assigné de **2A, 5A, 10A**. Une **LED** indique le bon fonctionnement du module d'alimentation. Un sélecteur permet de choisir la valeur de la tension primaire (240V / AC).

III-4-2 Unité centrale (CPU)

L'unité centrale (CPU) est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées ; exécute le programme utilisateur de façon séquentielle et commande les sorties. Elle a un système d'exploitation, une unité d'exécution et des interfaces de communication. Dans notre projet on utilise la CPU 314 car elle est la plus performante.

➤ Caractéristiques principales

- **Vitesses de traitement** : C'est la vitesse de l'UC pour exécuter 1 K-Instructions logiques. (**10 à 20 K-mots/ms**).
- **Temps de réponse** : scrutation des entrées, vitesse de traitement et affectation des sorties.

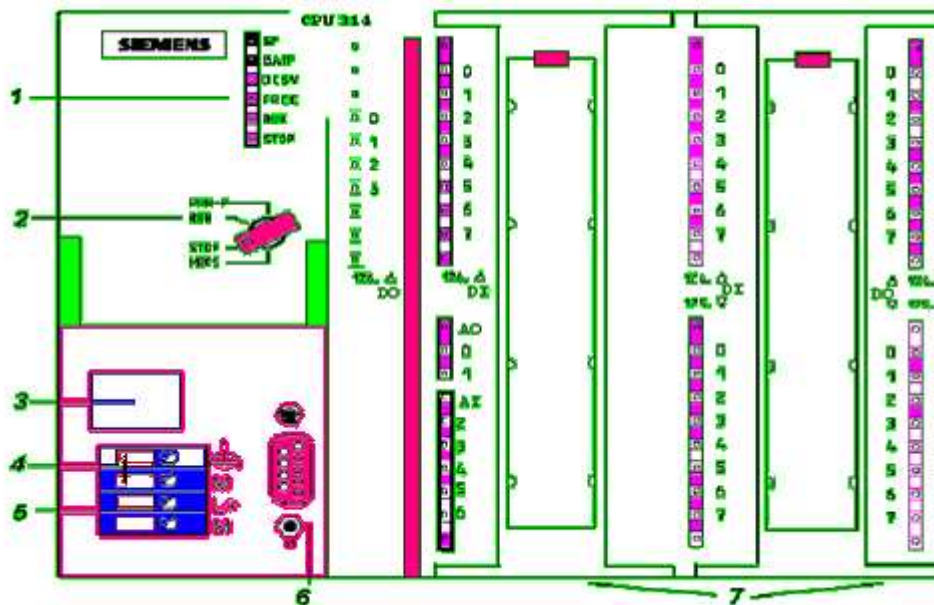


Figure III-3 Présentations de la CPU

- **Commutateur de mode (2)**

MRES : Effacement général (Module Reset).

STOP : Arrêt, le programme n'est pas exécuté.

RUN : le programme est exécuté, accès en lecture seule avec une PG/PC.

RUN-P : Le programme est exécuté, accès en écriture, accès en lecture avec une PG/PC.

- **Signalisation d'état (1)**

SF : Signalisation groupée de défauts (défaut interne de la CPU ou d'un module avec une fonction diagnostic).

BATF : Défaut de pile, (pile à plat ou absente)

DC5V : signalisation de la tension

FRCE : Forçage en entrée ou en sortie

Run : Etat de mise en fonctionnement.

STOP : Allumage continu en mode stop, clignotement lors de l'effacement général.

- Logement pour pile de sauvegarde ou d'accumulateur (3).
- Cavalier (4).
- Bornes pour alimentation (5).
- Interface MPI (6).
- Entrées/sorties intégrées (7).

III-4-3 Module de couplage (IM)

Les coupleurs (**IM360, IM361, IM365**) sont des cartes électroniques qui assurent la communication entre les **entrées / sorties** et l'**unité centrale**, ils sont décrits pour les configurations centralisées. Il occupe toujours l'emplacement 3 dans l'API.

III-4-4 Modules de signaux (SM)

Les modules de signaux établissent la liaison entre la **CPU** du **S7-300** et le processus commandé. Il existe plusieurs types de modules de signaux :

a- Modules d'entrées / sorties TOR

Les modules **TOR** (Tout ou Rien) sont des interfaces pour signaux binaires en provenance des processus commandés et à destination de la CPU.

b- Modules analogiques

Les modules analogiques sont des interfaces pour des signaux analogiques en provenance et à destination des processus commandés. Les modules d'entrée analogiques transforment des signaux mesurés analogiques (courant, tension, pression ...) en valeurs numériques. Les modules de sorties analogiques transforment les valeurs numériques en grandeurs analogiques.

L'opération de conversion est assurée par des convertisseurs **analogiques/ numériques (CAN)** ou **numériques / analogiques (CAN)**.

III-4-5 Modules de fonction (FM)

Ils sont programmables et ils assurent les fonctions spéciales suivantes :

- Comptage
- Positionnement
- Régulation

III-4-6 Module de communication

Les modules chargés des tâches de communication permettent d'établir des liaisons homme-machine et machine machine. Ces liaisons sont effectuées à l'aide des interfaces de communication :

- Point à point
- PROFIBUS
- Industriel Ethernet

III-4-7 Châssis d'extension (UR)

Les châssis sont constitués d'un profilé support en aluminium, généralement sont installés à l'intérieur des armoires électriques. Permettant le montage et le raccordement électrique de divers modules tel que :

- Les modules d'entrée/sorties.
- L'alimentation.

III-4-8 Périphérie de communication extérieure

L'automate **S7-300** peut communiquer avec :

a- Console de programmation (PG 740)

La console de programmation (**PG 740**) comporte un clavier, un écran de visualisation et le langage de programmation.

Elle permet :

- Le paramétrage et les relevés d'information.
- Affichage du résultat de l'autotest comprenant l'état des modules d'entrées et de sorties et l'état de la mémoire.
- Introduction du programme.

b- Opérateur panel (OP7)

L'OP7 est un périphérique qui permet de visualiser l'état d'exploitation, les valeurs actuelles d'un processus ainsi que les alarmes d'un automate qui leur est relié (**S7-300**).

De plus, il est possible de :

- Procéder sur le pupitre à des entrées écrites directement dans l'automate.
- Exécuter des fonctions de diagnostic sur l'installation depuis le pupitre opérateur.
- Le programmeur peut toutefois adapter l'affichage et la commande en fonction des besoins spécifiques de l'installation.

III-4-9 La pile

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

III-5 Principe de Fonctionnement de l'API

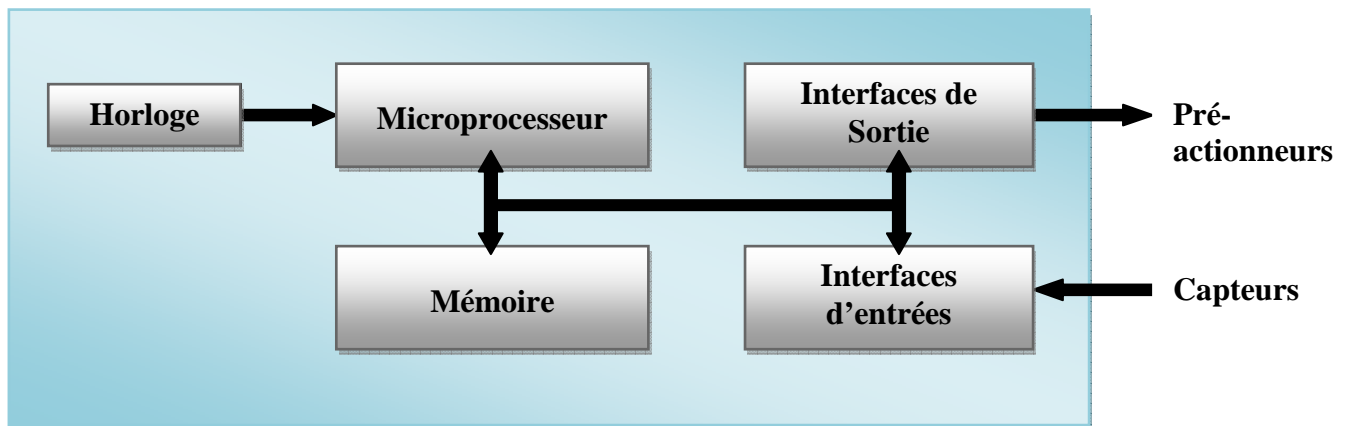


Figure III-4 structure générale d'un automate programmable.

Lors de son fonctionnement l'automate exécute le programme de façon cyclique, qui commence par l'acquisition des entrées issues des capteurs et s'achève par l'envoi des sorties aux pré-actionneurs.

➤ **Phase 1 : (Autocontrôle de l'automate)**

Regroupe les procédures d'autocontrôle des mémoires, de l'horloge, de la tension d'alimentation et des entrées/sorties.

➤ **Phase 2 : (Acquisition des entrées)**

Prise en compte des informations des modules d'entrées et écriture de leurs valeurs dans la RAM (zone de donnée).

➤ **Phase 3 : (Traitement de données)**

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

➤ **Phase 4 : (Emission des ordres)**

Lecture des variables de sorties dans la RAM de données et transfert vers les modules de sorties.

III-6 Concept de mémoire de S7-300

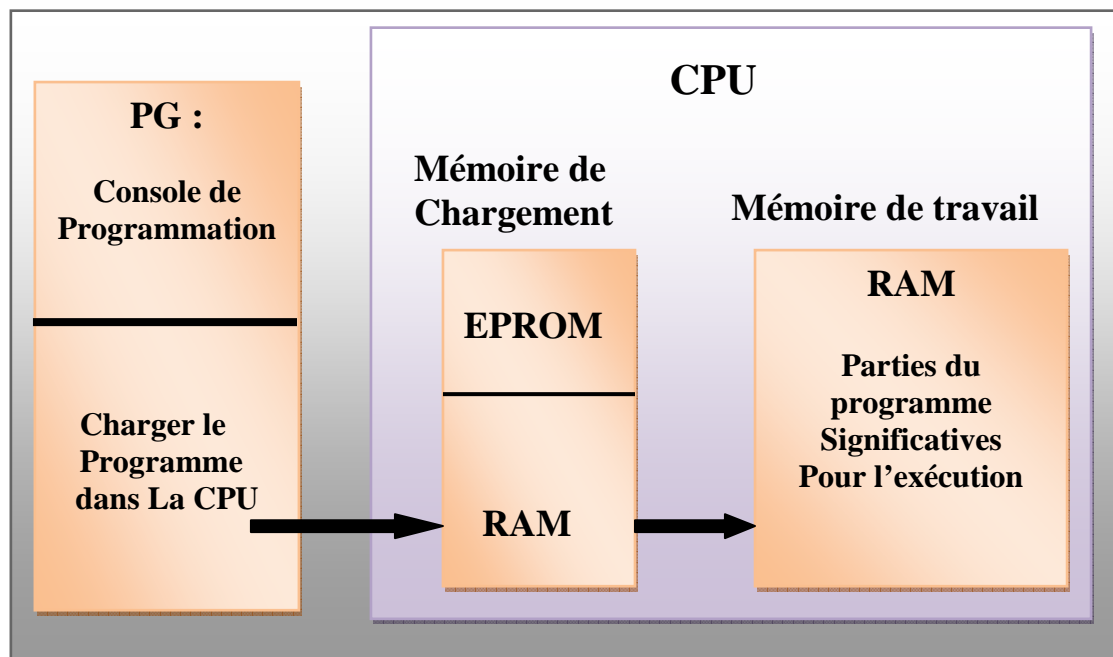


Figure III-5 Conception de la mémoire de S7-300

III-6-1 Mémoire de chargement

La mémoire de chargement sert à l'enregistrement du programme utilisateur créé dans la console de programmation. Sachant que seuls les blocs de code et les blocs de données sont chargés dans la mémoire de chargement de la CPU. La table des mnémoniques et les commentaires de blocs restent dans la zone de mémoire de la PG.

Pour le S7-300 la mémoire de chargement peut comporter une partie EPROM intégrée en plus de la partie RAM.

a. Chargement dans la RAM

En cas de panne secteur, les données ne sont pas protégées dans le système cible si la mémoire vive ne possède pas de sauvegarde, dans ce cas les données sont perdues.

b. Chargement dans la mémoire EPROM

Le programme utilisateur est enregistré sur une mémoire EPROM intégrée à la CPU. Les données sont sauvegardées en cas de coupure de courant dans cette EPROM et après retour du courant suite à une panne secteur, la mémoire vive n'est pas sauvegardée, le contenu de l'EPROM est à nouveau copié dans la zone mémoire vive de la CPU.

III-6-2 Mémoire de travail (RAM)

La mémoire de travail (mémoire vive intégrée à la CPU) contient les parties du programme significatives pour l'exécution du programme utilisateur. Le traitement du programme à lieu exclusivement dans la mémoire de travail et dans la mémoire système.

III-6-3 Mémoire système (RAM)

La mémoire système (mémoire vive) intégrée à la CPU contient les zones de mémoire pour la mémoire image des entrées et des sorties.

III-6-3-1 Mémoire image du processus

Zone d'opérandes	accès par des unités de taille suivante	Notation s7	Description
Mémoire image des entrées	Entrée (bit)	E	Au début de chaque cycle, la CPU lit les entrées provenant des modules d'entrées et enregistre ces valeurs dans la mémoire image des entrées.
Mémoire image des sorties	Sortie (bit)	S	Pendant le cycle, le programme calcule les valeurs pour les sorties et les dépose dans la mémoire image des sorties. A la fin du cycle, la CPU écrit les valeurs calculées dans les modules de sorties.

III-6-3-2 Avantages de la mémoire image du processus

L'accès à la mémoire image du processus offre, par rapport à l'accès direct aux modules d'entrées et de sorties deux avantages :

- Si un état de signal change sur un module d'entrées pendant le traitement du programme, l'état du signal dans la mémoire image est conservé.
- L'accès à la mémoire image prend bien moins de temps que l'accès direct aux modules de signaux, car la mémoire image du processus se trouve dans la mémoire interne de la CPU.

III-6-4 Carte mémoire

Les cartes mémoires sont des supports de données portatifs destinés aux CPU et aux PC. Ils existent En forme de RAM ou de Flash EPROM ou EEPROM. Les cartes mémoires doivent être enfichées tant que le programme est exécuté.

III-6-5 Répartition du programme utilisateur

Afin de garantir un traitement rapide du programme utilisateur et de ne pas surcharger inutilement la mémoire de travail non extensible, seules les parties des blocs significatives pour le traitement du programme sont chargées dans la mémoire de travail. Les parties de blocs non significatives restent dans la mémoire de chargement. On peut qualifier de non significatifs les blocs de données qui restent dans la mémoire de chargement. Si besoin, il est possible de copier leur contenu dans la mémoire de travail. Cela permet donc de gagner de la place dans la mémoire de travail.

III-6-6 conditions préalables au chargement dans le système cible (S7-300)

Le chargement du programme dans le S7-300 se fait en respectant les conditions suivantes :

- Le chargement du programme n'est possible que si une liaison en ligne à la CPU a été établie (via l'interface MPI).
- La compilation du programme à charger s'est faite sans erreur.
- Effectuer un effacement général de la CPU avant de charger le programme utilisateur, afin d'être sûr qu'il n'y a plus d'anciens blocs.
- La CPU doit se trouver dans un état de fonctionnement autorisant le chargement (Arrêt).

III-6-7 Adressage des modules S7-300

On a deux types d'adressage :

- **Adressage lié à l'emplacement** : Il s'agit d'un adressage par défaut, autrement dit, à chaque numéro d'emplacement correspond une adresse de début de module bien définie.
- **Adressage libre** : Contrairement à l'adressage lié à l'emplacement, on peut choisir librement l'adresse d'un module de signaux lors de la programmation, on n'est pas obligé de connaître l'endroit où il a été implanté et le numéro de cet emplacement , c'est avec STEP7 qu'on fait la corrélation entre l'emplacement et l'adresse choisie.

III-6-7-1 L'adressage absolu des modules de signaux

Ce type d'adressage est nécessaire pour adresser des voies des modules de signaux dans le programme utilisateur. Chaque entrée et chaque sortie possède une adresse absolue déterminée par la configuration matérielle.

a. Adressage des modules TOR

L'adressage d'une entrée ou d'une sortie est constitué d'une adresse d'octet et d'une adresse de bit.

- L'adressage d'octet dépend de l'adresse de début de module
- L'adressage de bit est indiqué sur le module.

Exemple

La figure ci-dessous montre un exemple d'adressage absolu ou direct. (Voir Figure III-6)

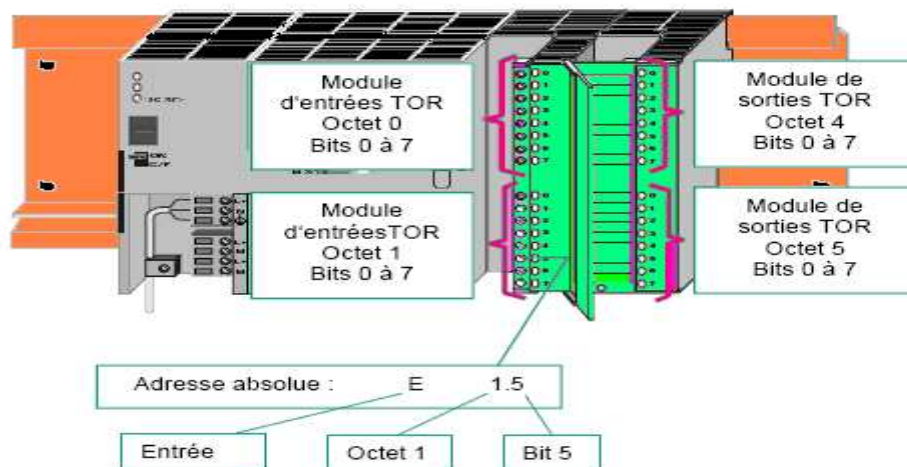


Figure III-6 Exemple d'adressage absolu d'un module TOR

b. L'adressage des modules analogiques

L'adressage d'une voie d'entrée ou de sortie analogique est toujours une adresse de mot. L'adresse de voie est basée sur l'adresse initiale des modules.

Si le premier module analogique occupe l'emplacement 4, son adresse de début par défaut est 256. L'adresse de début de chaque module analogique suivant est incrémentée de 16 par emplacement. Un module d'entrées/sorties analogique comporte les mêmes adresses initiales pour les voies d'entrées et de sorties analogiques.

Exemple pour les modules analogiques

La figure III-7 présente à titre d'exemple les adresses de voies par défaut créées lorsqu'un module analogique est enfiché à l'emplacement 4. On voit que les voies d'entrées et de sorties analogiques sont adressées à partir de la même adresse, à savoir de l'adresse initiale des modules, dans le cas d'un module d'entrées/sorties analogiques.

L'emplacement 3 n'a pas été affecté car on n'utilise pas de coupleur.

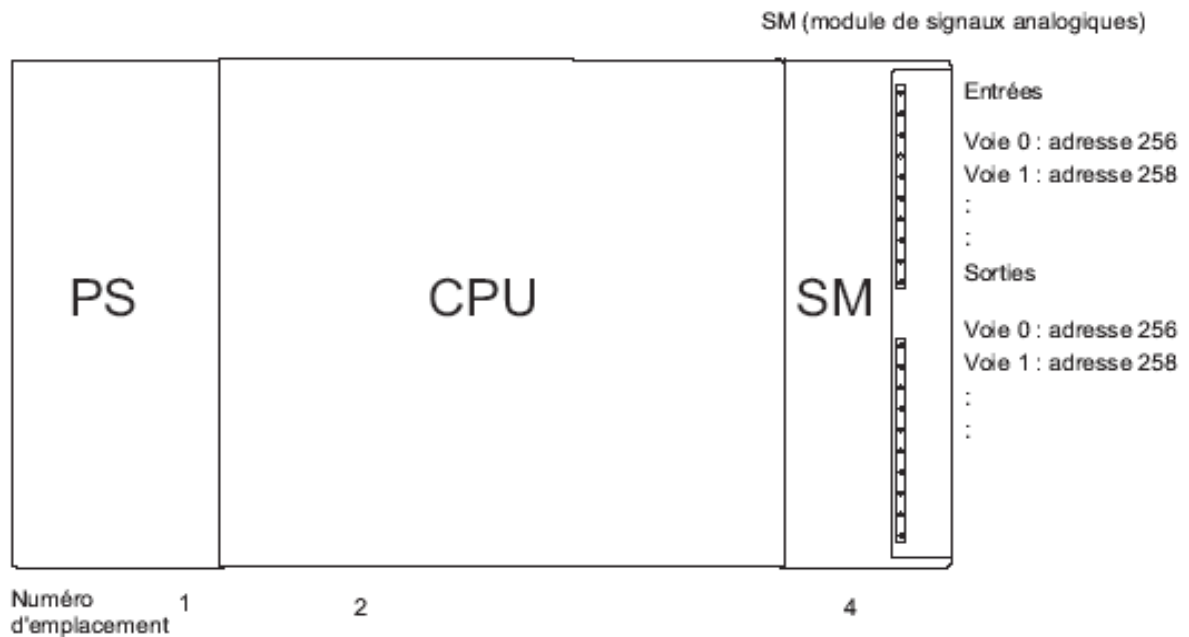


Figure III-7 Adressage des modules d'entrées et de sortie analogique

III-6-7-2 Début d'adressage d'une configuration (Adressage lié à l'emplacement)

Le tableau ci dessous montre l'adressage associé à une configuration avec un châssis :

N° d'emplacement	Module	Adresse de début de module	
		TOR	Analogique
1	Alimentation (PS)	-	
3	Coupleur (IM)	-	
4	Module de signaux	0	256
5	Module de signaux	4	272
6	Module de signaux	8	288
7	Module de signaux	12	304
8	Module de signaux	16	320
9	Module de signaux	20	336
10	Module de signaux	24	352
11	Module de signaux	28	368

Deuxième partie : Logiciel et langage de programmation STEP7**III -7 Logiciel de programmation STEP7**

Pour que l'automate **S7-300** puisse exécuter le programme, ce dernier doit être écrit dans un langage exploitable. Le **STEP7** est le langage de programmation développé pour la famille **SIMATIC S7**. Ce logiciel a pour fonction la création et la gestion de projet, configuration et paramétrage du matériel, création de programme ainsi test de l'installation d'automatisation.

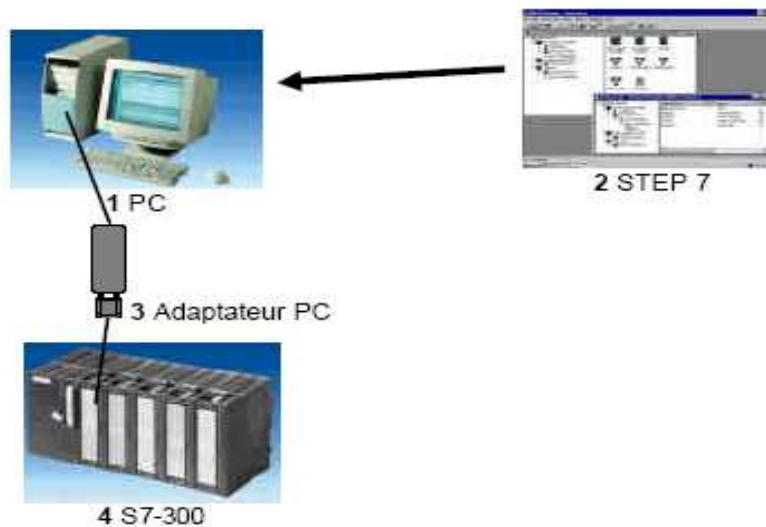


Figure III-8 S7-300 et son environnement (console et logiciel)

III- 8 Langage de programmation STEP7

Avec le logiciel STEP7, le programme peut être représenté et programmé dans trois modes différents :

- Langage à « CONT ».
- Langage Logique « LOG ».
- Langage Listing « LIST ».

III-8-1 Schéma à contacts « CONT »

La représentation CONT s'inspire des schémas à l'aide des symboles graphiques, tels que contact à ouverture et contact à fermeture qui sont rassemblés dans des réseaux. Un ou plusieurs réseaux forment la section des instructions complète d'un bloc de code, il est sous forme d'une échelle d'où le nom « Ladder ».

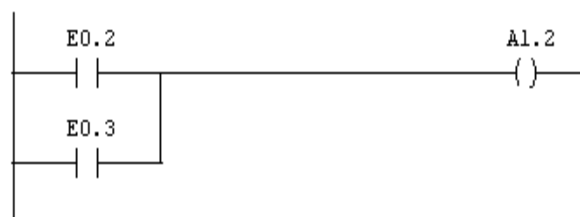


Figure III-9 Exemple de programmation en langage contact.

III-8-2 logigramme « LOG »

Le logigramme est une représentation graphique ayant recours aux symboles de la logique, les différentes fonctions y sont représentées par un symbole avec indicateur de fonctions. Les entrées sont disposées à gauche du symbole, les sorties à droite.

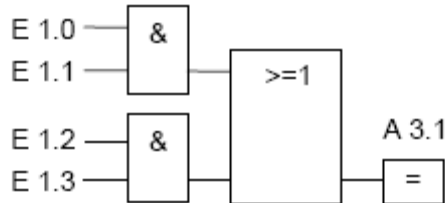


Figure III-10 Exemple de programmation en langage LOG.

III-8-3 Liste d'instruction (LIST)

Le langage de programmation LIST est un langage textuel proche du langage machine. Chaque instruction correspond à une étape de l'exécution du programme par la CPU.

```
L   S5T#18S
SE  T  18
NOP 0
```

Figure III-11 Exemple de programmation en langage LIST

III-9 Les opérations du langage de programmation STEP7

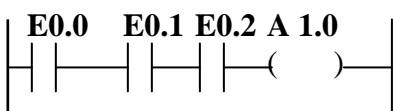
Les opérations de STEP7 regroupent les fonctions qui s'exécutent dans tous les blocs S7 programmées.

III-9-1 Opération combinatoire

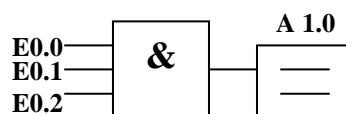
Les opérations combinatoires utilisent deux chiffres 1 et 0, alors donnons ci-après deux exemples d'opération et leurs représentation Contact, Logique et Liste.

• Combinaison en ET

Représentation contact



Représentation LOG

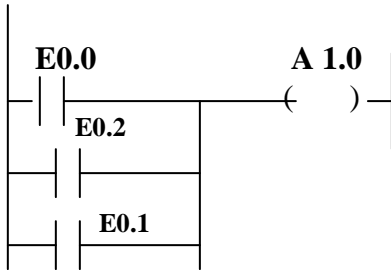


Représentation List

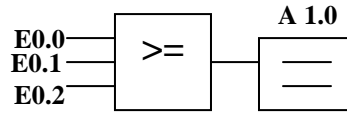
```
U E0.0
U E0.1
U E0.2
=A 1.0
```

• Combinaison en OU

Représentation contact



Représentation LOG



Représentation List

O E0.0
 O E0.1
 O E0.2
 =A 1.0

III -9-2 Opérations de mémorisation

Ces opérations affectent un état de signal au niveau de l'opérande concerné en fonction du résultat logique. Ces opérations sont :

- S** : mis à '1'
- R** : remise à '0'
- =** : assignation (affectation)

III-9-3 opération de chargement et de transfert

Les opérations de chargement et de transfert utilisent des octets. Ces instructions sont :

- L** : chargement
- T** : transfert
- LC** : chargement codé en binaire, codé en décimal (BCD)

III -9-4 Opérations de temporisation

Les opérations de temporisation permettent de réaliser et de surveiller par programme des actions faisant intervenir le facteur temps. Ces instructions sont :

- SI** : Temporisation impulsionnelle.
- SV** : Temporisation impulsion prolongée.
- SE** : Temporisation retard à la montée.
- SA** : Temporisation retard à la retombée.
- R** : Remise à zéro d'une Temporisation.

III-9-5 Opérations de comptage

Ces opérations sont directement réalisées par la CPU à l'aide des opérations suivantes :

S : positionnement du compteur.

R : remise à zéro du compteur.

ZV : Comptage

ZR : Décomptage.

III-9-6 Opérations de comparaison

Ces opérations permettent de comparer deux accumulateurs.

III-9-7 Opérations arithmétiques

Ces opérations permettent l'exécution des opérations d'addition, de soustraction, de multiplication et de division en faisant intervenir un ou deux accumulateurs de la CPU.

III -9-8 Opération d'appel de blocs

L'opération CALL nous permet de faire l'appel et de branchement aux blocs spécifiés dans le programme à noter qu'un seul bloc est appelé en même temps.

III-9-9 Opération de saut

Ces opérations nous permettent de gérer le programme et de sauter les instructions sans les exécuter, elles sont :

SPA : Saut incondtionnel.

SBP : Saut conditionnel.

III- 10 Les blocs S7**III- 10-1 Les blocs système**

Ce sont des fonctions ou des blocs prédéfinis qui sont intégrés dans le système d'exploitation de la CPU. Ils sont appelés par le programme utilisateur en cas de besoin.

III - 10-2 Les blocs utilisateurs

Ils contiennent le code, le programme et les données du programme utilisateur.

III-10-2-1 Types de blocs utilisateurs**a- Les blocs d'organisation (OB)**

Les blocs d'organisation constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ces blocs déterminent la structure du programme et ne peuvent être appelé par le système selon leurs priorités. Cela revient à dire que l'exécution d'un OB peut être interrompue par l'appel d'un autre OB plus prioritaire.

On peut classer les blocs d'organisation d'alarme comme suit :

Type d'alarmes	Bloc d'organisation	Classe de priorité (prédéfinie)
Cycle libre	OB1	1
Alarme horaires	OB10 à OB17	2
Alarmes temporisées	OB20	3
	OB21	4
	OB22	5
	OB23	6
Alarmes cycliques	OB30	7
	OB31	8
	OB32	9
	OB33	10
	OB34	11
	OB35	12
	OB36	13
	OB37	14
Alarmes de processus	OB38	15
	OB40	16
	OB41	17
	OB42	18
	OB43	19
	OB44	20
	OB45	21
	OB46	22
OB47	23	
Alarme multiprocessus	OB60 multiprocessus	25

Les blocs d'erreur sont représentés et classés dans le tableau suivant :

Types d'erreurs	Bloc d'organisation	Classe de priorité (prédéfinie)
Erreurs de redondances	OB70 erreur de redondance de périphérie	25
	OB72 erreur de redondance de CPU	28
Erreurs asynchrones	OB80 erreur de temps	26
	OB81 erreur d'alimentation	
	OB84 erreur matérielle CPU	
	OB85 erreur d'exécution du programme	
	OB87 erreur de communication	
Cycle en arrière plan	OB90	29
Mise en route	OB100 démarrage à chaud	27
	OB101 redémarrage	27
	OB102 démarrage à froid	27
Erreurs synchrones	OB121 erreur de programmation	Priorité de l'OB à l'origine de l'erreur
	OB122 erreur d'accès à la périphérie	

b- Blocs de données (DB)

Ils servent à stocker le programme utilisateur. Il y a deux blocs de données qui sont :

• Blocs de données globaux

Les blocs de données globaux servent à l'enregistrement des données utilisateur pouvant être utilisées par tous les autres blocs.

• Blocs de données d'instance

Un bloc de données d'instance est associé à chaque appel de bloc fonctionnel transmettant des paramètres. Ce bloc contient les paramètres effectifs et les données statiques du FB. On appelle instance l'appel d'un bloc fonctionnel.

c- Blocs fonctionnels (FB)

Un bloc fonctionnel est un bloc avec rémanence (avec mémoire). 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 sauvegardées dans le bloc de données d'instance. Les variables temporisées 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 de données locales le sont.

d- Fonction (FC)

Ce sont des blocs sans mémoire. Les FC contiennent des routines de programme pour les fonctions fréquemment utilisées. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données.

III-11 Structure du programme

L'écriture du programme utilisateur complet peut se faire dans le bloc d'organisation OB1 (programmation linéaire). Cela n'est pas recommandé que pour les programmes de petite taille. Pour les automatismes complexes, la subdivision en parties plus petites est recommandée, celles-ci correspondent aux fonctions technologiques du processus d'automatisation et sont appelées blocs (programmation structurée). Cette structuration offre les avantages suivants :

- Écriture des programmes importants mais clairs.
- Standardisation de certaines parties du programme.
- Simplifier l'organisation du programme.
- Modifier facilement le programme.
- Simplifier le test du programme, car on peut l'exécuter section par section.

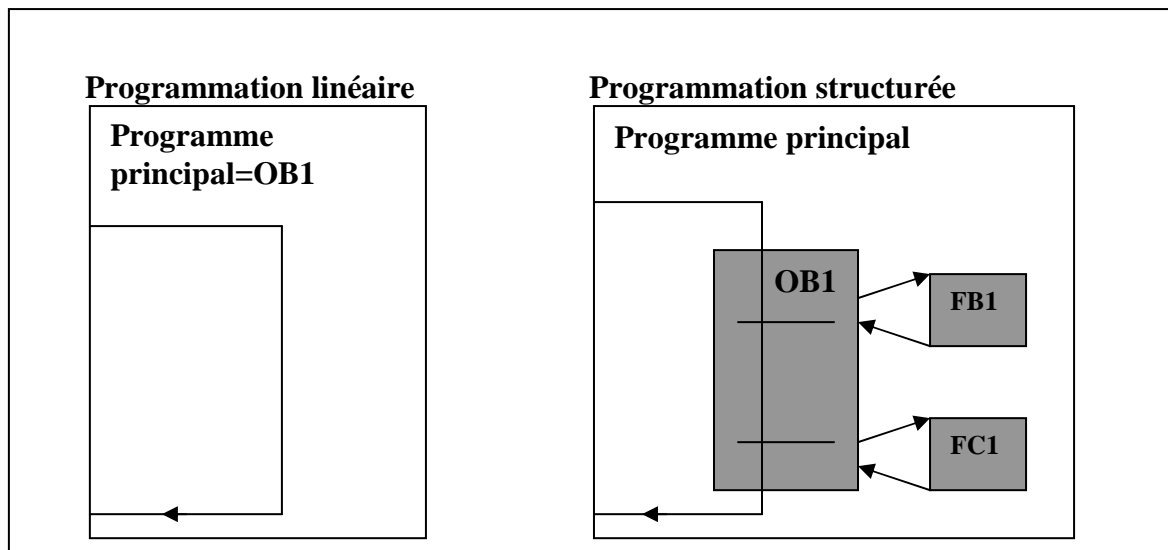


Figure III-12 Programmation linéaire et programmation structurée

Conclusion

Après avoir présenté l'automate programmable **S7-300** qui est un équipement spécialement conçu pour l'industrie (pilotage des chaînes de montages, productions, traitement, robots industriels, etc....) et son logiciel de programmation Step7 qui constitue le lien entre l'utilisateur et l'automate, dans le chapitre qui va suivre nous allons modéliser la station de traitement d'eau de TAKSEBT avec un GRAFCET pour mieux comprendre son fonctionnement.

CHAPITRE IV

*Etude et modélisation de la
station par GRAFCET*

Introduction

Le monde du contrôle industriel a connu ces dernières années des bouleversements importants, les machines automatiques ont été développées pour libérer l'être humain de ses tâches quotidiennes, mais aussi pour le remplacer dans l'exécution d'un certain nombre de travaux. Afin d'augmenter davantage la cadence de production, on a opté pour une solution d'ordre technique d'automatisation, consistant à une reprise du cycle avant sa fin. Pour cela nous avons fait appel à une représentation graphique qui est le diagramme fonctionnel ou le **GRAFCET** qui permet de résoudre des problèmes d'automatisme à partir d'un cahier des charges.

IV-1 Cahier des charges

Le cahier des charges est le descriptif fourni par l'utilisateur au concepteur de l'automatisme pour lui indiquer les différents modes de marches et les sécurités que devra posséder l'automatisme. Le cahier des charges décrit le comportement de la partie opérative par rapport à la partie commande. L'automaticien doit se référer au cahier des charges pour réaliser l'automatisme, il fait force de loi : Le **GRAFCET**, les organigrammes, les logigrammes et les chronogrammes sont des outils utilisés pour décrire le comportement d'un système automatisé. Le fonctionnement d'un automatisme peut être représenté graphiquement par l'outil de modélisation « **GRAFCET** » qui est considéré comme l'outil le plus répandu de la transmission de l'information entre les différentes parties d'un automatisme.

IV-2 Outil d'étude et de modélisation GRAFCET

Le GRAFCET (**G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande des **E**tapes et **T**ransitions) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements et l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance d'un système à automatiser. Il décrit les relations à travers la frontière d'isolement de la **Partie Commande** et de la **Partie Opérative** d'un système automatisé. L'établissement d'un grafcet suppose la définition préalable :

- Du système
- De la frontière **PO-PC**, spécifiant la partie Commande.

IV-3 Composition du GRAFCET

Le GRAFCET est une représentation alternée d'étapes et de transitions. Une seule transition doit séparer deux étapes. (Voir la Figure IV-1)

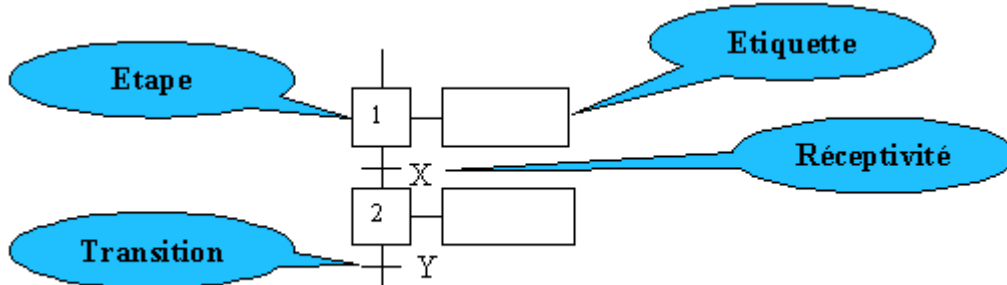


Figure IV-1 éléments de base d'un GRAFCET

IV-4 Les éléments du grafcet

IV-4-1 Les étapes et actions associées (Figure IV-2)

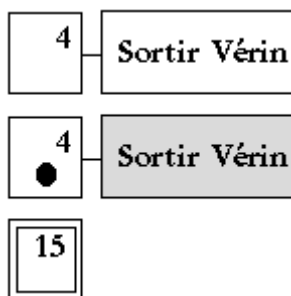
Une **étape** correspond à une situation dans laquelle les variables de sorties conservent leurs états. Les **actions** associées aux étapes sont inscrites dans les **étiquettes**.

A un instant donné et en fonction de l'évolution du système : une étape peut être

- Active **ou**
- Inactive

Lorsqu' une étape est **active** alors l'action associée est **exécutée**, lorsque l'étape est **inactive** l'action associée ne **s'exécute pas**.

Une étape peut être **initiale**, elle est alors active au début du processus de commande (les étapes non initiales sont alors inactives). On repère une étape initiale grâce à un doublement du symbole d'étape.



L'étape 4 est **inactive** ($X4 = 0$), l'action associée ne s'exécute pas.

L'étape 4 est **active** ($X4 = 1$), l'action associée s'exécute.

L'étape 15, **étape initiale**, ne possède pas d'action associée

Figure IV-2 Différents états des étapes du GRAFCET

IV-4-2 Les transitions et les réceptivités associées (figure IV-3)

Une **transition** indique la possibilité d'évolution entre deux étapes successives. A chaque transition est associée une condition logique appelée **réceptivité**, qui a un instant donné, peut être vérifiée ou non. C'est elle qui va permettre, lors de son franchissement, l'évolution du système : elle représente une possibilité de changement d'état du système.

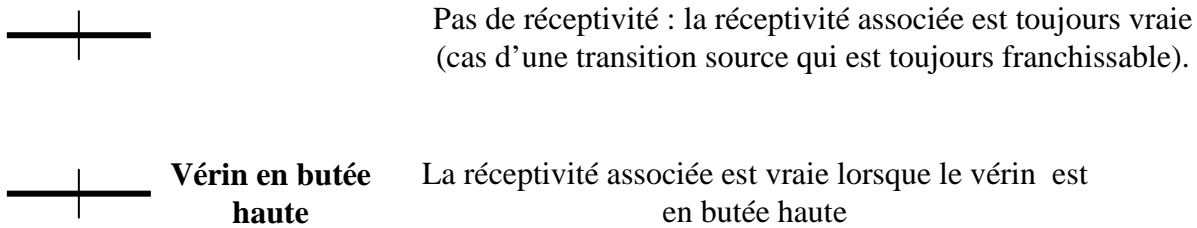


Figure IV-3 Situation des transitions du GRAFCET

IV-4-3 Les Liaisons orientées (figure IV-4)

Un GRAFCET se lit de haut en bas, dans un autre sens il est nécessaire d'indiquer le sens par une flèche. Une Liaison est un arc orienté, On la représente par un trait : rectiligne, vertical ou horizontal. Si non il faut le préciser par une flèche.

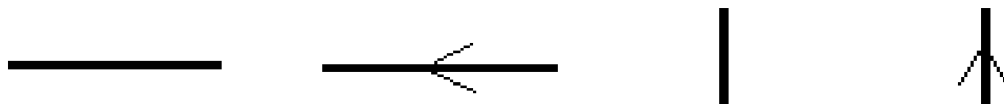


Figure IV-4 Liaisons orientées d'un GRAFCET

IV-5 Les règles de construction d'un Grafcet

IV-5-1 Convergence et divergence en « ET »

IV-5-1-1 Divergence en ET (Figure IV-5)

Lorsque la transition A est franchie, les étapes 2 et 3 sont actives.

IV-5-1-2 Convergence en ET (Figure IV-5)

La transition B sera validée lorsque les étapes 4 et 5 seront actives. Si la réceptivité associée à cette transition est vraie, alors celle-ci est franchie.

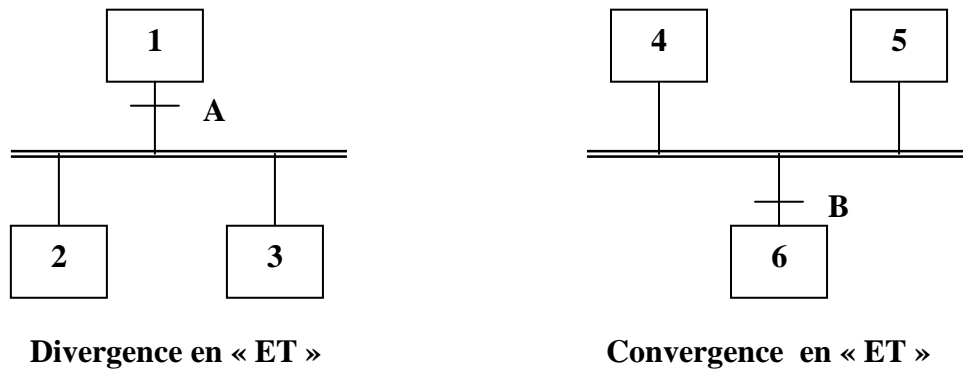


Figure IV-5 GRAFCET avec convergence et divergence en « ET »

IV-5-2 Convergence et divergence en « OU »

IV-5-2-1 Divergence en OU (Figure IV-6)

L'évolution du système vers une branche dépend des réceptivités C et D associées aux transitions.

IV-5-2-2 Convergence en OU (Figure IV-6)

Après l'évolution dans une branche, il y a convergence vers une étape commune.

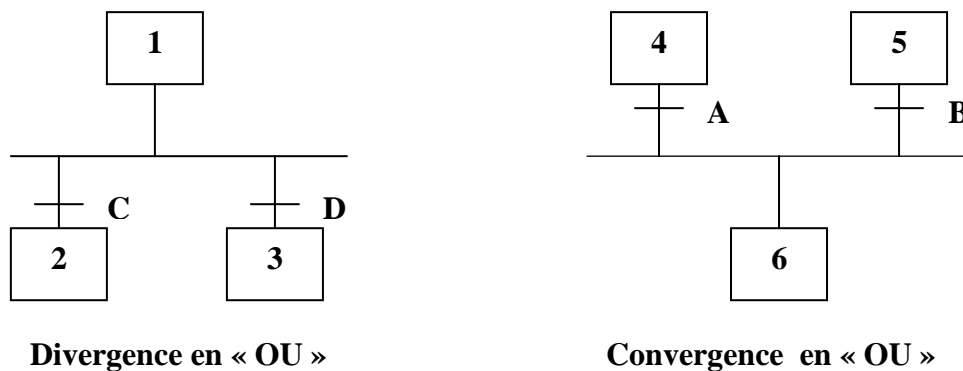


Figure IV-6 Convergence et divergence en « OU »

IV-5- 3 Saut d'étapes

Le saut d'étapes est une sélection de séquence permettant de sauter plusieurs étapes en fonction des conditions d'évolution.

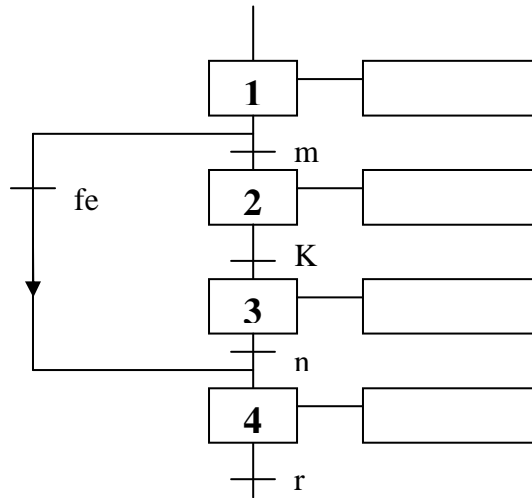


Figure IV-7 saut de l'étape 1 à l'étape 4 si la réceptivité fe est vraie

IV-5-4 Reprise de séquence

La reprise d'étapes au contraire permet de recommencer plusieurs fois la même séquence tant que la condition fixée n'est pas obtenue.

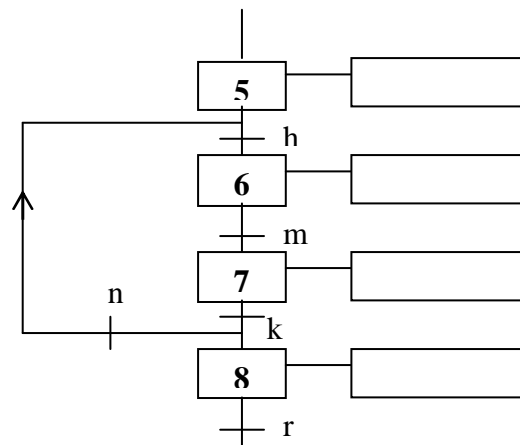


Figure IV- 8 reprise de la séquence 6-7 par la réceptivité n tant qu'elle n'est pas vraie

IV-5-5 Macro –Etape

Les descriptions de fonctionnement sous forme de GRAFCET peuvent comporter un grand nombre de graphes et par conséquent un grand nombre d'étapes (certains systèmes peuvent utiliser jusqu'à 12000 étapes). La nécessité d'une présentation progressive,

descendante organisée de telles applications est alors incontournable : l'utilisation de la macro étape est une technique de représentation proposée par le GRAFCET. (Voir Figure IV-9)

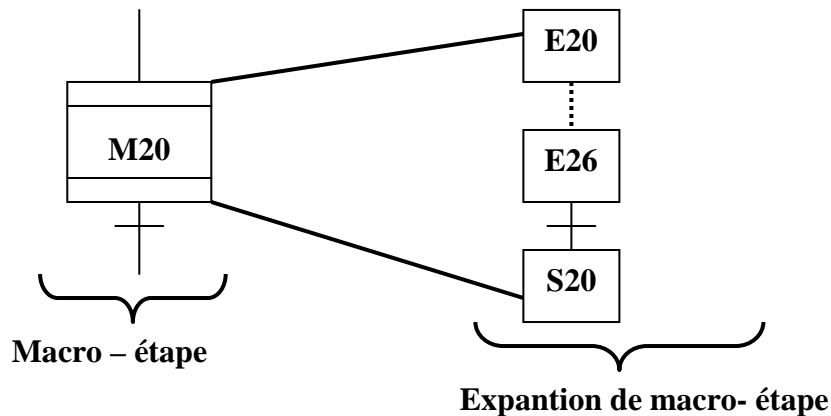


Figure IV-9 Principe de la Macro – étape

IV-5-6 Temporisation

Les temporisations sont des variables booléennes qui permettent une prise en compte du temps. Pour transcrire ces temporisations, on fait appel à un opérateur normalisé $t_1/ x_i /t_2$. Avec

t_1 : le retard apporté au changement de l'état inactif de l'étape i .

t_2 : le retard apporté au changement de l'état actif de l'étape i .

IV-6 Les différents niveaux de GRAFCET

IV-6-1 GRAFCET niveau 1

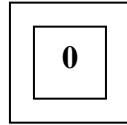
Il décrit le comportement de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative : C'est le rôle des spécifications fonctionnelles permettant au concepteur de comprendre ce que l'automatisme doit faire, face aux différentes situations pouvant se présenter.

V-6-2 GRAFCET niveau 2

Les spécifications technologique, viennent compléter les spécifications fonctionnelles en précisant la façon dont vont se faire les échanges entre l'automatisme et le processus. (La représentation des actions et réceptivités est écrite en abréviation et non en mots).

IV-7 Règles du GRAFCET

➤ Règle N°1 : situation initiale



Cette représentation indique que l'étape est initialement activée (à la mise sous tension de la partie commande). La situation initiale, choisie par le concepteur, est la **situation à l'instant initial** (t_0).

➤ Règle N°2 : franchissement d'une transition

Une transition est **franchie** lorsque l'étape associée est **active** et la **réceptivité** associée à cette transition est **vraie**.

➤ Règle N°3 : évolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition provoque simultanément :

- **la désactivation** de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition.

- **l'activation** de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition.

➤ Règle N°4 : transitions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

➤ Règle N°5 : activation et désactivation simultanées d'une étape

Si au cours du fonctionnement, une étape à la fois activée et désactivée reste active.

IV-8 Application du GRAFCET au niveau de la station

L'automatisation de la station repose sur deux modes :

a- Mode de production

- Alimentation en eau brute : le débit est fixé à 770 m³/h
- Injection des produits chimiques : Préchloration 1.3 mg /l
 - Postchloration 0.8 mg /l
 - Sulfate d'alumine 2mg /l
- Les décanteurs
 - Niveau maximum 80%
 - Niveau minimum est 25%
- Pompes intermédiaires
 - Démarrage à 30%
 - Arrêt à 25%

b- Mode de lavage

- Pour une différence de 0.5 bar entre la pression d'entrée et de sortie des filtres.
- Alternance de mode de lavage des deux sections **SF12, SF13**.
- Temps d'ouverture de la vanne de lavage **45s**.
- Temps de barbotage **4 mn**.
- Temps de rinçage **10 mn**

IV- 8-1 Le tableau des capteurs et actionneurs de la station

Capteurs	Actionneurs
- Débitmètre électromagnétique d'eau brute	-Vannes régulation d'eau brute (SF12 et SF13)
-Transmetteur de pression pour SF 12	
-Transmetteur de pression pour SF 13	-Vannes TOR d'évacuation de boues (A1-6, B1-6, C1-6 de SF12 et A1-6, B1-6, C1-6 de SF13)
-Débitmètre électromagnétique d'eau à filtrée A-SF12	-Vannes régulation d'eau filtrée (A, B, C de SF12 et A, B, C de SF13)
-Débitmètre électromagnétique d'eau à filtrée B-SF12	-Vannes TOR de lavage (A, B, C de SF12 et A, B, C de SF13)
-Débitmètre électromagnétique d'eau à filtrée C-SF12	-Vannes à air (A, B, C de SF12 et A, B, C de SF13)
-Débitmètre électromagnétique d'eau à filtrée A-SF13	- Pompes intermédiaires (A, B, C de SF12 et A, B, C de SF13)
-Débitmètre électromagnétique d'eau à filtrée B-SF13	- Pompes doseuses (A, B de sulfate, A, B, C de Chlore)
-Débitmètre électromagnétique d'eau à filtrée C-SF13	-Mélangeurs (A, B de sulfate, A, B, C de Chlore)
-Débitmètre électromagnétique d'eau à refoulée	- Surpresseur (A et B)
-Sonde de niveau pour Hypochlorite de sodium	-Compresseur
-Sonde de niveau Sulfate d'Alumine	

V-8-2 Les Conditions initiales

Condition initiale 1

- Les réservoirs 1, 2, 3, 4, 5,6 sont vides.
- Toutes les vannes sont fermées
- Les pompes intermédiaires à l'arrêt

Conditions initiales 2

- Les bacs de produits chimiques sont vides
- Les mélangeurs sont à l'arrêt
- Les pompes de dosages à l'arrêt.

Le **Grafcet** de la station est représentée dans le schéma ci-dessous :

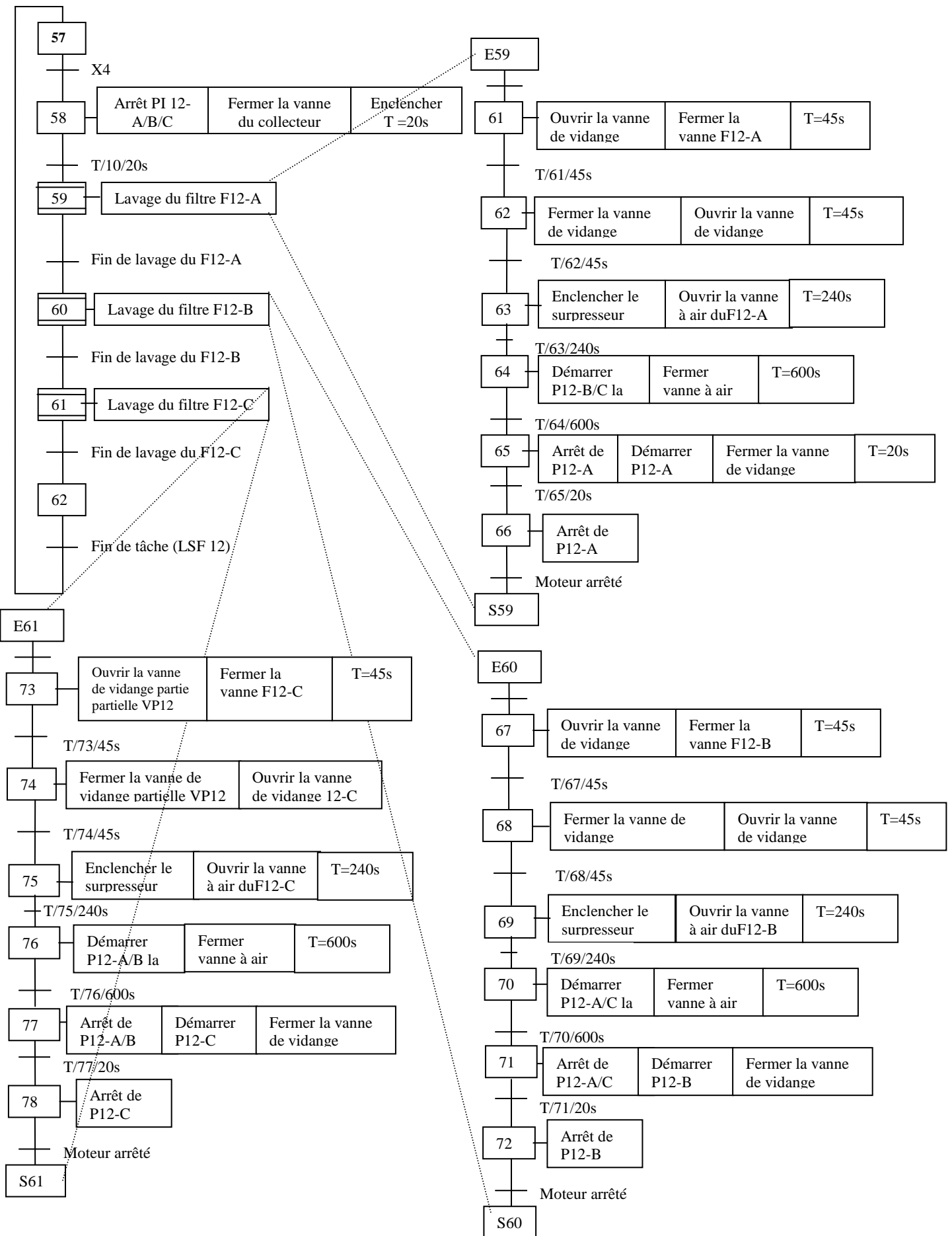
Remarque

Dans la station de traitement d'eau on dispose de deux sections de filtration SF12 et SF13 qui subissent les mêmes étapes, notre étude précédente (**GRAFCET**) s'est portée sur une seule section de filtration (SF12).

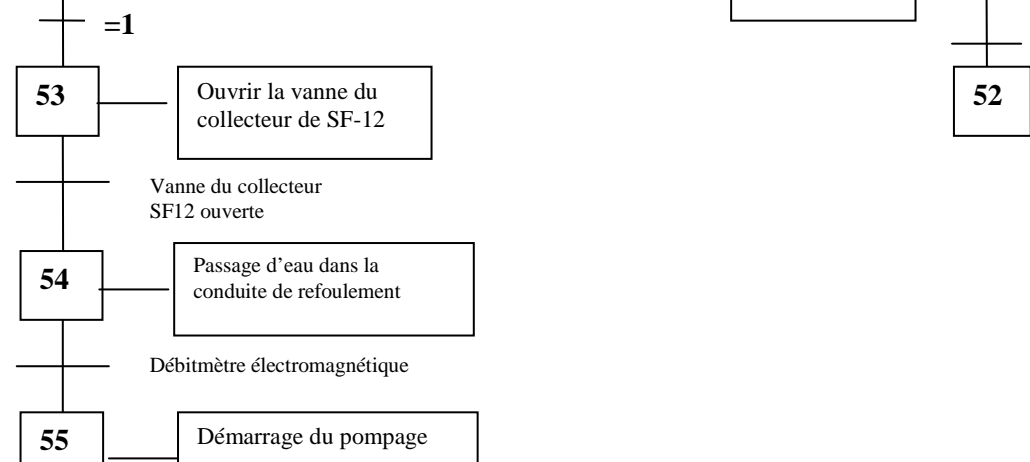
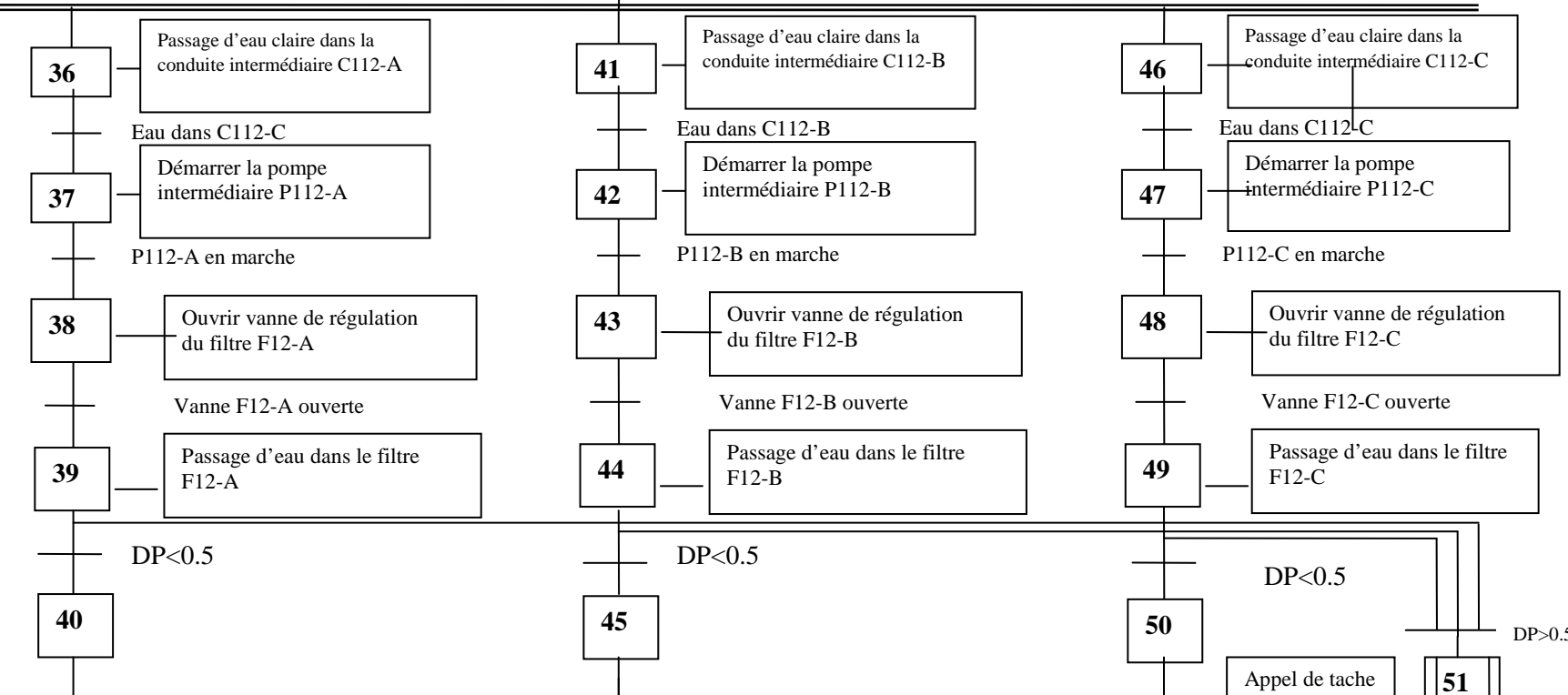
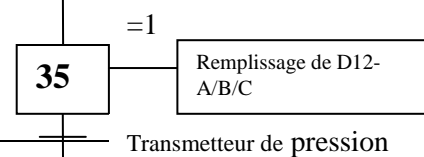
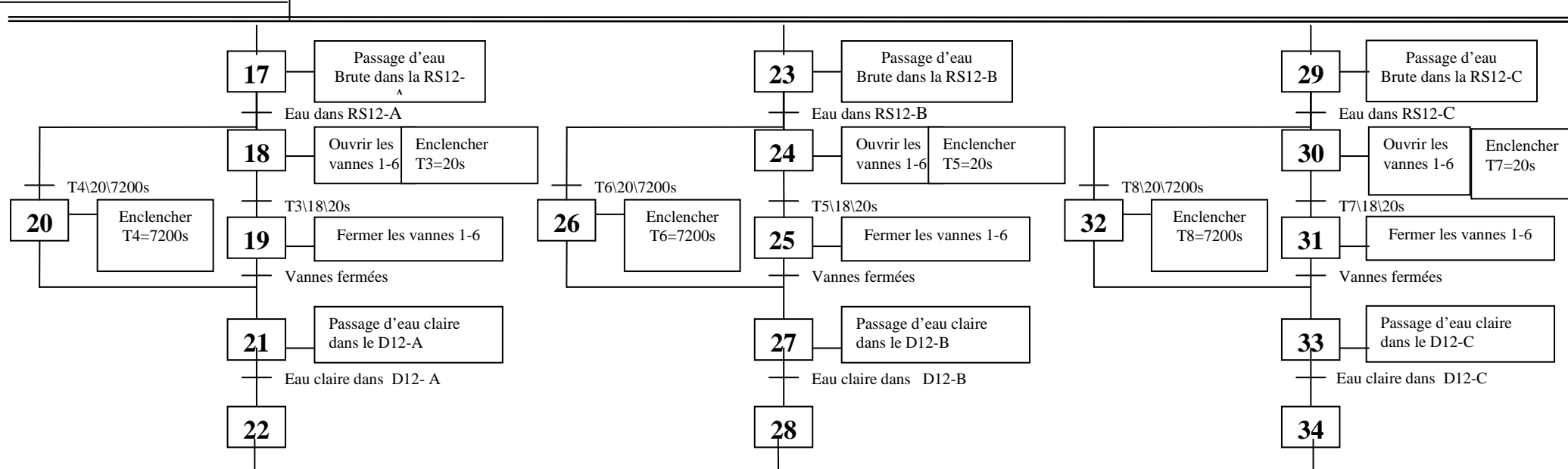
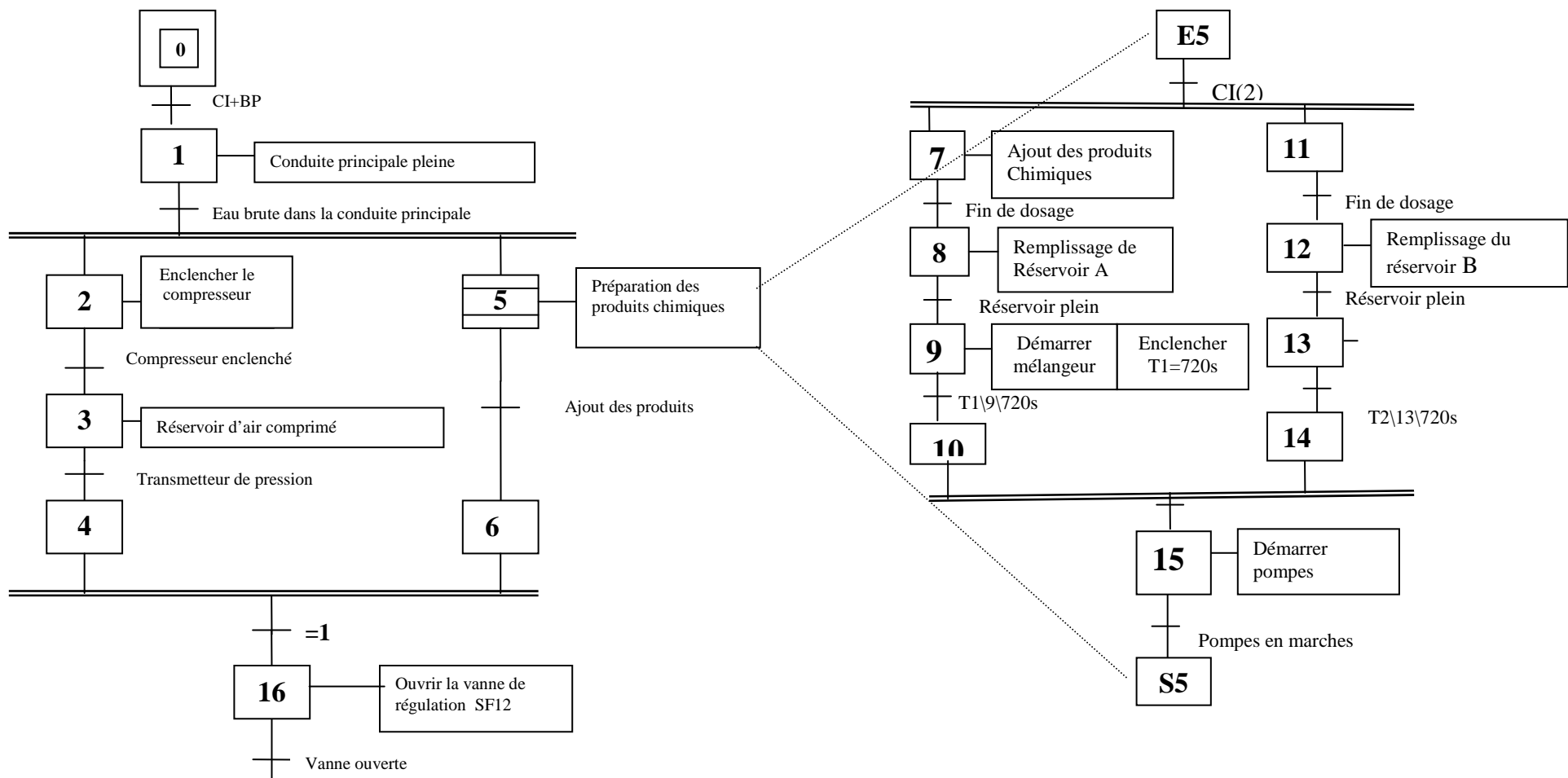
Conclusion

La complexité des systèmes automatisés nécessite la disposition de moyens pour structurer la spécification. Cette structuration, assistée par des méthodologies adaptées, peut se limiter à une simple modélisation par le **GRAFCET** qui répond particulièrement bien aux besoins de l'industrie dans des automatismes séquentiels. Il nous permet non seulement d'analyser le problème posé mais également de concevoir une solution pour l'automate, quelque soit sa technologie.

L'appel de la tâche L12 « Procédure de lavage »



Procédure de lavage des filtres de SF12





CHAPITRE V

*Conception et simulation du
programme*

Introduction

Après avoir proposé le nouveau système de commande qui est à base de démarreurs progressifs, assurant le bon fonctionnement de la station de traitement d'eau par conséquent, augmenter la durée de vie des éléments de la partie opérative et améliorer la productivité, nous établirons un programme qui sera implanté dans l'automate programmable S7-300 pour la commande de la station.

Première partie : Conception du programme

V-1 Conception d'une solution d'automatisation

La figure ci-dessous montre la marche fondamentale à suivre que nous pouvons appliquer à tout projet.

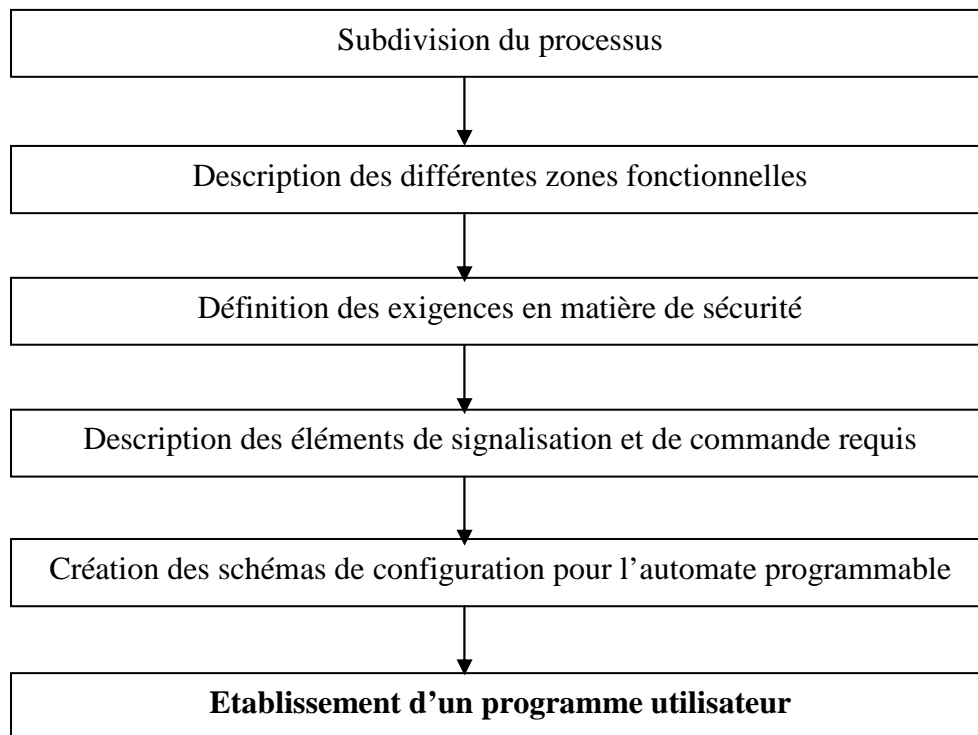


Figure V-1 Conception d'une solution d'automatisation

V-1-1 Subdivision du processus en tâches et zones

Un processus d'automatisation est constitué de différentes tâches. Il est possible de définir même le processus le plus complexe en déterminant des zones cohérentes au sein du processus et subdivisant ces derniers en tâches partielles plus petites, pour notre cas en le subdivise en **six** zones fonctionnelles comme le montre la **Figure V-2**.

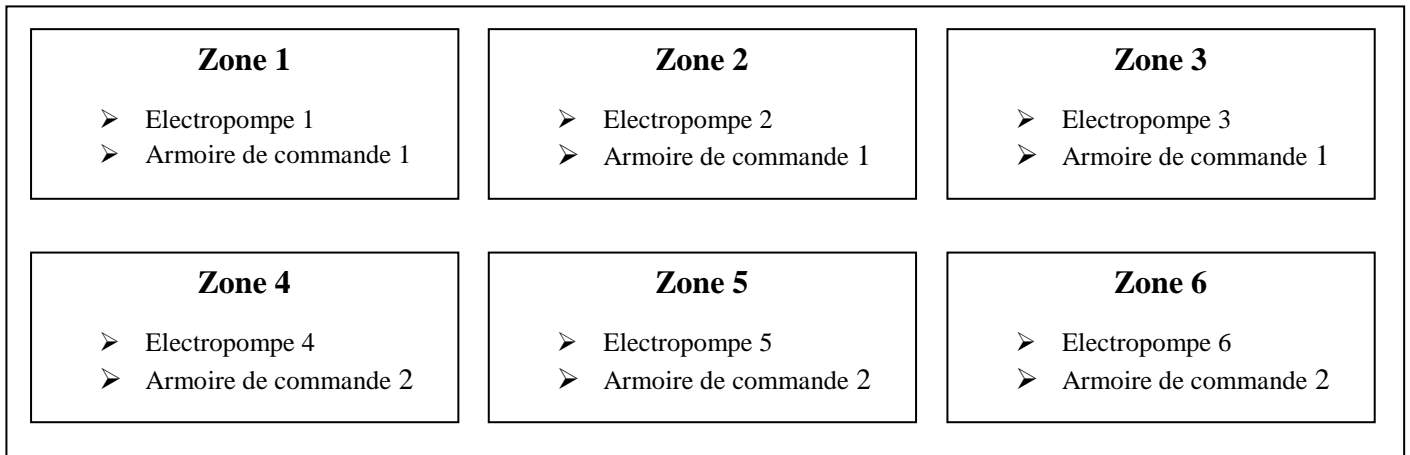


Figure V-2 Zones fonctionnelles

V-1-2 Description des différentes zones fonctionnelles

Le démarrage et l'arrêt du moteur sont commandés à partir d'un poste d'opération, le nombre de démarrage est comptabilisé à des fins de maintenance, il est possible de remettre à zéro les compteurs et les indicateurs à l'aide des boutons-poussoirs.

V-1-2-1 Les conditions de validation sont les suivantes

- Le capteur de niveau indique « **Décanteur plein** »
- Disjoncteur générale et secondaire « OK »
- Pas de défaut de phases
- Contacteur de « By-pass ouvert »
- Pas de défaut « SIKOSTART »
- L'arrêt d'urgence n'est pas activé
- Le bouton stop n'est pas activé.

V-1-2-2 Les conditions d'arrêt sont les suivantes

- Le capteur de niveau signal « **Décanteur au dessous du minimum** ».

V-1-2-3 Fonctionnement

Après avoir effectué un démarrage et que le signal de fin de démarrage est activé, le démarreur est automatiquement By-passé pour fonctionner en pleine puissance à travers le contacteur de By-pass, la Led de signalisation « pompe marche » s'allume. En cas d'arrêt le

contacteur sera automatiquement ouvert et le démarreur effectue un arrêt, la Led de signalisation pompe arrêt s'allume.

V-1-3 Définition des exigences en matière de sécurité

On admet un circuit de sécurité qui fonctionne, en général, indépendamment de l'automate programmable (il dispose généralement d'une interface d'entrée/sortie pour assurer la coordination avec le programme utilisateur)

En principe, chaque actionneur dispose d'un arrêt d'urgence.

On procède comme suit pour concevoir les dispositifs de sécurité :

- Identification des verrouillages logiques et mécaniques ou électriques entre les différentes parties de l'automatisme.
- Concevoir les circuits permettant de commander manuellement en cas d'urgence les appareils utilisés dans le processus.
- Détermination des autres exigences relatives à la sécurité assurant un déroulement sûr du processus.

Notre système fait appel à la logique suivante pour son circuit de sécurité :

- Un bouton d'arrêt d'urgence général arrête les six groupes indépendamment de l'automate programmable.
- Un bouton d'arrêt d'urgence pour chaque groupe, qui arrête le groupe en cas d'urgence.

V-1-4 Description des éléments de signalisation et de commande requis

Chaque groupe électropompe démarre ou s'arrête par l'intermédiaire d'un commutateur situé sur le poste d'opération. Ce poste comporte des indicateurs montrant l'état de fonctionnement (**voir Figure V-3**). Il dispose également de lampes de signalisation pour les groupes électropompes devant faire l'objet d'une maintenance après un nombre donné de démarrages, d'un bouton d'arrêt d'urgence général arrêtant immédiatement tous les groupes, des boutons d'arrêts d'urgences pour chaque groupe. Sur le poste d'opération se trouve également des boutons de remise à zéro pour les indicateurs de maintenance des six groupes électropompes.

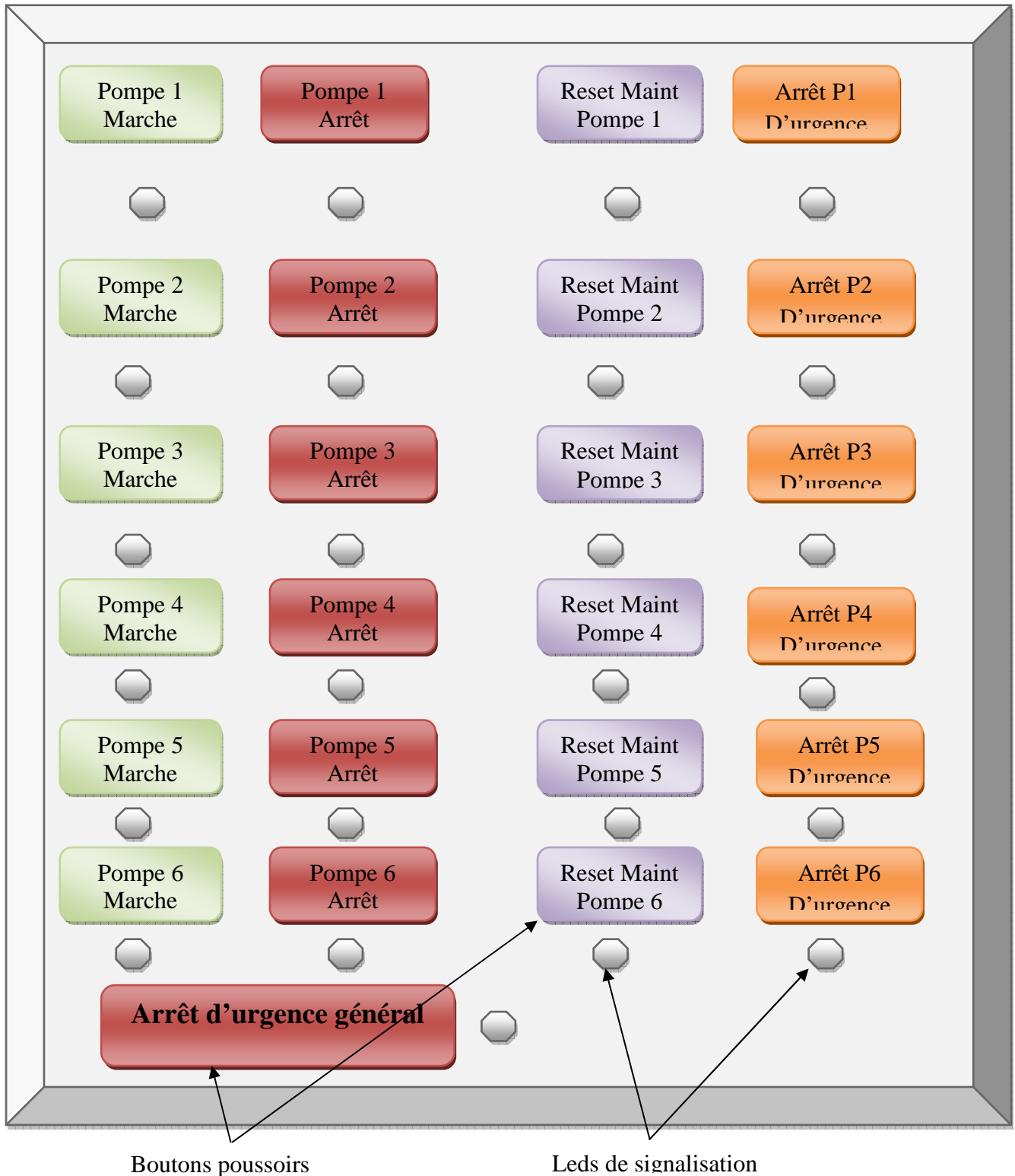
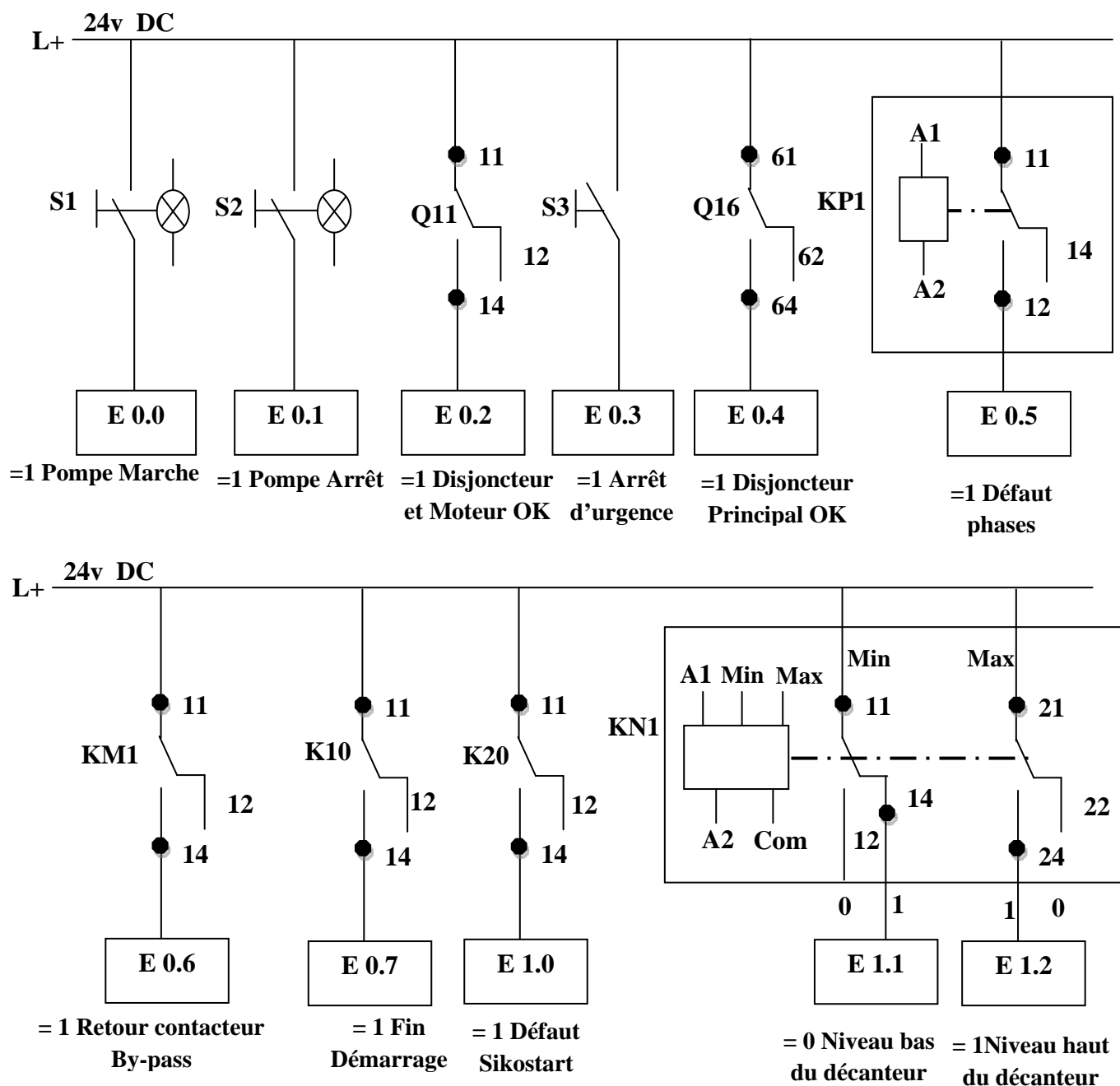


Figure V-3 Poste d'opération

V-1-5 Schémas de configuration pour l'automate programmable

a- Raccordement des Entrées TOR (Figure V-4)

Ce sont les entrées d'état du système tel que le niveau, fin de démarrage, défaut « SIKOSTART », état des disjoncteurs secondaire et principal et l'état des phases etc. On va présenter les entrées numériques pour une seule pompe, et ce sera la même chose pour les autres pompes, sauf qu'il y a une seule entrée du disjoncteur principal ainsi celle du niveau haut et bas pour les décanteurs.



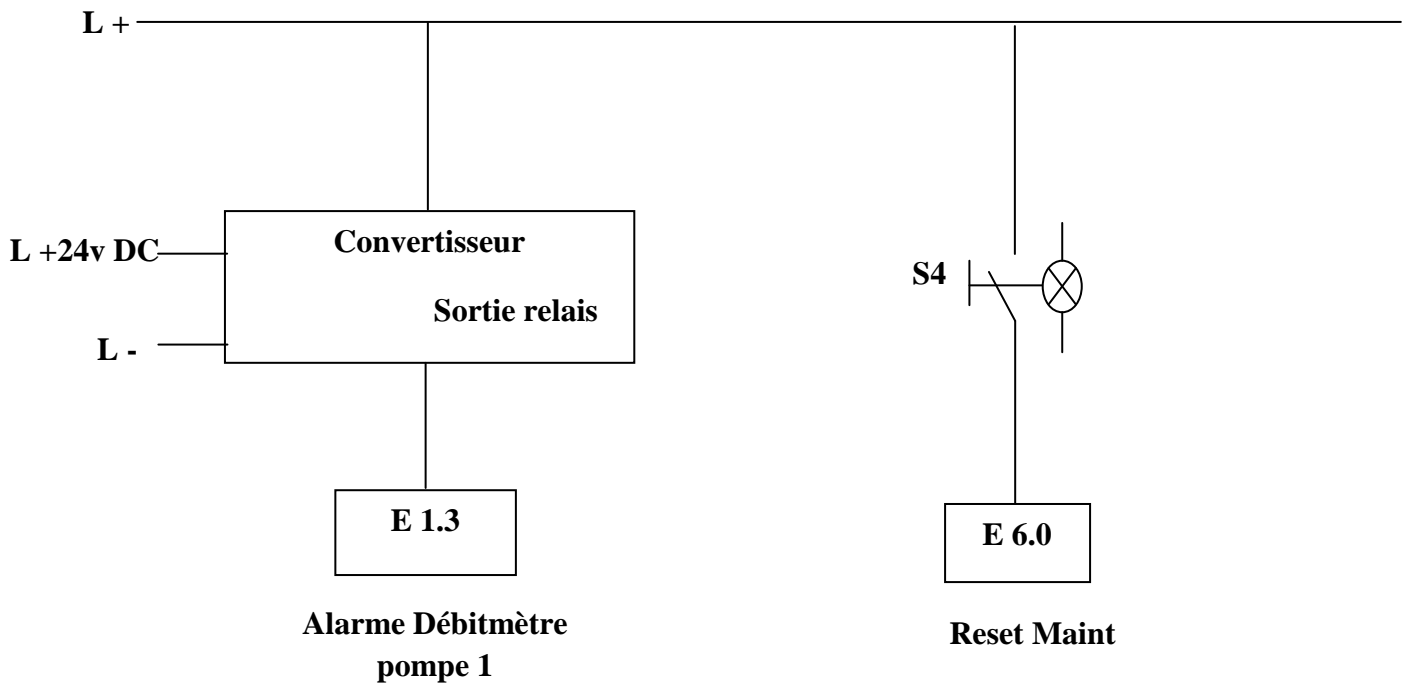


Figure V-4 Entrées TOR automate

b- Raccordement des sorties TOR (Figure V-5)

Les sorties d'impulsions servent principalement à exciter les relais de couplage et les contacteurs de by-pass, les disjoncteurs secondaires et le disjoncteur principal.

Nous allons présenter le schéma des sorties pour une seule pompe et ce sera la même chose pour les autres pompes, sauf celle du disjoncteur principal.

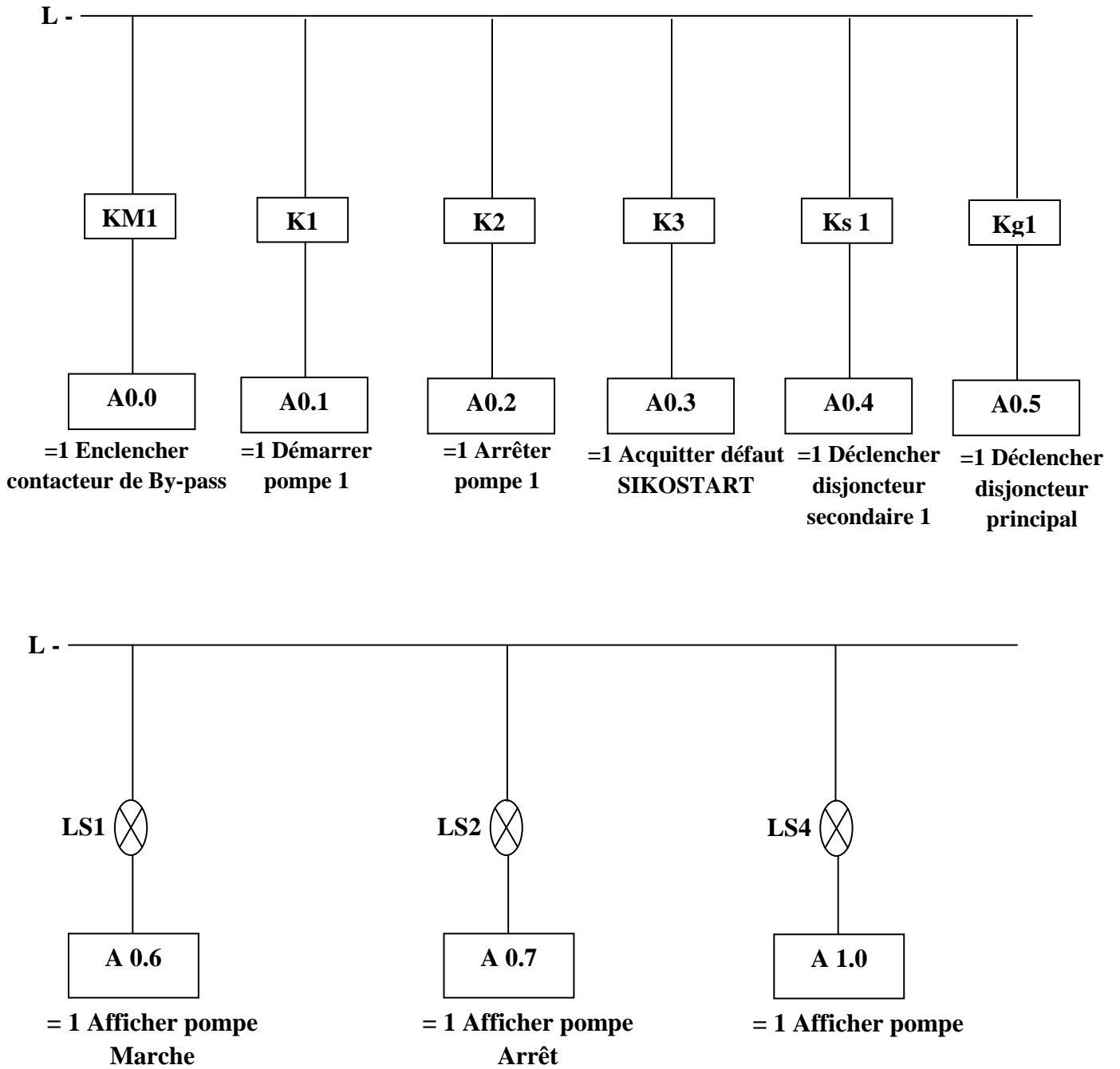


Figure V-5 Sorties TOR

V-1-6 Programmation

a- Définition des blocs de code

La Figure V-6 présente la hiérarchie des blocs devant être appelés dans le programme structuré.

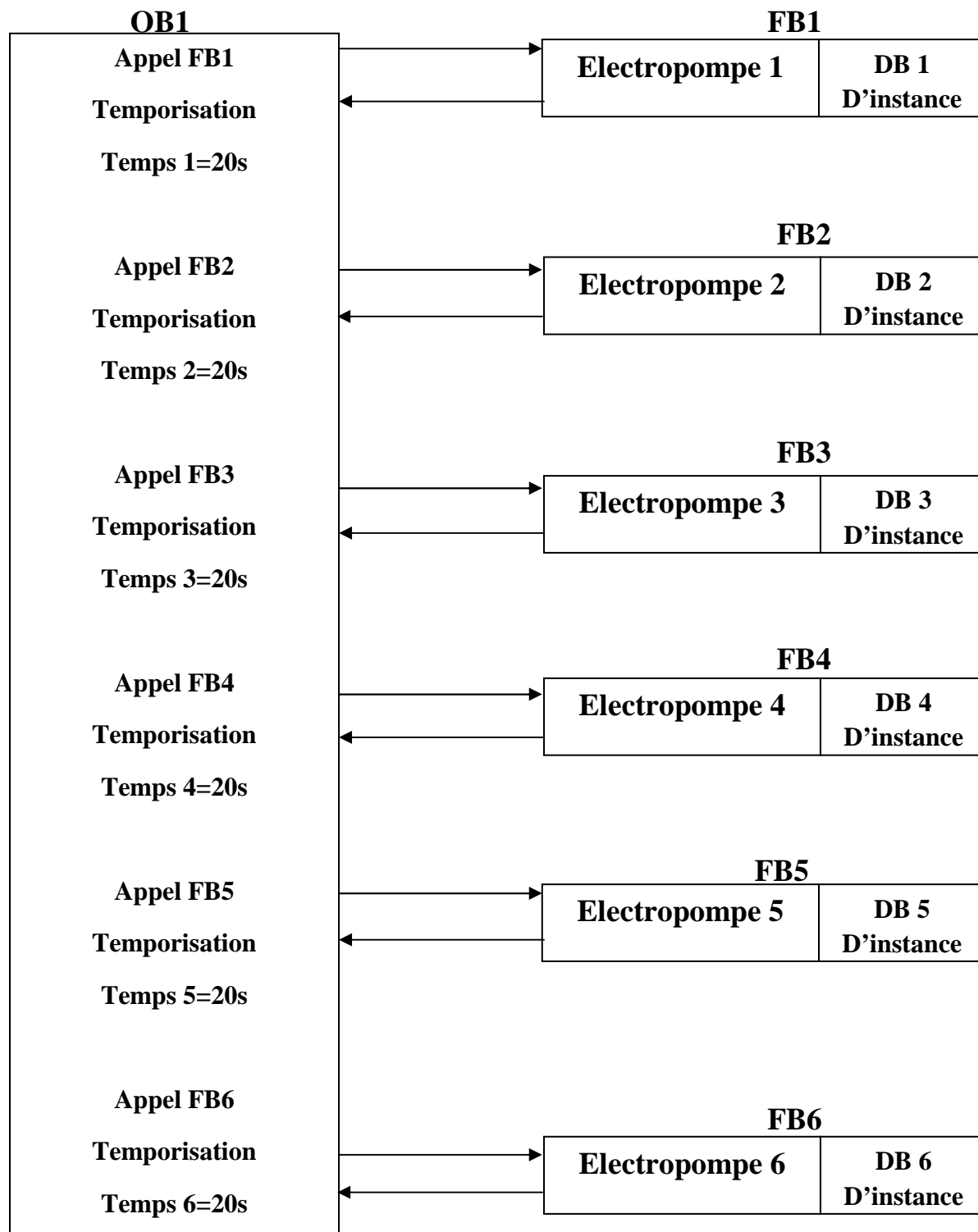


Figure V-6 Présentation de la hiérarchie des blocs

- **OB1** : il s'agit de l'interface avec le système d'exploitation de la CPU, il contient le programme principal. Les blocs fonctionnels FB X sont appelés et les paramètres spécifiques nécessaires pour la commande du processus sont transmis dans l'OB1.
- **FB** : les électropompes sont commandées par des blocs fonctionnels FB.
- **DB d'instance** : les paramètres effectifs et les données statiques pour la commande des électropompes sont inscrits dans les DB d'instance affecté aux FB.

✓ **Remarque**

Puisque les tâches des zones 1 à 6 sont identiques (activation, désactivation, comptage des nombre de démarrages et intervention, démarrage des pompes, défaut sikostart au démarrage,...etc.), le fonctionnement des groupes électropompes est pratiquement le même.

La programmation des électropompes 1 à 6 est la même sauf les variables qui diffèrent, respectivement pour FB 1 à FB 6

1) Programmation du FB 1 pour l'électropompe 1

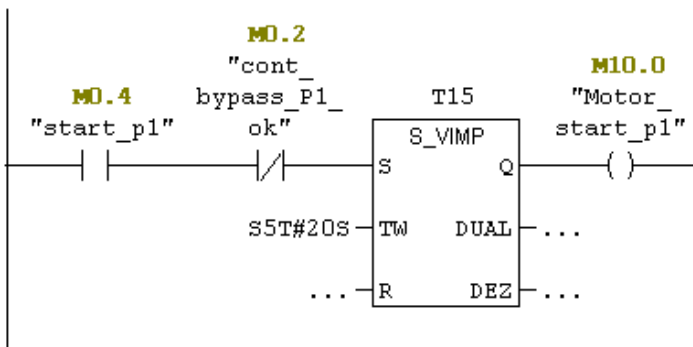
La section des instructions du FB 1 se présente comme suit en langage de programmation CONT.

FB1 : bloc fonctionnel electropompe1

Commentaire :

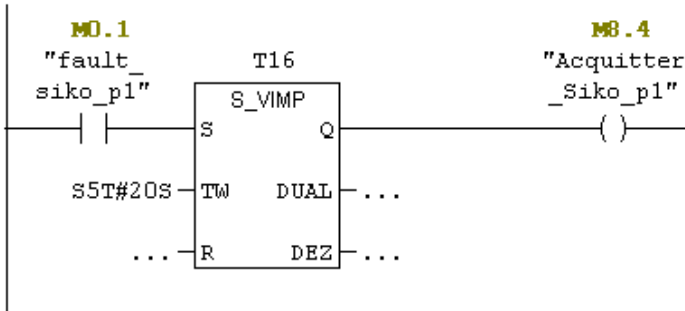
Réseau 1: démarrage pompe 1

Commentaire :



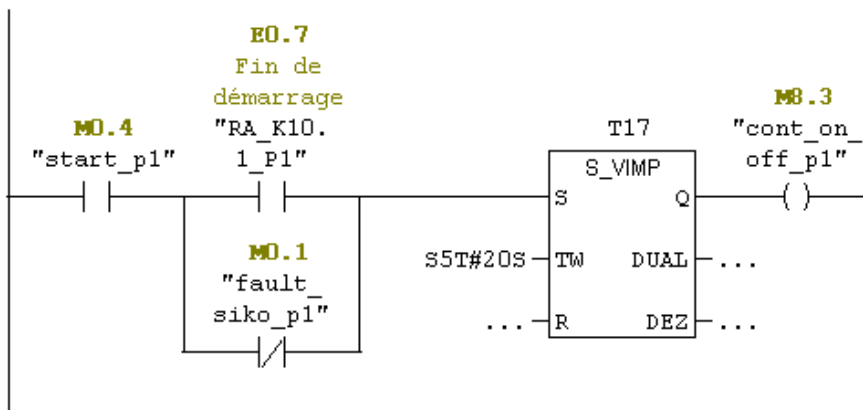
Réseau 2: Défaut/Acquitement sikostart pompe 1

Commentaire :



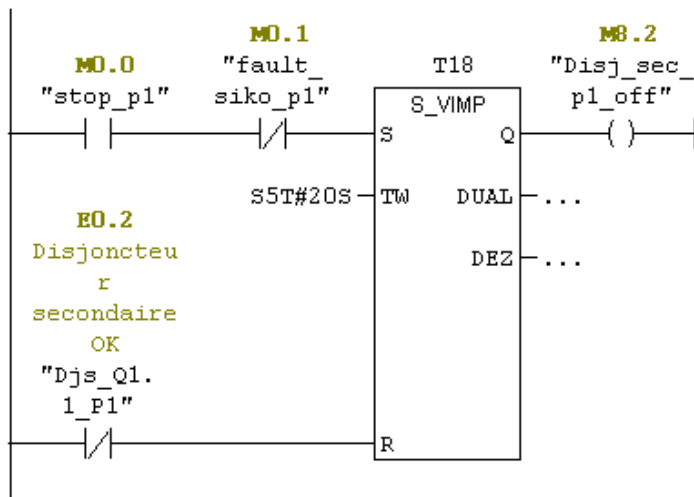
Réseau 3: Défaut sikostart au démarrage de la pompe 1

Commentaire :



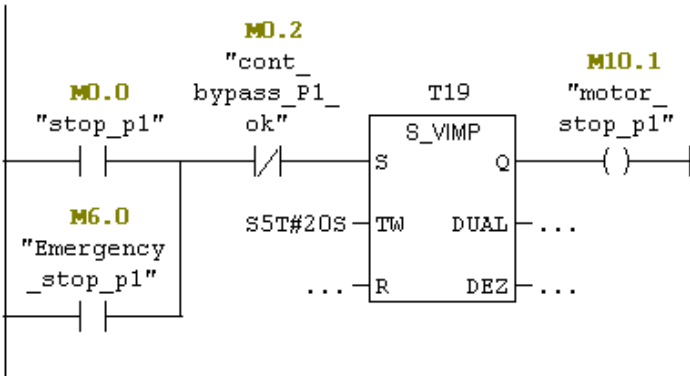
Réseau 4: Défaut sikostart à l'arrêt de la pompe 1

Commentaire :



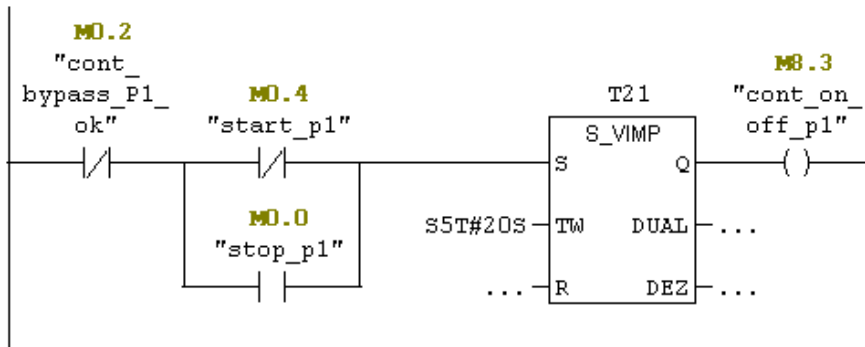
Réseau 5 : Arrêt de la pompe 1

Commentaire :



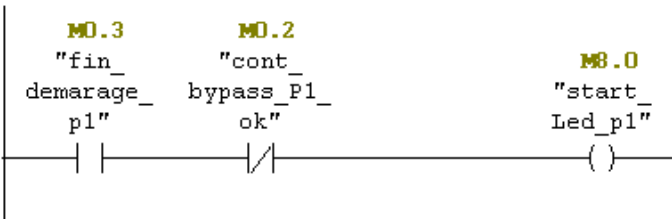
Réseau 6 : Commande contacteur de bypass au démarrage/arrêt de la pompe 1

Commentaire :



Réseau 7 : Lampe marche pompe 1

Commentaire :



Réseau 8 : Lampe arrêt pompe 1

Commentaire :



2) Création du programme pour l'OB 1

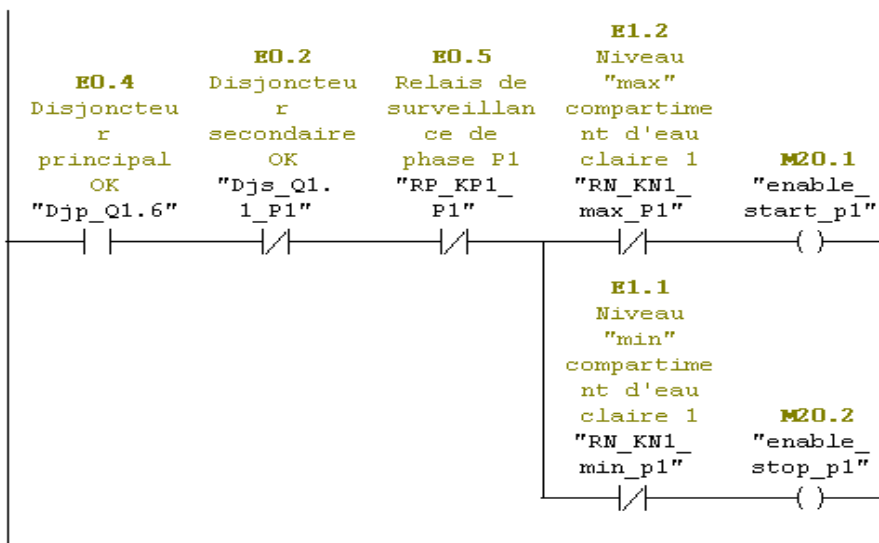
L'OB 1 détermine la structure du programme, contient les paramètres transmis aux différents blocs fonctionnels.

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Commentaire :

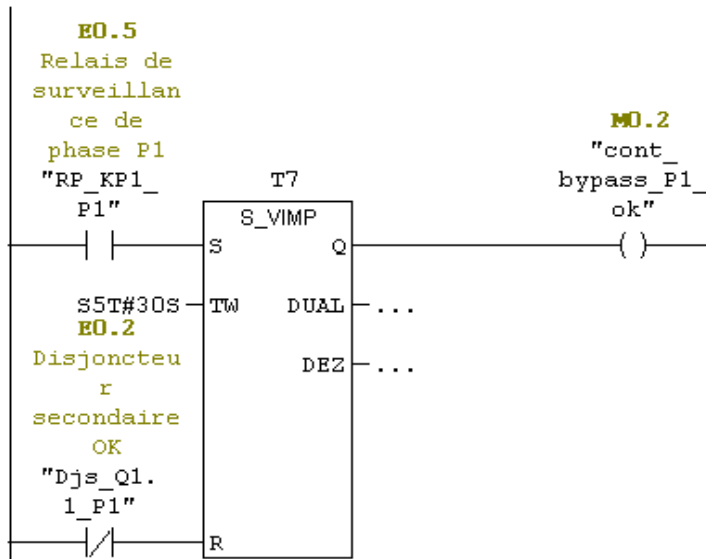
Réseau 1: conditions de validation du démarrage et arrêt de la pompe 1

Commentaire :



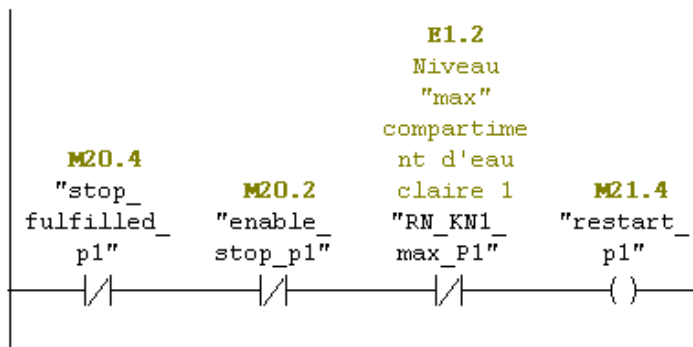
Réseau 2 : déclencher le disjoncteur secondaire1 en cas de défaut de phases

Commentaire :



Réseau 3 : redémarrer la pompe 1 si le niveau du compartiment est max

Commentaire :



La deuxième partie : Test et simulation du programme

V-2 Simulation avec le logiciel de simulation S7-PLCSIM

Le logiciel de simulation nous permet d'exécuter et de tester le programme dans un système d'automatisation qu'on simule dans un ordinateur ou dans une console de programmation (par exemple une Power PG). La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP 7, il n'est pas nécessaire qu'on soit connecté à un matériel S7 quelconque (CPU ou modules de signaux). La CPU S7 simulée permet de tester les programmes destinés aussi bien aux CPU S7-300, et de remédier à d'éventuelles erreurs. Cette

application dispose d'une interface simple, permettant de surveiller et de modifier les différents paramètres utilisés par le programme (comme par exemple d'activer ou de désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans la CPU simulée, on a en outre la possibilité de mettre en œuvre les différentes applications du logiciel STEP 7, comme par exemple le test de bloc afin de visualiser les variables d'entrées et de sorties.

V-3 Etats de fonctionnement de la CPU

La CPU 314 de l'automate S7 -300 présente trois états de fonctionnement qui sont :

1) Etat de marche (RUN-P)

La CPU exécute le programme tout en nous permettant de le modifier. Afin de pouvoir utiliser les applications de STEP 7, la CPU doit être à l'état « RUN-P » pour pouvoir utiliser les fenêtres créées dans l'application de simulation de modules S7-PLCSIM et pour modifier une donnée quelconque utilisée par le programme.

2) Etat de marche (RUN)

La CPU exécute le programme en lisant les entrées, exécutant le programme, puis en actualisant les sorties. Par défaut, lorsque la CPU se trouve à l'état de marche (RUN), on ne peut pas charger aucun programme, ni utiliser les applications de STEP 7 pour forcer un paramètre quelconque (comme les valeurs d'entrées).

3) Etat d'arrêt (STOP)

La CPU n'exécute pas le programme. Contrairement à l'état d'arrêt (STOP) des CPU réelles, les sorties ne prennent pas de valeurs prédéfinies, mais conservent l'état auquel elles étaient lorsque la CPU est passée à l'état d'arrêt (STOP). Vous pouvez charger des programmes dans la CPU lorsqu'elle est à l'arrêt. Le passage de l'état d'arrêt (STOP) à celui de marche (RUN) démarre l'exécution du programme à partir de la première opération.

4) Effacement général de la CPU


Avant de charger le programme dans l'AP de simulation, il est recommandé d'effectuer un effacement général de la CPU afin de s'assurer qu'elle ne contient plus d'anciens blocs. L'effacement général doit s'effectuer dans le mode de marche « STOP ».

La commande effacement général se retrouve dans le menu

Système cible —> **Etat de fonctionnement** —> **Effacement général.**



V-4 Mise en route du logiciel S7-PLCSIM

Le mode de simulation est disponible à partir du gestionnaire de projets SIMATIC à condition qu'aucune liaison à des API réels ne soit établie. La Procédure à suivre est la suivante :

➤ Cliquer sur  ou sélectionner la commande **Outils** —> **Simulation de modules**. Cela lance l'application « S7-PLCSIM » et ouvre une fenêtre « CPU ».

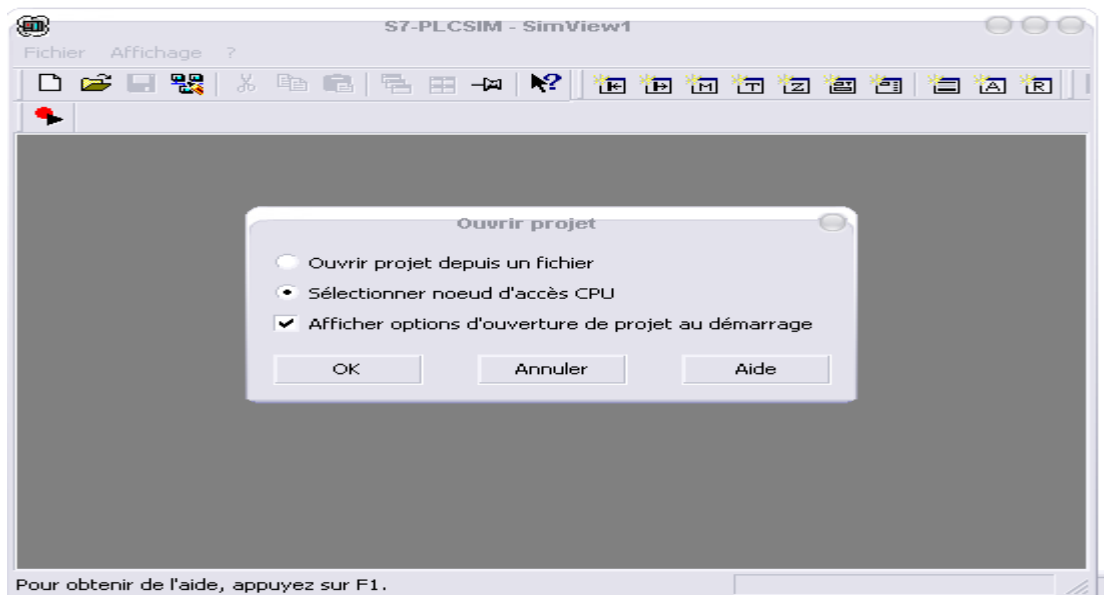
➤ Dans le gestionnaire de projets SIMATIC, cliquer sur  ou choisir la commande **Système cible** —> **Charger** pour charger les Blocs dans l'API de simulation.

Après avoir exécuté le logiciel « S7-PLCSIM » et charger les blocs dans le simulateur, on crée des fenêtres d'affectation d'entrées et celles de visualisation de sortie de la manière suivante :

- Choisir le menu « **CPU** » dans S7-PLCSIM et vérifier qu'un point noir (•) apparaît à côté de « **Mettre sous tension** ».
- Choisir la commande **Exécution** —> **Mode d'exécution** et vérifier qu'un point noir (•) apparaît à côté de **Cycle continu**.
- Mettre la CPU de simulation en marche en cliquant sur l'une des cases à cocher « **RUN** » ou « **RUN-P** ».
- Cliquer sur  ou sélectionner la commande « **Insertion** —> **Entrée** » pour afficher une fenêtre du module d'entrée « **MB0** » (d'octet 0), puis cocher la case 0-2-4.
- Cliquer sur  ou sélectionner la commande « **Insertion** —> **Sortie** » pour afficher une seconde fenêtre du module de sortie «**MB8**».

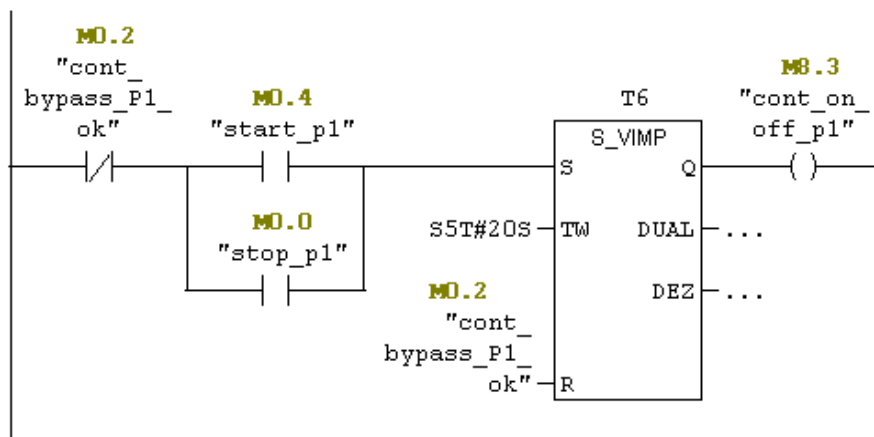
Une fois que toutes les fenêtres d'entrée et de sortie sont prêtes, on active quelques entrées pour savoir l'état des sorties. Dans notre cas on utilise une fenêtre d'entrée «**MB0** » et une fenêtre de sortie « **MB8** » pour la simulation de la pompe 1.

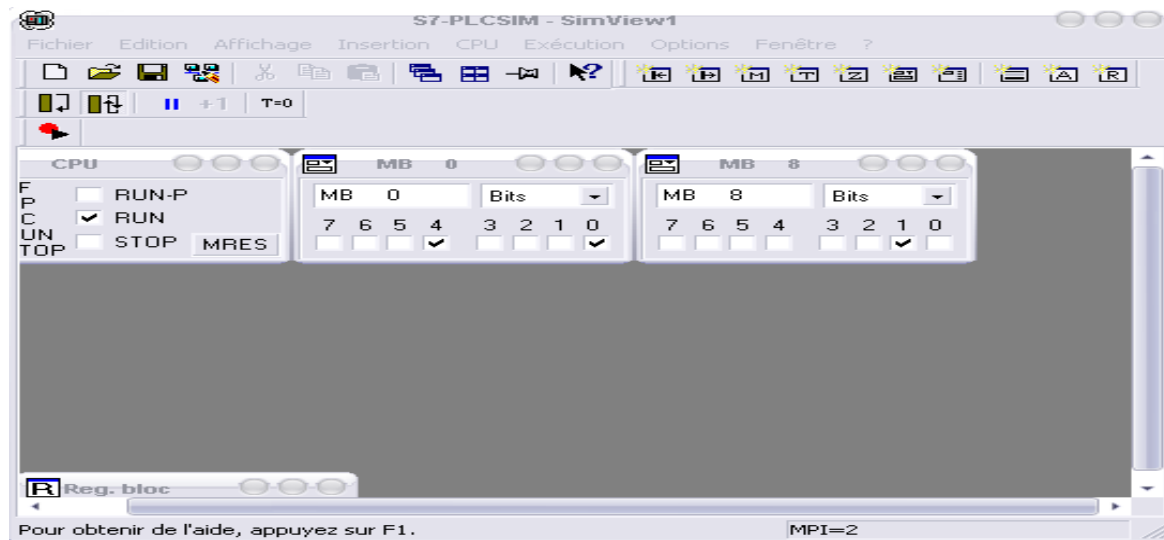
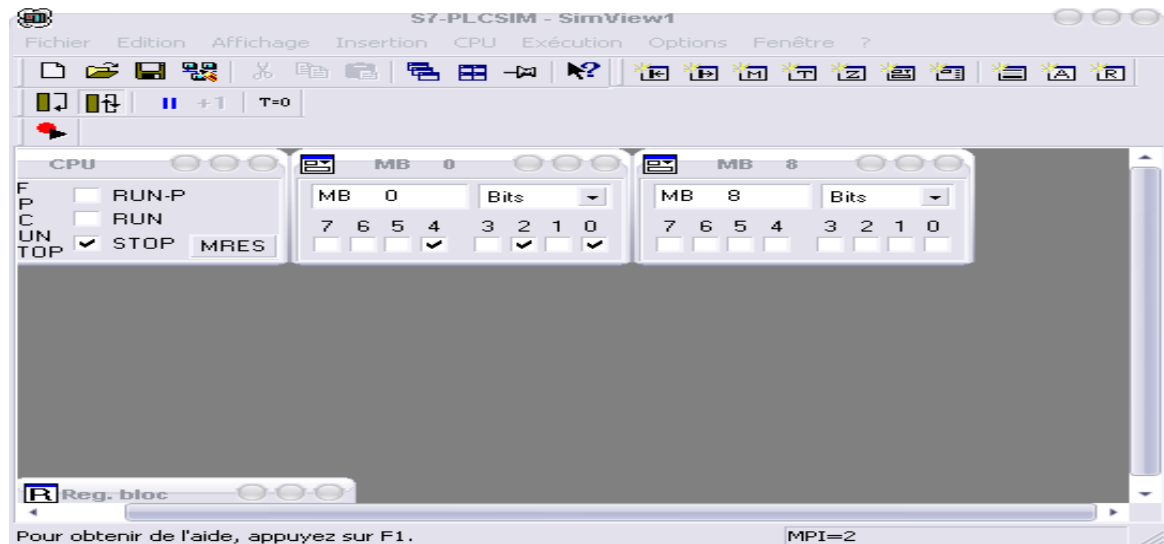
➤ Exemple de simulation

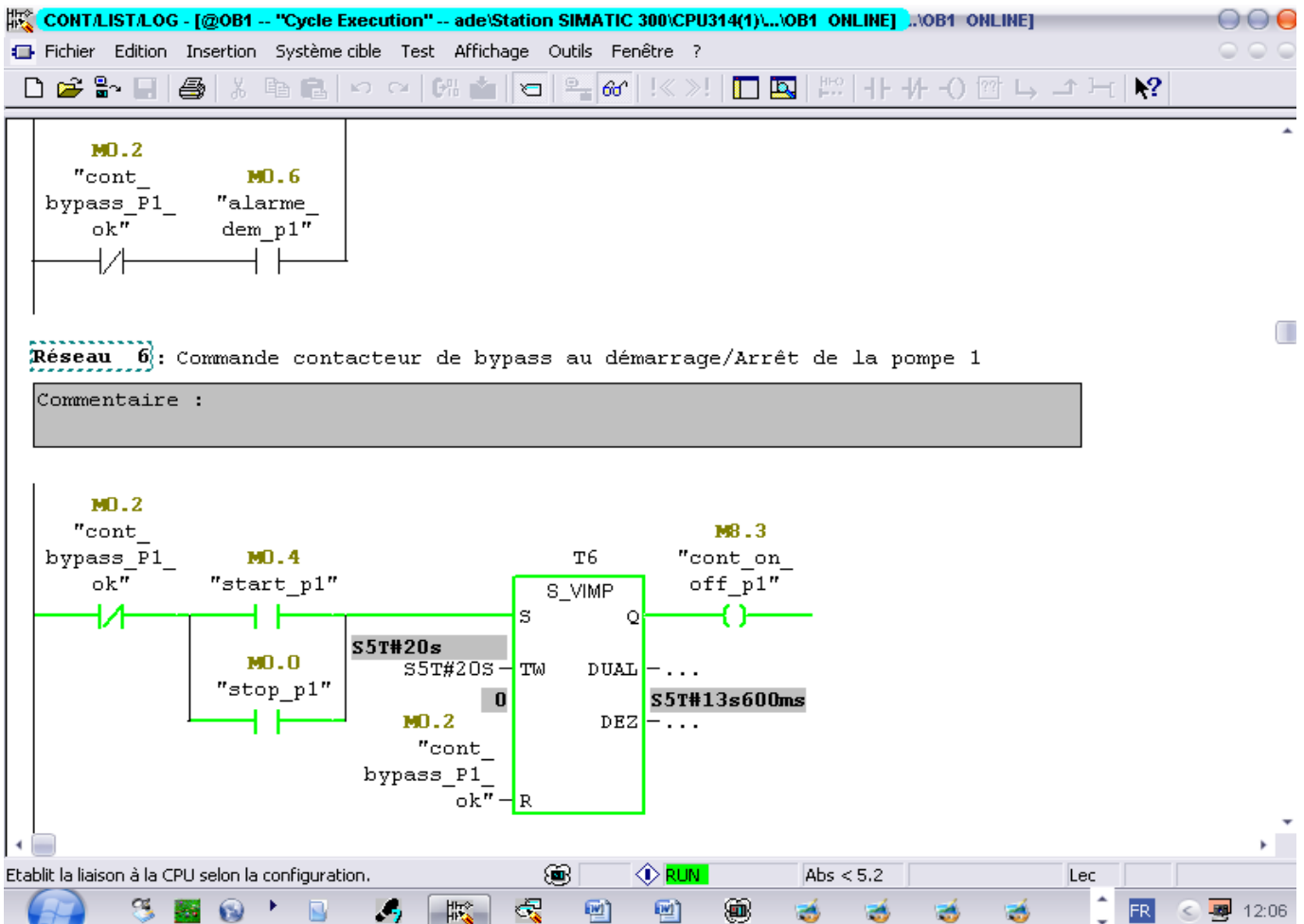


Réseau 6: Commande contacteur de bypass au démarrage/Arrêt de la pompe 1

Commentaire :







Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pu élaborer un programme avec le STEP7 et nous avons conçu une solution d'automatisation structurée pour mettre le démarreur progressif en œuvre, puis nous avons simulé ce programme avec le logiciel PLC-SIM qui nous a permis de visualiser le comportement des sorties qui s'est présenté avec succès.



CONCLUSION

GÉNÉRALE

Conclusion générale

Le stage pratique que nous avons effectué au niveau de la station de traitement de « TAKSEBT », nous a permis de connaître le processus de traitement d'eau afin de la rendre potable, comme nous l'avons vu ,celui-ci n'est pas simple mais prouve son importance pour la vie quotidienne de la population.

Nous nous sommes familiarisés avec l'environnement professionnel, nous avons constaté l'immense responsabilité qui pèse sur les épaules de l'équipe technique chargée de l'exploitation et de la maintenance.

Nous avons pu toucher pratiquement à la technologie classique (capteur...) et la technologie moderne (automate, démarreur ...)

Nous nous sommes initié à :

- La programmation avec le langage de programmation avec STEP7.
- La configuration de l'automate programmable S7-300.
- La simulation de programme avec S7-PLCSIM.

Nous avons étudié différents éléments constituant la commande classique et nous avons amélioré le système existant avec une nouvelle installation conçue avec des démarreurs ralentisseurs progressifs. L'amélioration apportée a été l'objectif essentiel de notre travail pour un bon fonctionnement à long terme.

Nous avons établi un programme avec le STEP7 et nous avons fait une simulation avec le logiciel de simulation S7-PLCSIM.

Enfin, nous espérons que notre travail sera d'un grand apport pour la station de « TAKSEBT » et les promotions à venir.



BIBLIOGRAPHIE



Bibliographie

Ouvrages

-Electronique de puissance

H. BULER EDITION DUNOD, paris

-Documentation interne du bureau de maintenance, sur les pompes et la commande classique.

-Documentation interne de bureau de maintenance, sur l'équipement industriel de la station de traitement d'eau.

-George Asch « Capteur en instrumentation », de notre bibliothèque.

-Manuel utilisateur « **GE Power Controls** ».

Compact Disk (CD)

-Documentation Simatic français

-Logiciel STEP 7 version 5.3.

-Automation & Driver de siemens.

-Simatic manuel collection.

-Logiciel de simulation PLC SIM 5.3.

Thèses

-Elaboration d'une solution d'automatisation en « Configuration décentralisée » de la station de traitement des eaux de « TAKSEBT » par A.TEBANI et N.RAMMOUNI en « 2004 ».

-Configuration d'un système HMI (Homme Machine Interface) d'une station de traitement d'eau potable de l'ADE « TAKSEBT » par F.NAHI et C.ZIANE en « 2005 ».

-Développement d'une solution programmable et supervision à base d'un API S7-300 de la station de conditionnement du lait
Par N.MAHMOUDI et D.AHMED OUAMER en « 2008 ».

-Conception et réalisation d'un CYCLONVERTISSEUR TRIPHASE à base du Microcontrôleur 80C51 en « 1999 ».

Sites Internet

-www.Siemens.com/automation/Service&support



ANNEXES

1. Réservoir de Flocculation et de Sédimentation

Nombre d'unités : 6
Capacité : 120m³
Compartiment de flocculation : 2,4*2,4*2,4 m
Compartiment de sédimentation : 1,5m

2. Pompes intermédiaires

Nombre d'unités : 6
Fabricant : Ritz
Capacité : 120m³/h
Hauteur de refoulement : 32m

La plaque signalétique des moteurs traînant les pompes de la station de traitement d'eau

Tension	Fréquence (Hz)	Courant (A)	Puissance (KW)	Cosφ	1/min
400 V Δ	50	56	30	0.85	1465
690V Y	60				
460V Δ		56	34.5	0.85	1765

3. Les filtres horizontaux

Nombre : 6
Débit : 120-115 m³/h
Débit de lavage : Deux filtres fournissent 230m³
Pression de lavage : 3.5 bars

Matériel : acier

1. Produits chimiques

a. Réservoir de dosage

Nombre : 2
Volume : 600m³
Hauteur du réservoir : 1358mm

- **Agitateur électrique**

Nombre : 2
Moteur : 168 tr/min ; 0,55 KW

- **Pompe de dosage**

Nombre : 2
Puissance : 0.25Kw
Tension : 400v, 50 Hz

2. Réducteur de pression

Diamètre nominal : DN 25
Vanne électromagnétique : DN 25
Tension : 230v /50Hz

3. Définition Périphérique de communication extérieur le pupitre opérateur (OP7) :

Ce périphérique (**OP7**) est destiné à la supervision et à la maîtrise du fonctionnement des machines et des installations, il permet aussi d'exécuter des fonctions de diagnostic sur l'installation depuis le pupitre de l'opérateur.

Le logiciel de configuration et de supervision innovant **SIMATIC WIN CC**.

(Voir Figure)



Opérateur panel (OP7)

7. Présentation des éléments de l'OP7

a. Afficheur :

L'OP7 est équipé d'un écran à cristaux liquides contrasté largement dimensionné, lumineux à base d'une **LED**, idéal pour la conduite et la supervision : alphanumérique ou graphique, Il est de capacité d'affichage de **4 lignes de 20 caractères**.

b. Touches programmables 'touches de fonction' :

Ces touches sont utilisées en tant que touches programmables .Chaque touche est associée à une fonction qui varie en fonction du menu (image) affiché à l'écran. Ces touches sont de nombres Huit (de F1 à F4 et K1 à K4)

Annexe A Les données techniques des composants de la station et l'OP7

c. Touches systèmes :

Ce sont des touches permettant d'introduire des données sur l'OP7. On distingue deux types :

d. Touches numériques (touches de saisie) : elles sont utilisées pour introduire des caractères numériques et alphanumériques.

e. Touches de commande : elles gèrent des données et des menus de l'OP7.

Le tableau ci-dessous donne les fonctions des différentes touches système.

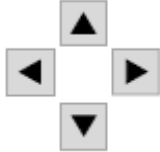
Touches	Fonction
	Ce sont des touches curseur qui permettent de déplacer le curseur dans toutes les directions.
HELP	Cette touche permet d'afficher un texte d'aide.
DEL	Permet d'effacer le caractère situé à l'emplacement.
SHIFT	Active la deuxième fonction des touches (K1-K4).
ESC	Cette touche permet : <ul style="list-style-type: none">▪ Annuler les entrées tant qu'elles ne sont pas validées par la touche ENTER▪ Retourner à la cible amont configurée au sein d'une
ENTER	Son rôle est : <ul style="list-style-type: none">▪ Valide la donnée et termine la saisie▪ Effectue le passage du niveau message au niveau image
ACK	Acquitter les messages d'alarme.

Tableau Présentation des touches de l'OP7

f. Visualisation et commande de processus

La visualisation de l'état du processus et sa commande sont les fonctions de bases d l'OP7 cela se fait par l'intermédiaire des données introduites et configurées sur le clavier.

➤ Les images

Les images représentent les composants centraux utilisés dans l'installation, qui permettent la visualisation du processus ou les machines, ainsi créer des bases à partir de lesquelles on commande la machine ou le processus.

➤ Les messages d'événements

Ils indiquent des états normaux de fonctionnement et du déroulement du processus.

➤ Les messages d'alarmes

Ils indiquent les états critiques ou dangereux de fonctionnement du processus, ces messages demandent une réaction de l'opérateur sous forme d'un acquittement.

➤ Les recettes

C'est un ensemble de variables pour une certaine application. Le but de la recette est de transmettre à l'automate les données.

Une synchronisation est établie entre l'OP7 et l'API.

➤ Les langues

Sur le pupitre, on peut charger jusqu'à trois des langues suivantes :

Anglais ; Français ; Allemand ; Italien ; Espagnol et Russe.

➤ Les textes d'aides

Ce sont des informations complémentaires et des guides opérateurs qui configurent sur les messages d'événements, les messages d'alarme et les images.

1- Capacité d'extension du S7-300 :

La configuration globale d'un S7-300 admet jusqu'à 32 modules, configuration maximale sur quatre châssis soit 8 modules au maximum par châssis (rail profilé). (Voir figure ci-dessous)

Aucune règle d'emplacement ne s'applique pour les modules de signaux, les modules de fonctions et les processeurs de communication. Ils peuvent donc être montés à un emplacement quelconque (sauf pour les châssis d'extension avec coupleur IM 365).

Numéro d'emplacement :

➤ Emplacement 1 à 3 (affectation fixe) :

- Emplacement 1 : PS (alimentation).
- Emplacement 2 : CPU (unité centrale).
- Emplacement 3 : IM (coupleur).

➤ Emplacement 4 à 11 : (affectation libre) :

SM (module de signaux), FM (module de fonction), Cp (processeur de communication) enfichable à placement quelconque.



Configuration maximale d'un S7-300 / CPU 314.

Numéro emplacement : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

(1) : le châssis 0 (châssis de base).

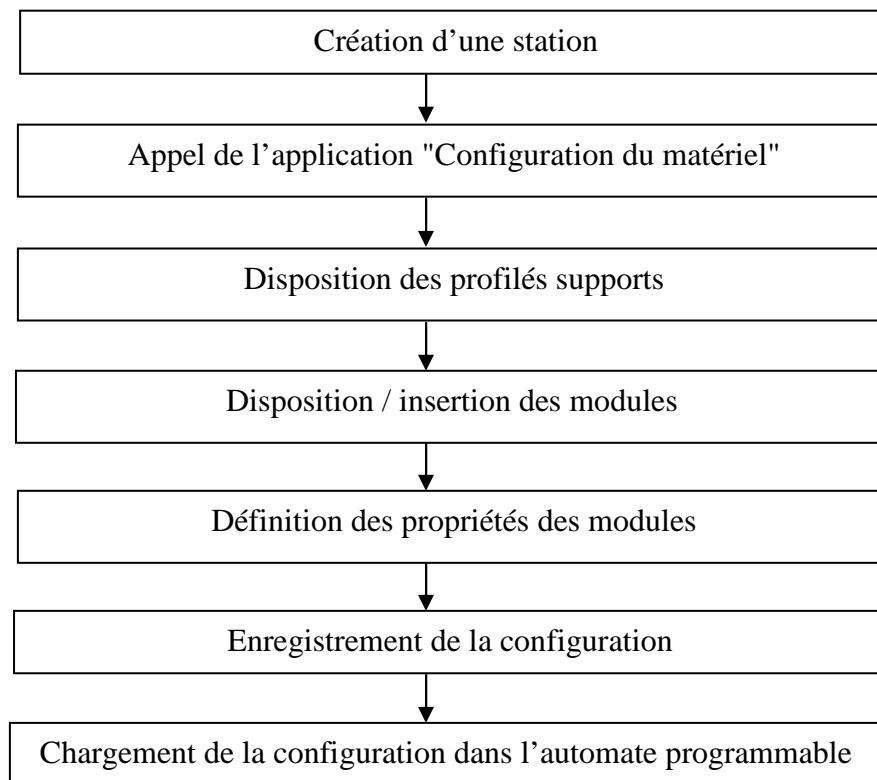
(2) : le châssis 1 (châssis d'extension).

(3) : le châssis 2 (châssis d'extension).

(4) : le châssis 3 (châssis d'extension).

2-Lancement d'un projet Simatic:

Pour configurer et paramétrer une installation, après l'ouverture ou la création d'un projet dans SIMATIC Manager on doit procéder aux étapes suivantes :



Procédure de configuration et de paramétrage d'une installation.

5- Création d'une station « SIMATIC » :

L'assistant étant lancé, cette première fenêtre s'ouvre à l'écran. C'est la fenêtre d'introduction de l'assistant.



Fenêtre assistant de STEP 7.

Cliquer sur « **Suivant** »:

Cette seconde fenêtre prend la place de la fenêtre précédente. C'est la première des trois fenêtres de configuration du projet. On choisit le modèle de CPU de l'automate à programmer (figure 12). Nous utilisons la CPU314. On la sélectionne parmi la liste du menu déroulant.



Fenêtre choix de CPU.

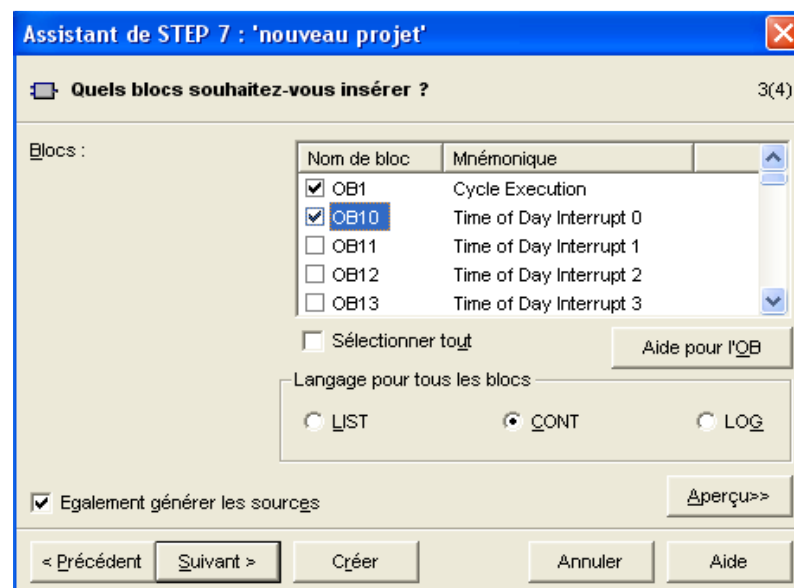
Cliquer sur « **Suivant** » :

Cette troisième fenêtre (Figure13) apparaît alors. C'est la deuxième fenêtre de configuration du projet.

Il faut choisir les blocs d'organisations à utiliser. L'automate programmable exécute la séquence suivante de façon répétitive, tant qu'il est en mode d'exécution :

- Lecture de l'état des entrées (pour savoir l'état logique des capteurs, des boutons, ...).
- Exécution complète du bloc OB1.
- Écriture de l'état des sorties obtenues suite à l'exécution du bloc OB1 (pour allumer des voyants, démarrer des moteurs...).

-Il faut aussi choisir le langage de programmation. L'automate nous permet de le programmer selon les trois langages suivants : LIST, CONTACTE, LOGIGRAMME.



Fenêtre choix des blocs d'organisationnels à utiliser.

Mnémonique	Operand	Type de données	Commentaire
stop_p1	M 0.0	BOOL	
stop_motor_p2	E 20.7	BOOL	
STOP_led_p1	M 8.1	BOOL	
stop_fulfilled_p6	M 24.1	BOOL	
stop_fulfilled_p5	M 24.0	BOOL	
stop_fulfilled_p4	M 23.7	BOOL	
stop_fulfilled_p3	M 23.6	BOOL	
stop_fulfilled_p2	M 21.0	BOOL	
stop_fulfilled_p1	M 20.4	BOOL	
starts_nbr_p1	M 12.0	BOOL	
start_p1	M 0.4	BOOL	
start_motor_p6	E 23.5	BOOL	
start_motor_p5	E 23.4	BOOL	
start_motor_p4	E 23.3	BOOL	
start_motor_p3	E 23.2	BOOL	
start_motor_p2	E 20.5	BOOL	
start_Led_p1	M 8.0	BOOL	
start_fulfilled_p6	E 23.1	BOOL	
start_fulfilled_p5	E 23.0	BOOL	
start_fulfilled_p4	E 22.7	BOOL	
start_fulfilled_p3	E 22.6	BOOL	
start_fulfilled_p2	E 20.6	BOOL	
start_fulfilled_p1	E 20.3	BOOL	

S4.6_P6	E	13.4	BOOL	Bouton reset maintenance
S4.5_P5	E	12.0	BOOL	Bouton reset maintenance
S4.4_P4	E	10.4	BOOL	Bouton reset maintenance
S4.3_P3	E	9.0	BOOL	Bouton reset maintenance
S4.2_P2	E	7.4	BOOL	Bouton reset maintenance
S4.1_P1	E	6.0	BOOL	Bouton reset maintenance
S3.6_P6	E	12.4	BOOL	Bouton Arrêt d'urgence
S3.5_P5	E	11.0	BOOL	Bouton Arrêt d'urgence
S3.4_P4	E	9.4	BOOL	Bouton Arrêt d'urgence
S3.3_P3	E	8.0	BOOL	Bouton Arrêt d'urgence
S3.2_P2	E	6.4	BOOL	Bouton Arrêt d'urgence
S3.1_P1	E	0.3	BOOL	Bouton Arrêt d'urgence
S2.6_P6	E	12.2	BOOL	Bouton Pompe Arrêt (avec LED)
S2.5_P5	E	10.6	BOOL	Bouton Pompe Arrêt (avec LED)
S2.4_P4	E	9.2	BOOL	Bouton Pompe Arrêt (avec LED)
S2.3_P3	E	7.6	BOOL	Bouton Pompe Arrêt (avec LED)
S2.2_P2	E	6.2	BOOL	Bouton Pompe Arrêt (avec LED)
S2.1_P1	E	0.1	BOOL	Bouton Pompe Arrêt (avec LED)
S1.6_P6	E	12.1	BOOL	Bouton Pompe Marche (avec LED)
S1.5_P5	E	10.5	BOOL	Bouton Pompe Marche (avec LED)
S1.4_P4	E	9.1	BOOL	Bouton Pompe Marche (avec LED)
S1.3_P3	E	7.5	BOOL	Bouton Pompe Marche (avec LED)
S1.2_P2	E	6.1	BOOL	Bouton Pompe Marche (avec LED)
S1.1_P1	E	0.0	BOOL	Bouton Pompe Marche (avec LED)
RP_KP6_P6	E	12.5	BOOL	Relais de surveillance de phase P6

RP_KP5_P5	E	11.1	BOOL	Relais de surveillance de phase P5
RP_KP4_P4	E	9.5	BOOL	Relais de surveillance de phase P4
RP_KP3_P3	E	8.1	BOOL	Relais de surveillance de phase P3
RP_KP2_P2	E	6.5	BOOL	Relais de surveillance de phase P2
RP_KP1_P1	E	0.5	BOOL	Relais de surveillance de phase P1
RN_KN6_min_p6	E	13.1	BOOL	Niveau "min" compartiment d'eau claire 6
RN_KN6_max_P6	E	13.2	BOOL	Niveau "max" compartiment d'eau claire 6
RN_KN5_min_p5	E	11.5	BOOL	Niveau "min" compartiment d'eau claire 5
RN_KN5_max_P5	E	11.6	BOOL	Niveau "max" compartiment d'eau claire 5
RN_KN4_min_p4	E	10.1	BOOL	Niveau "min" compartiment d'eau claire 4
RN_KN4_max_P4	E	10.2	BOOL	Niveau "max" compartiment d'eau claire 4
RN_KN3_min_p3	E	8.5	BOOL	Niveau "min" compartiment d'eau claire 3
RN_KN3_max_P3	E	8.6	BOOL	Niveau "max" compartiment d'eau claire 3
RN_KN2_min_p2	E	7.1	BOOL	Niveau "min" compartiment d'eau claire 2
RN_KN2_max_P2	E	7.2	BOOL	Niveau "max" compartiment d'eau claire 2
RN_KN1_min_p1	E	1.1	BOOL	Niveau "min" compartiment d'eau claire 1
RN_KN1_max_P1	E	1.2	BOOL	Niveau "max" compartiment d'eau claire 1
restart_p6	M	22.1	BOOL	
restart_p5	M	22.0	BOOL	
restart_p4	M	21.7	BOOL	
restart_p3	M	21.6	BOOL	
restart_p2	M	21.5	BOOL	
restart_p1	M	21.4	BOOL	
reset_maint_p1	M	0.5	BOOL	
RC_Ks6_P6	A	12.5	BOOL	Déclencher disjoncteur secondaire 6

RC_Ks5_P5	A	11.1	BOOL	Déclencher disjoncteur secondaire 5
RC_Ks4_P4	A	9.5	BOOL	Déclencher disjoncteur secondaire 4
RC_Ks3_P3	A	8.1	BOOL	Déclencher disjoncteur secondaire 3
RC_Ks2_P2	A	6.6	BOOL	Déclencher disjoncteur secondaire 3
RC_Ks1_P1	A	0.4	BOOL	Déclencher disjoncteur secondaire 1
RC_Kg1_P1	A	0.5	BOOL	Déclencher disjoncteur principal
RC_K3.6_P6	A	12.4	BOOL	Acquitter défaut "SIKOSTART"
RC_K3.5_P5	A	11.0	BOOL	Acquitter défaut "SIKOSTART"
RC_K3.4_P4	A	9.4	BOOL	Acquitter défaut "SIKOSTART"
RC_K3.3_P3	A	8.0	BOOL	Acquitter défaut "SIKOSTART"
RC_K3.2_P2	A	6.4	BOOL	Acquitter défaut "SIKOSTART"
RC_K3.1_P1	A	0.3	BOOL	Acquitter défaut "SIKOSTART"
RC_K2.6_P6	A	12.3	BOOL	Arrêter pompe 6
RC_K2.5_P5	A	10.7	BOOL	Arrêter pompe 5
RC_K2.4_P4	A	9.3	BOOL	Arrêter pompe 4
RC_K2.3_P3	A	7.7	BOOL	Arrêter pompe 3
RC_K2.2_P2	A	6.3	BOOL	Arrêter pompe 2
RC_K2.1_P1	A	0.2	BOOL	Arrêter pompe 1
RC_K1.6_P6	A	12.2	BOOL	Démarrer pompe 6
RC_K1.5_P5	A	10.6	BOOL	Démarrer pompe 5
RC_K1.4_P4	A	9.2	BOOL	Démarrer pompe 4
RC_K1.3_P3	A	7.6	BOOL	Démarrer pompe 3
RC_K1.2_P2	A	6.2	BOOL	Démarrer pompe 2
RC_K1.1_P1	A	0.1	BOOL	Démarrer pompe 1
RA_K20.6_P6	E	13.0	BOOL	Défaut "SIKOSTART"

RA_K20.5_P5	E	11.4	BOOL	Défaut "SIKOSTART"
RA_K20.4_P4	E	10.0	BOOL	Défaut "SIKOSTART"
RA_K20.3_P3	E	8.4	BOOL	Défaut "SIKOSTART"
RA_K20.2_P2	E	7.0	BOOL	Défaut "SIKOSTART"
RA_K20.1_P1	E	1.0	BOOL	Défaut "SIKOSTART"
RA_K10.6_P6	E	12.7	BOOL	Fin de démarrage
RA_K10.5_P5	E	11.3	BOOL	Fin de démarrage
RA_K10.4_P4	E	9.7	BOOL	Fin de démarrage
RA_K10.3_P3	E	8.3	BOOL	Fin de démarrage
RA_K10.2_P2	E	6.7	BOOL	Fin de démarrage
RA_K10.1_P1	E	0.7	BOOL	Fin de démarrage
motor_stop_p1	M	10.1	BOOL	
Motor_start_p1	M	10.0	BOOL	
Motor_Block_P6	FB	6	FB 6	Commander pompe 6
Motor_Block_P5	FB	5	FB 5	Commander pompe 5
Motor_Block_P4	FB	4	FB 4	Commander pompe 4
Motor_Block_P3	FB	3	FB 3	Commander pompe 3
Motor_Block_P2	FB	2	FB 2	Commander pompe 2
Motor_Block_P1	FB	1	FB 1	Commander pompe 1
Maint_p1	M	8.5	BOOL	
KM6_P6	A	12.1	BOOL	Enclencher/Déclencher contacteur de by-pass
KM5_P5	A	10.5	BOOL	Enclencher/Déclencher contacteur de by-pass
KM4_P4	A	9.1	BOOL	Enclencher/Déclencher contacteur de by-pass
KM3_P3	A	7.5	BOOL	Enclencher/Déclencher contacteur de by-pass
KM2_P2	A	6.1	BOOL	Enclencher/Déclencher contacteur de by-pass

KM1_P1	A	0.0	BOOL	Enclencher/Déclencher contacteur de by-pass
fin_demarage_p1	M	0.3	BOOL	
fault_siko_p1	M	0.1	BOOL	
enable_stop_p2	M	21.2	BOOL	
enable_stop_p1	M	20.2	BOOL	
enable_start_p6	M	22.5	BOOL	
enable_start_p5	M	22.4	BOOL	
enable_start_p4	M	22.3	BOOL	
enable_start_p3	M	22.2	BOOL	
enable_start_p2	M	21.1	BOOL	
enable_start_p1	M	20.1	BOOL	
enable_motor_p2	M	21.3	BOOL	
enable_motor_p1	M	20.0	BOOL	
Emergency_stop_p1	M	6.0	BOOL	
Djs_Q1.6_P6	E	12.3	BOOL	Disjoncteur secondaire OK
Djs_Q1.5_P5	E	10.7	BOOL	Disjoncteur secondaire OK
Djs_Q1.4_P4	E	9.3	BOOL	Disjoncteur secondaire OK
Djs_Q1.3_P3	E	7.7	BOOL	Disjoncteur secondaire OK
Djs_Q1.2_P2	E	6.3	BOOL	Disjoncteur secondaire OK
Djs_Q1.1_P1	E	0.2	BOOL	Disjoncteur secondaire OK
Djp_Q1.6	E	0.4	BOOL	Disjoncteur principal OK
Disj_sec_p1_off	M	8.2	BOOL	
DEM6_P6	E	13.3	BOOL	Alarme "min/max" débitmètre pompe 6
DEM5_P5	E	11.7	BOOL	Alarme "min/max" débitmètre pompe 5
DEM4_P4	E	10.3	BOOL	Alarme "min/max" débitmètre pompe 4

DEM3_P3	E	8.7	BOOL	Alarme "min/max" débitmètre pompe 3
DEM2_P2	E	7.3	BOOL	Alarme "min/max" débitmètre pompe 2
DEM1_P1	E	1.3	BOOL	Alarme "min/max" débitmètre pompe 1
DB_pompe 1	DB	1	FB 1	
Cycle Execution	OB	1	OB 1	
cont_on_off_p1	M	8.3	BOOL	
cont_KM6_P6	E	12.6	BOOL	Contacteur de by-pass OK
cont_KM5_P5	E	11.2	BOOL	Contacteur de by-pass OK
cont_KM4_P4	E	9.6	BOOL	Contacteur de by-pass OK
cont_KM3_P3	E	8.2	BOOL	Contacteur de by-pass OK
cont_KM2_P2	E	6.6	BOOL	Contacteur de by-pass OK
cont_KM1_P1	E	0.6	BOOL	Contacteur de by-pass OK
cont_bypass_P1_ok	M	0.2	BOOL	
alarme_dem_p1	M	0.6	BOOL	
Acquitter_Siko_p1	M	8.4	BOOL	
DB_pompe 2	DB	2	DB 2	
DB_pompe 3	DB	3	DB 3	
DB_pompe 4	DB	4	DB 4	
DB_pompe 5	DB	5	DB 5	
DB_pompe 6	DB	6	DB 6	
LS1.1_P1	A	0.6	BOOL	Led Pompe Marche
LS1.2_P2	A	6.7	BOOL	Led Pompe Marche
LS1.3_P3	A	8.2	BOOL	Led Pompe Marche
LS1.4_P4	A	9.6	BOOL	Led Pompe Marche
LS1.5_P5	A	11.2	BOOL	Led Pompe Marche

LS1.6_P6	A	12.6	BOOL	Led Pompe Marche
LS2.1_P1	A	0.7	BOOL	Led Pompe Arrêt
LS2.2_P2	A	7.0	BOOL	Led Pompe Arrêt
LS2.3_P3	A	8.3	BOOL	Led Pompe Arrêt
LS2.4_P4	A	9.7	BOOL	Led Pompe Arrêt
LS2.5_P5	A	11.3	BOOL	Led Pompe Arrêt
LS2.6_P6	A	12.7	BOOL	Led Pompe Arrêt
LS4.1_P1	A	1.0	BOOL	Led Pompe Maint
LS4.2_P2	A	7.1	BOOL	Led Pompe Maint
LS4.3_P3	A	8.4	BOOL	Led Pompe Maint
LS4.4_P4	A	10.0	BOOL	Led Pompe Maint
LS4.5_P5	A	11.4	BOOL	Led Pompe Maint
LS4.6_P6	A	13.0	BOOL	Led Pompe Maint