

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mouloud MAMMARI, Tizi-Ouzou**



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

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

En vue de l'obtention du diplôme

*de MASTER PROFESSIONNEL EN AUTOMATIQUE  
OPTION : INFORMATIQUE INDUSTRIELLE*

*Thème*

**Commande et contrôle d'une périphérie  
décentralisée (chaine d'adduction AZEFFOUN)**

Proposé par : M.SAIDJ.H

Présenté par :

M<sup>elle</sup> : OULDFELLA Hassina

M<sup>elle</sup> : NAIT ALI Ferroudja

Dirigé par : M.TOUAT.M.A

Soutenu le : 24 /06 /2013

*Promotion 2013*

Ce travail a été préparé au sein de l'entreprise internationale SNC-LAVALIN ayant son siège à la station de traitement des eaux, barrages de TAKSEBT, Oued Aissi, TIZI-OUZOU.

# Sommaire

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

## **CHAPITRE I : Description de la station taksebt**

I) Présentation du barrage de TAKSEBT.....	3
I-1) Station de pompage .....	4
I-2) La station de traitement .....	4
II) Description du projet.....	5
III) Cahier des charges .....	8
IV) Description de la solution proposée.....	11
IV-1) Conclusion.....	11

## **CHAPITRE II : Choix des instruments**

I) Partie commande(PC).....	13
II) Partie opérative(PO).....	13
III) capteurs .....	13
III-1) Débitmètre électromagnétique.....	14
III-2) Transmetteur de débit .....	17
III-3) Transmetteur de pression.....	17
IV) Les vannes .....	20
IV-1) Vanne de garde manuelle TOR (tout ou rien): .....	20
IV-2) Vanne de service motorisée.....	22
IV-3) Vanne de régulation.....	23
IV-4) Le servomoteur.....	24
IV-5) Description des régulateurs .....	29
IV-5-1) Régulateur PID.....	29
IV-5-2) Conclusion .....	32

## **CHAPITRE III : Modélisation par l’outil Grafset**

I)Gestion des modes : .....	34
I-1) Les modes de production d’un système : .....	34
I-2) L’exploitation du système par un opérateur.....	34
I-3) Les procédures d’arrêts et de mise en sécurité.....	34
II) Définition du GEMMA .....	35
II-1) Les procédures d'arrêt ou les états (A) : .....	36

II-2) Les procédures de fonctionnement ou états (F) .....	37
II-3) Les procédures de défaillances ou états (D) : .....	38
II-4) Mode d'emploi du GEMMA : .....	39
II-5) Objectif et domaines d'application .....	39
II-6) Le gemma de notre système : .....	40
III) Passage du GEMMA à une spécification GRAFCET .....	41
III-1) Définition du GRAFCET : .....	41
III-2) Symbolisation du GRAFCET : .....	41
III-3) Règles d'évolution du GRAFCET .....	42
III-4) Structures d'un GRAFCET .....	43
III-5) Modes de marches .....	45
III-6) Niveaux du GRAFCET : .....	45
III-7) Hiérarchisation : .....	46
IV) Modélisation par GRAFCET : .....	46
IV-1) Explication du GRAFCET : .....	49
IV-2) Conclusion.....	49

#### **Chapitre IV : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans contrôle**

I) Bases des entrées /sorties : .....	51
I-1) Gamme de l'automate choisie .....	52
I-2) Introduction aux réseaux de terrain .....	54
II) Différentes structures de commande automatique .....	58
III) Programmation avec le SIMATIC STEP7.....	60
III-1) Progiciel STEP7 .....	60
III-2) Principe de conception d'une solution de programmation .....	60
III-3) Structure du programme .....	64
III-4) La régulation.....	70
III-5) Realisation du régulateur PID sous step 7 .....	72
III-6) Chargement du programme .....	76
IV) Système de supervision SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).....	76
IV-1) Définition.....	76
IV-2) Décomposition d'un système SCADA.....	76
IV-3) Définition de la supervision .....	77

IV-4) Constitution d'un système de supervision.....	77
IV-5) Le logiciel de supervision WinCC .....	78
IV-6) Réalisation des vues de contrôle et de supervision .....	79
IV-7) Conclusion.....	82
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>84</b>



***Introduction générale***

# Introduction générale

---

Devant la saturation, voir la surexploitation des nappes et les besoins sans cesse croissants liés à l'évolution démographique, la satisfaction des besoins en eau (potable, irrigation et industrie) passe inévitablement par la mobilisation des eaux superficielles et la réalisation des grands transferts et la construction de barrages pour en assurer l'alimentation en continue. Le barrage de TAKSEBT fait partie de ces structures stratégiques en Algérie.

Cette construction de traitement des eaux qui appartient à L'A.N.B.T (Agence Nationale des Barrages et de transfert) a été réalisée par le leader mondial en construction et en engineering SNC-LAVALIN international. Elle permet l'acheminement de l'eau potable, à travers son réseau, à trois importantes Wilaya du centre de l'Algérie.

Actuellement, le réseau d'alimentation du flanc nord de la wilaya de Tizi-Ouzou, nécessite un renforcement. La région comporte 214 villages répartis sur huit communes. Pour ce faire, l'étude a conduit à la réalisation d'une chambre de prise à l'intérieur de la station de traitement (Taksebt). Notre travail consiste à développer une solution de commande programmable d'une périphérie décentralisée. Afin de réaliser cette commande nous avons utilisé l'automate programmable industriel S7-300 de la firme SIEMENS.

La procédure de réalisation de ce projet à été répartie en quatre chapitres :

- 1- le point de piquage pour l'extension du réseau à été déterminé entre la chambre de prise AZAZGA/FREHA et celle de BASTOS.
- 2- Pour la réalisation de cette chambre de prise AZEFFOUN plusieurs instruments utilisés déterminent la solution la plus optimale pour sa réalisation.
- 3- pour répondre aux exigences posées par l'entreprise nous avons opté dans ce mémoire pour la solution déportée (maitre/esclave) programmé sous Step7 ; Et la visualisation des résultats sous le logiciel WinCC SCADA.

Nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

# Chapitre I

*Description de la station*

*Taksebt*

# Chapitre1: Description de la station Taksebt

---

L'Agence National des Barrages et des Transferts (ANBT), en collaboration avec une société canadienne SNC-LAVALIN International, exploitent un grand barrage hydraulique sur la rivière de TAKHOUKHT et de ses dérivations : rivière d'OUED AISSI entre AIT IRATEN et AIT AISSI dans la wilaya de TIZI-OUZOU.

La station de TAKSEBT est entrée en service en 2007. Elle a été dimensionnée pour traiter un débit maximal d'eau **616 000 m<sup>3</sup>/J** [1].

## I) Présentation du barrage de TAKSEBT

Le barrage de TAKSEBT est situé à l'Oued Aissi, affluent du sébaou dans la willaya de Tizi-Ouzou, à environ 7 km au sud-est de la ville de Tizi-Ouzou et 100 km à l'est de la ville d'Alger.

La station de traitement est alimentée en eau par une station de pompage qui capte l'eau du barrage de TAKSEBT, ce dernier est alimenté par les eaux de pluie et de fonte du manteau neigeux du côté Nord du Djurdjura. De même le barrage est équipé de grands bassins collecteurs pour recevoir les eaux usées.

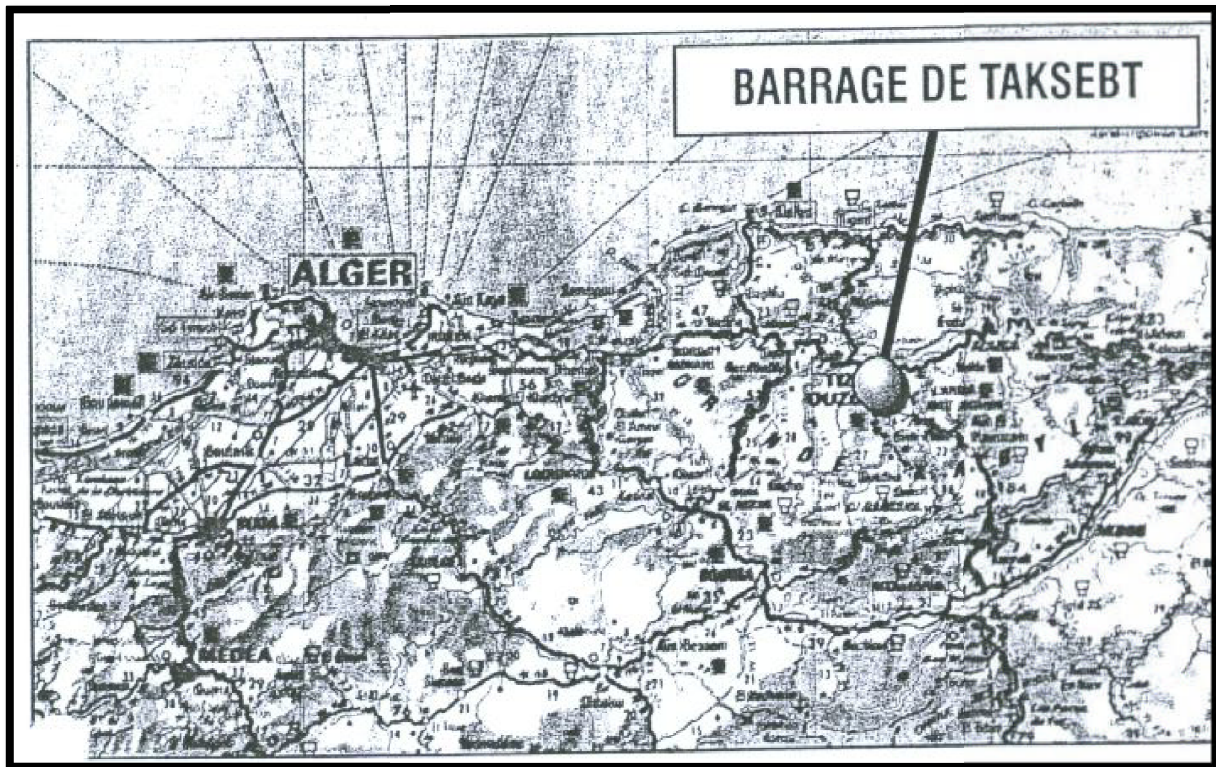
La surface du barrage est 550 ha, sa capacité moyenne est de 175 million m<sup>3</sup> destinée à l'alimentation en eau potable les régions suivantes :

- 57 million de m<sup>3</sup> pour Tizi-Ouzou ;
- 123 million de m<sup>3</sup> pour Alger.

L'infrastructure du barrage comprend :

- Une station de pompage ;
- Des tunnels de distributions ;
- Une station de traitement.

Avant que l'eau arrive aux consommateurs elle subit quotidiennement différentes étapes de traitement [1].



**Figure I.1: Localisation de Barrage de TAKSEBT (Tizi-Ouzou)**

### **I-1) Station de pompage**

Sert à Pompé l'eau du barrage à travers des tunnels de distributions vers la station de traitement.

### **I-2) La station de traitement**

A été Construite dans la région **THALA BOUNAN** dans la wilaya de **TIZI-OUZOU** elle se situe à environ **8 km** du barrage de TAKSEBT. Elle occupe une superficie de **34 ha**.

On trouve dans cette station plusieurs bâtiments, chaque bâtiment est conçu pour réaliser des fonctions spécifiques et nécessaires pour son bon fonctionnement.

- ✓ Bâtiment administratifs ;
- ✓ Bâtiment électrique ;
- ✓ Bâtiment chimie ;
- ✓ Bâtiment chaux ;
- ✓ Bâtiment mécanisme de traitement de l'eau ;
- ✓ Bâtiment chlore.

# Chapitre1: Description de la station Taksebt

---

## I-2-1) Capacité de la station

La production nominale de la station de traitement de Taksebt est de 605 000 m<sup>3</sup>/j (7 000 l/s) basée sur un approvisionnement en eau brute de 616 000 m<sup>3</sup>/j.

- Débit d'eau brute : 616 000 m<sup>3</sup>/j ;
- Volume des boues extraites des clarificateurs : 7 400 m<sup>3</sup>/j ;
- Volume des boues extraites des filtres : 3 600 m<sup>3</sup>/j ;
- Production d'eau traitée : 605 000 m<sup>3</sup>/j.

La capacité hydraulique nominale de la station est de 647 000 m<sup>3</sup>/j, prenant en compte un débit recyclé de 5% du débit d'eau brute.

Les variations de débits d'eau traitée prévues sont de :

- Débit minimum : 202 000 m<sup>3</sup>/j
- Débit moyen : 474 000 m<sup>3</sup>/j
- Débit maximum (nominale) : 605 000 m<sup>3</sup>/j [1]

## II) Description du projet

La station d'approvisionnement est conçue pour l'alimentation en eau potable des communes suivantes : FREHA, AZAZGA, DRAA-BEN-KHEDDA et le grand ALGER. Le transport se fera de façon gravitaire depuis la station de traitement jusqu'au réservoir d'eau traitée de DRAA-BEN-KHEDDA, puis l'eau est transférée à travers des conduites de fonte et tunnels jusqu'au réservoir de BOUDOUAOU.

Sur le tronçon de transfert des piquages sont opérés afin d'alimenter les villes situés sur l'axe de distribution telle que : TIZI-OUZOU, DRAA BEN KHEDDA, BOUDOUAOU...etc

La station d'approvisionnement est équipée d'un système de commande centralisée, comportant sept automates programmables Schneider reliés par un réseau Ethernet communiquant en protocole MODBUS avec un automate programmable industriel (API) Siemens, ainsi qu'un système de visualisation et de communication permettant à l'opérateur de contrôler le procédé à distance.

A présent, le flanc nord de la wilaya de Tizi-Ouzou, nécessite un renforcement pour acheminer ce liquide vital. La région comporte 214 villages répartis sur huit communes : Boudjema, Iflissen, Tizirt, Aghrib, Akerrou, Azeffoun, Aït Chaffaâ et Zekri, dont le besoin est évalué à 21.022 m<sup>3</sup>/j à l'horizon 2030. Pour ce faire, l'étude à conduit à la réalisation de 100 km de canalisation, 11 réservoirs, 06 stations de reprise, un système de télétransmission et

# Chapitre1: Description de la station Taksebt

de télémétrie et une chambre de prise a l'intérieur de la station de traitement (Taksebt). Cette dernière fera l'objet d'études dans le présent mémoire.

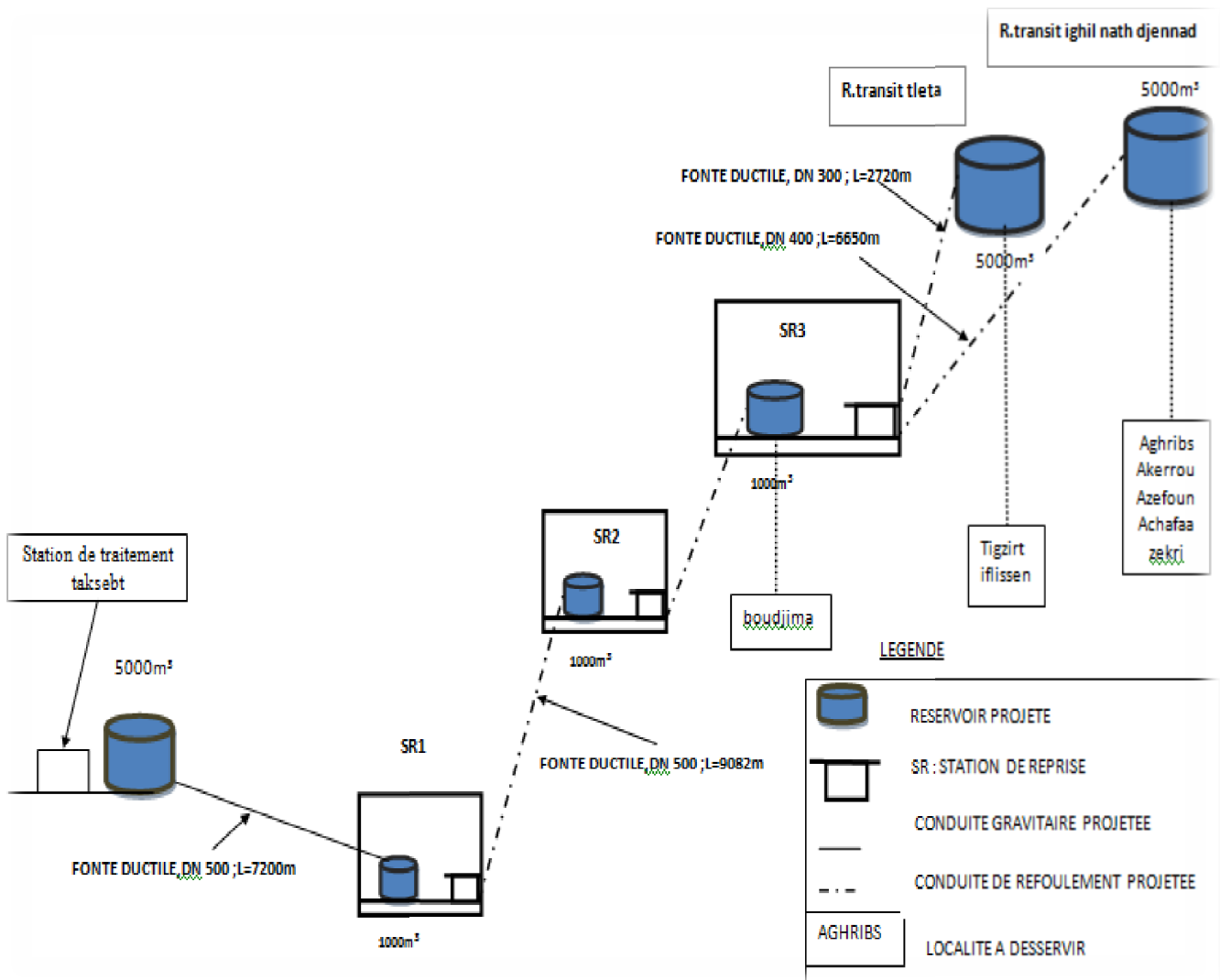


Figure I.2: chaîne de refoulement du flanc nord de la wilaya de TIZI-OUZOU

## Problématique :

La réalisation de ce projet nécessite une prise en compte de plusieurs contraintes ; Commençant par le facteur économique jusqu'au facteur technique afin d'assurer une solution optimale au problème. Dans ce qui suit nous intéressons surtout aux facteurs techniques.

La première problématique qui surgie est le choix du type de commande centralisée ou décentralisée selon des contraintes opérationnelles, la réponse à cette question nous conduit à proposer une solution au deuxième problème qui est l'emplacement de la chambre de prise AZEFFOUN. La solution apportée à ces deux questions va nous conduire à la réalisation et au choix d'équipements matériels à utiliser (instrumentation, installation).

## Chapitre1: Description de la station Taksebt

---

### a) La première solution :

Le piquage sera fait au niveau de la conduite de refoulement entre la chambre de prise AZAZGA/FREHA et celle de BASTOS c'est-à-dire une chambre de prise indépendante cotée hardware, avec une intégration dans la boucle de la télétransmission (fibre optique) qui consiste a rajouté une armoire TGBT et une armoire OTN.

TGBT : tableau général basse tension ;

OTN : open transport network.

### b) La deuxième solution :

Le piquage sera fait au même niveau, mais de rajouter une déportée décentralisée (ET200M) et de faire la communication via un **PROFIBUS** avec la **CPU** existante dans la chambre de prise AZAGA/FREHA.

Si on fait une comparaison entre les deux possibilités, on peut voir nettement que la réalisation d'une chambre propre a elle (coté hardware) nécessite une intégration dans la boucle de la télétransmission (fibre optique) et le rajout d'une armoire open transport network (OTN), du point de vue économique cette solution reviens très chère, soit sa réalisation qui nécessite une longue durée ou bien l'équipement ; de ce fait la première possibilité est écartée. L'équipe d'étude a opté pour la deuxième solution car un coupleur et des modules d'entrées/sorties suffisent, cette solution est d'un cout moindre qu'une armoire OTN et une CPU de même la durée de réalisation sera réduite.

Notre apport a la réalisation de ce projet est accentué sur la chambre de prise **AZEFOUN**, située entre la chambre de prise **FREHA/AZAZGA** et celle de **BASTOS**. Cette contribution va se limiter au développement d'une solution de commande automatique supervisée et décentralisée via un système d'interface homme machine(IHM) et des écrans de visualisations.

### II-1) L'emplacement de cette chambre de prise :

La figure suivante nous montre le point de piquage (entre la chambre de prise FREHA/AZAZGA et celle DE BASTOS).

## Chapitre1: Description de la station Taksebt

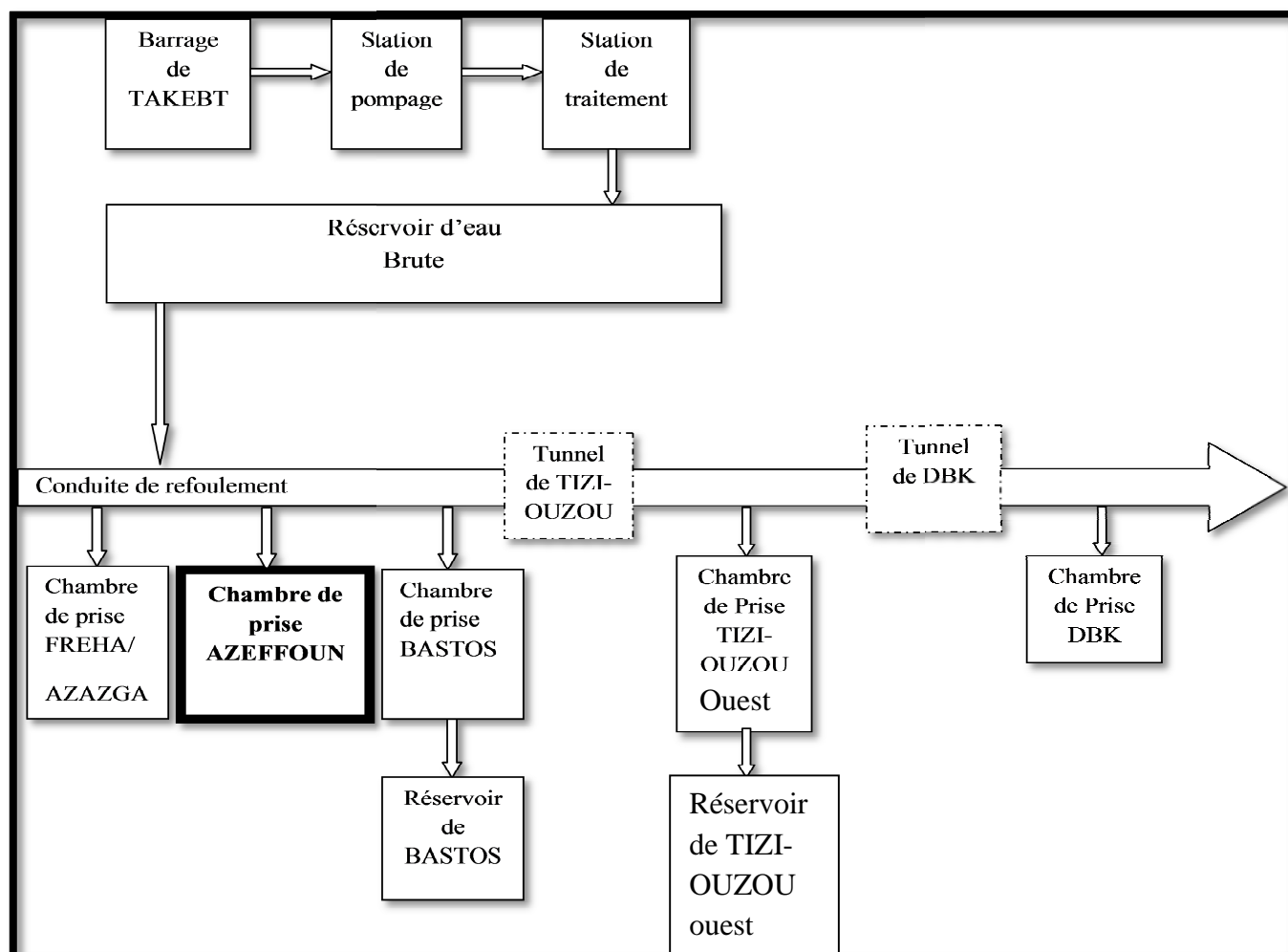


Figure I.3: Représentation de la chaîne de refoulement du secteur 1 (avec la nouvelle chambre de prise AZEFOUN)

### III) Cahier des charges

#### III-1) Partie électrique

-Réalisation d'une nouvelle prise d'alimentation en eau potable du flan nord à partir du réseau de transfert alimentant le couloir TAKSEBT /BOUDOUAOU ;

a-Installation d'une armoire électrique similaire aux armoires TGBT de tous les postes terminaux du réseau de transfert pour alimenter les vannes, les instruments (capteurs, actionneurs) et les modules d'entrées/sorties de l'automate ;

b-Installation d'une périphérie déportée **PROFIBUS –DP** à partir de l'automate pilotant le piquage FREHA-AZAZGA à une distance d'environ 380 m ;

Cette périphérie comporte les composants suivant, qui seront détaillés au chapitre quatre :

- Un coupleur IM153-1 (6ES7 153-1AA03-0XB0) ;
- Deux modules de 32 entrées digitales (6ES7 321-1BL00-0AA0) ;
- Un module de 16 sorties digitales (6ES7 322-1BH01-0AA0) ;

## Chapitre1: Description de la station Taksebt

- Deux modules de 8 entrées analogiques (6ES7 331-7KF02-0AB0) ;
- Un module de 2 sorties analogiques (6ES7 332-5HB01-0AB0).

c-Installation d'une interface homme/machine/ pupitre opérateur (IHM OP73) de Siemens sur l'armoire, d'un tableau général basse tension (TGBT) pour visualiser et commander le processus ;

d-Installation d'alarmes intrusion pour le local et une armoire électrique.

### III-2) Partie hydraulique :

- Différents équipements de la chambre de piquage voir figure (I-4)

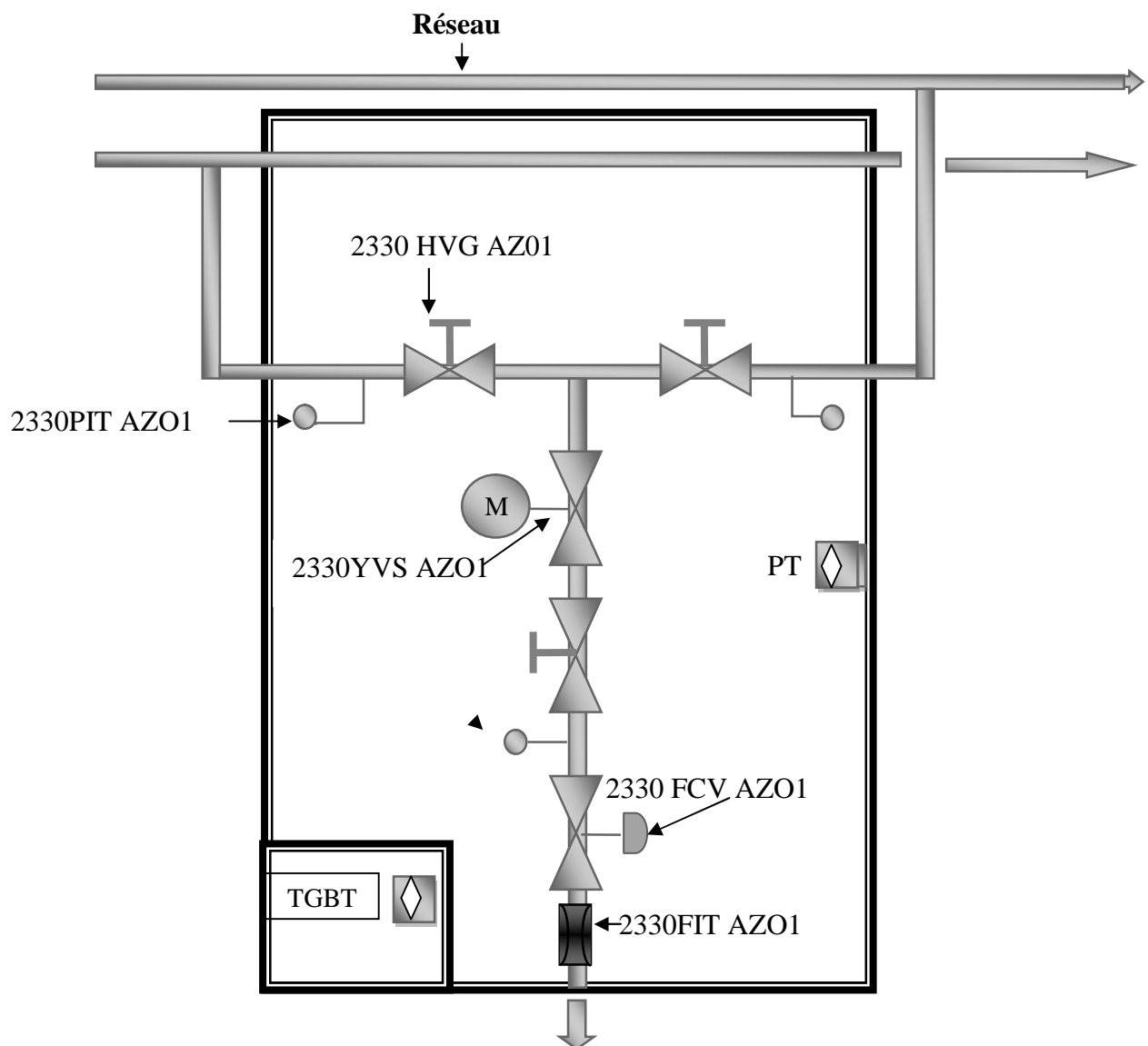


Figure I.4:représentation de la chambre de prise AZEFOUN

## Chapitre1: Description de la station Taksebt

---

- 2330 HVG AZ01 : vanne de garde manuelle avec un capteur fin de course ouvert/fermé ;
- 2330YVS AZO1 : vanne de service motorisé tout ou rien ;
- 2330 FCV AZO1: vanne de régulation avec commande analogique 4-20mA;
- 2330 PIT AZO1 : mesure de pression de 0 à10 bars ;
- 2330FIT AZO1 : débit mètre (Instrument de mesure de débit).

Ces composants seront expliquées dans le chapitre deux.

### III-3) Régulation de débit

Le flanc nord sera régulé par une vanne de régulation a commande électrique (4-20 mA), en suivant ces étapes :

**Etape 1 :** Acquiescement des défauts et mise en service du piquage ;

**Etape 2 :** Introduction d'une consigne de débits inférieur ou égale à 3500m<sup>3</sup> /h ;

**Etape 3 :** Pré-positionnement de la vanne de régulation ;

**Etape 4 :** Introduction des tolérances de débits entre la consigne et la valeur mesurée ;

**Etape 5 :** Calcul de la différence entre la consigne et la mesure de débit ;

**Etape 6 :** Définition du mouvement de la vanne (fermeture ou ouverture) selon la différence entre la consigne et la mesure du débit ;

**Etape 7 :** Libération du régulateur et positionnement de la vanne avec t1 temps de régulation et t2 temps de stabilisation ;

**Etape 8 :** Si pendant la stabilisation la valeur est dans la tolérance on arrête la régulation sinon on retourne à l'étape 7 ;

**Etape 9 :** calcul du résultat du positionnement de la vanne ;

**Etape 10 :** la mise en marche de la vanne de régulation est conditionnée par le fonctionnement de la vanne de service ;

**Etape 11 :** la vanne de service est on état marche si les deux vannes manuelles sont ouvertes, si mouvement est trop long on retourne à l'étape 1.

# Chapitre1: Description de la station Taksebt

## III-4) Visualisation et commande

Les variables du processus (PV process variable) ainsi que la vue de la nouvelle prise seront intégrés dans le système de supervision WinCC SCADA qui gère le réseau de transfert TAKSEBT BOUDOUAOU à partir de la salle de contrôle de TAKSEBT

## IV) Description de la solution proposée

Notre solution consiste à ajouter une déporter intelligente à la chambre de prise AZEFFOUN et de la connecter a la CPU qui se trouve dans la chambre de prise AZAZGA/FREHA via UN PROFIBUS-DP de longueur de 380m pour assurer la communication et la transmission d'informations entre les périphéries maitre/esclave.

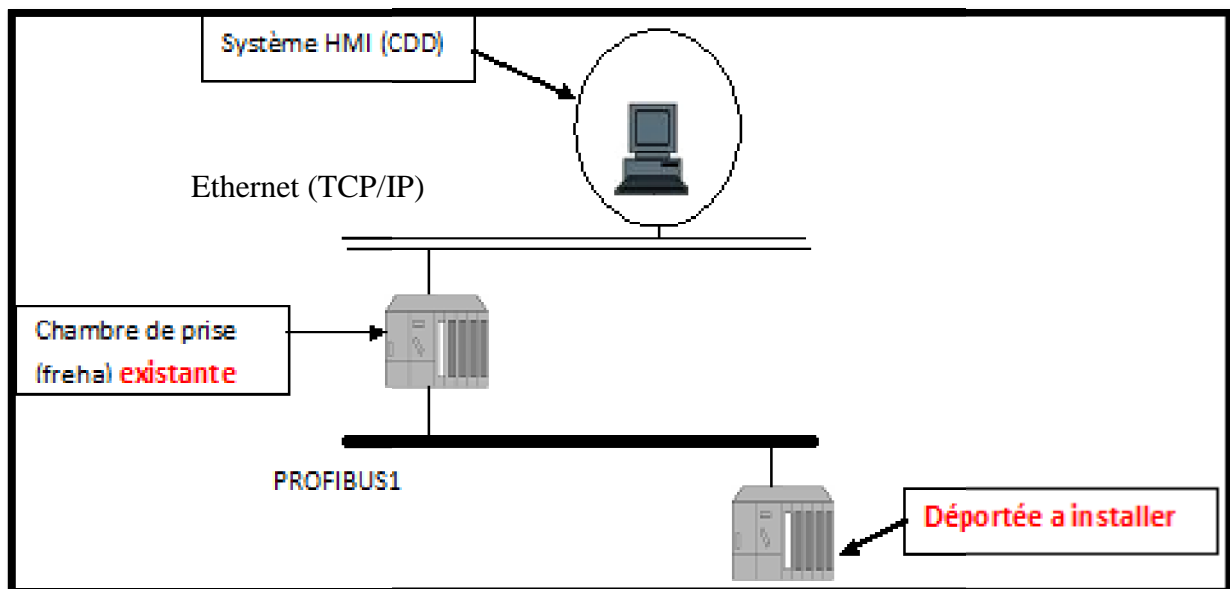


Figure I.5 : méthodes de communication (maitre-esclave)

## IV-1) Conclusion

Dans ce chapitre nous avons commencé par la présentation du projet, puis positionnée les problématiques et décrire la solution choisie ainsi que l'établissement de son cahier de charge. Cette description représente une base pour le développement de la future solution programmable.

# Chapitre II

*Le choix des instruments*

Le choix des instruments joue un rôle très important dans un système automatisé; d'une façon générale un système automatisé peut se composer de deux parties qui coopèrent; une partie commande et une partie opérative.

### **I) Partie commande(PC)**

Elle se compose essentiellement de l'automate programmable industrielle (API) ; Elle élabore des ordres à partir des informations reçues de la partie opérative (dialogue avec la machine) ou à partir des consignes qui sont données par l'opérateur (dialogue homme-machine).

### **II) Partie opérative(PO)**

Elle regroupe l'ensemble des opérateurs techniques tels que les actionneurs et les capteurs qui assurent et contrôlent la production des effets utiles pour lesquels le système automatisé a été conçu.

### **III) Capteurs**

#### **a) Définition**

Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur de nature différente (très souvent électrique).

Ils sont des composants de la chaîne d'acquisition. Ils prélèvent des informations sur le comportement de la partie opérative (P.O) et les transforment en informations exploitables par la partie commande (P.C). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.

Pour pouvoir être traitées, ces informations seront portées par un support (énergie), on parlera alors de signal.

L'information délivrée par un capteur peut être logique (deux états), analogique (dans ce cas il faudra joindre à la partie commande, des modules de conversion analogiques numériques(AN) et numériques analogiques (NA) [2].

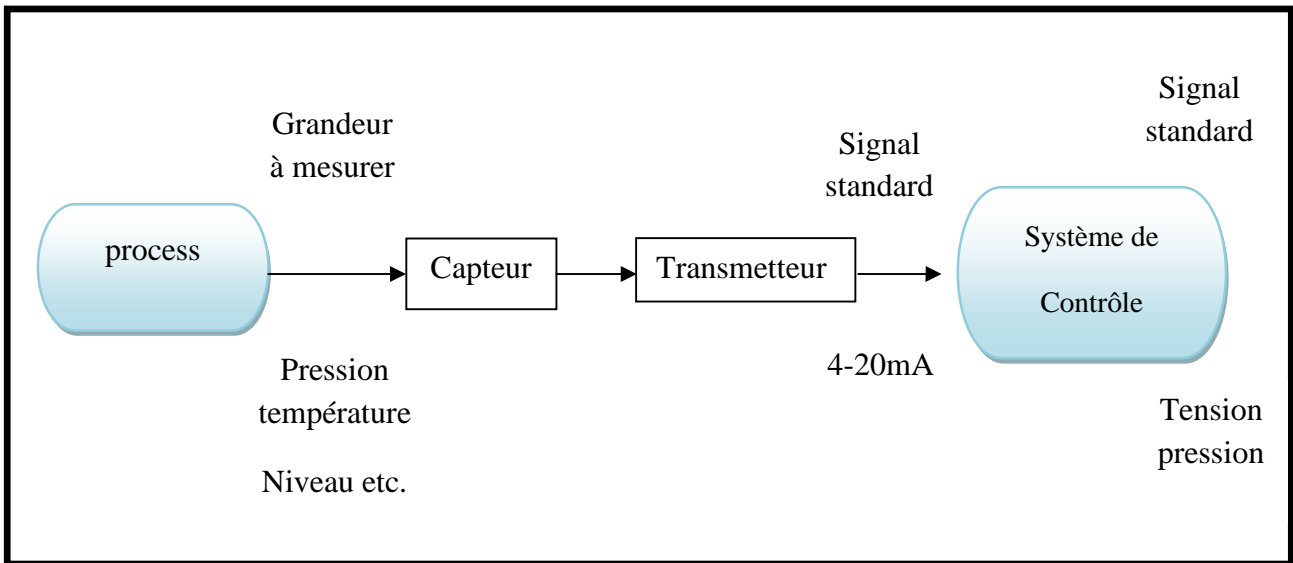


Figure II.1 : Capteur et transmetteur en situation

### b) Choix d'un capteur

Le choix d'un capteur dépend de multiples critères :

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

Dans le présent mémoire nous étudierons certains capteurs puisqu'ils seront utilisés au chapitre 4.

### III-1) Débitmètre électromagnétique

Le débitmètre électromagnétique permet de mesurer le débit d'eau dans les conduites en charge avec une conductivité de 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 (le tout est choisit compatible avec la température, pression et nature de fluide) [3].

### a) Fonctionnement

Le débitmètre électromagnétique fonctionne suivant le principe de Faraday. Quand un liquide conducteur s'écoule perpendiculairement à travers un champ magnétique, une différence de potentiel électrique est créée au sein du liquide. Cette différence de potentiel captée à l'aide de deux électrodes permet, par le calcul, d'en déduire la vitesse puis le débit du fluide.

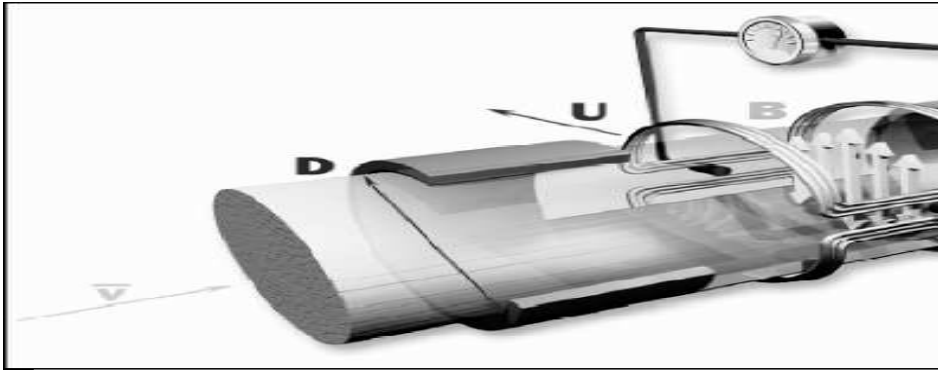


Figure II.2 : débit mètre électromagnétique

$$U=B*D*V$$

Avec :

**U** : différence de potentiels électrique en volts ;

**B** : induction magnétique en tesla ;

**D** : écartement des électrodes (diamètre du conducteur en m) ;

**V** : la vitesse d'écoulement moyenne en m/s.

Debit d'eau en  $m^3/s$ ;  $m^3/s = (m*m^2)/s = (m/s)*m^2$ .

Donc le débit d'eau= la vitesse d'écoulement moyenne\*la surface.

Le débitmètre électromagnétique peut être paramétré ou programmé selon les conditions de fonctionnement du système et en respectons les caractéristiques techniques suivantes :

- Alimentation électrique provenant de l'API : 24AC/DC ;
- Signal de sortie : 0/4-20mA (dans notre cas 4-20mA) ;
- Température ambiante : entre -25°C et 50°C ;
- Conductivité : Min 5 $\mu$ s/cm ;
- Longueurs droites amont et aval : 3\*DN amont et 2\*DN aval ; DN diamètre nominal de la conduite ;

- Vitesse de fluide : 0.2 a 10m /s ;
- Temps de réponse : à partir de 0.1s ;
- Pression : jusqu'à 40 bars.

### c) Montage

Les conditions de montage du débitmètre électromagnétique sont [3] :

- Le débitmètre doit être monté à l'écart de tout champ magnétique puissant ;
- Il doit être installé de telle manière que la conduite de mesure soit pleine de fluide en permanence ;
- Il faut monter les vannes et autres dispositifs d'arrêt en aval du débitmètre afin que la conduite de mesure ne risque pas de se vider ;
- Une légère pente d'environ 3% est recommandée pour favoriser le dégazage (pour éviter les discontinuités du signal) ;
- Le débitmètre électromagnétique peut être monté sur une conduite verticale ou horizontale, sauf qu'il faut respecter les conditions du montage ;
- diamètre nominal choisi de telles sortes que la vitesse du fluide permette une précision suffisante, en général égale au diamètre des conduites ;
- il existe encore plusieurs manières de montage mais il faut faire en sorte de respecter les conditions de fonctionnement de débitmètre, ainsi éviter les contraintes qui peuvent modifier le résultat de mesure telles que les poches d'air entraînées par le fluide, ou une conduite qui n'est pas remplie pendant toute la durée de mesure.

### d) Avantages

- Aucune perte de charge ;
- La grandeur mesurée est directement proportionnel au débit (réponse linéaire) ;
- Large gamme de diamètres de conduite possible (de quelques mm à 2 m) ;
- Peut mesurer un écoulement bidirectionnel ;
- utilisable avec des liquides agressifs et corrosifs, avec des boues ;
- Relativement insensible à la densité, viscosité et profil d'écoulement du fluide ;
- Le facteur d'étalonnage ne varie pas au cours du temps (si la maintenance est suffisamment fréquente).

### e) Inconvénients

- Son prix élevés ;
- Ne peut être utilisé que pour des liquides conducteurs du courant électrique (ce qui exclu les hydrocarbures et solvants organiques).

### III-2) Transmetteur de débit

#### a) Définition

C'est un dispositif qui converti le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard [4]. Il fait le lien entre le capteur et le système de commande,

Le couple (capteur+transmetteur) réalise la relation linéaire entre la grandeur mesurée et son signal de sortie.

#### b) Paramétrage d'un transmetteur

Le transmetteur possède en général au moins deux paramètres de réglage; le décalage de zéro et l'étendue de mesure. Si le transmetteur possède un réglage analogique, pour paramétrer le transmetteur il suffit de suivre les étapes suivantes (respecter l'ordre) :

- De régler le zéro quand la grandeur mesurée est au minimum de l'étendue de mesure (réglage du 0%) ;
- De régler le gain quand la grandeur mesurée est au maximum de l'étendue de mesure (réglage du 100 %).

### III-3) Transmetteur de pression :

Dans notre projet nous intéresserons aux transmetteurs cerabarM mesurent la pression absolue ou relative, selon la version, dans les gaz, vapeurs, liquides. Ils sont utilisés dans tous les domaines des procédés industriels [4].



**Figure II.3: Présentation d'un transmetteur de pression cerabarM**

### a) Fonctionnement de cerabarM

Le fonctionnement du cerabarM dépend de la membrane utilisée, il existe deux cellules représentées sur le schéma ci-dessous.

### b) Cellule céramique

La pression du processus agit directement sur la membrane céramique robuste et la déplace de valeur maximale qui est de 0.025 mm. La variation de la capacité proportionnelle à la pression est mesurée entre deux électrodes (substrat céramique et la membrane). La gamme de mesure dépend de l'épaisseur de la membrane céramique.

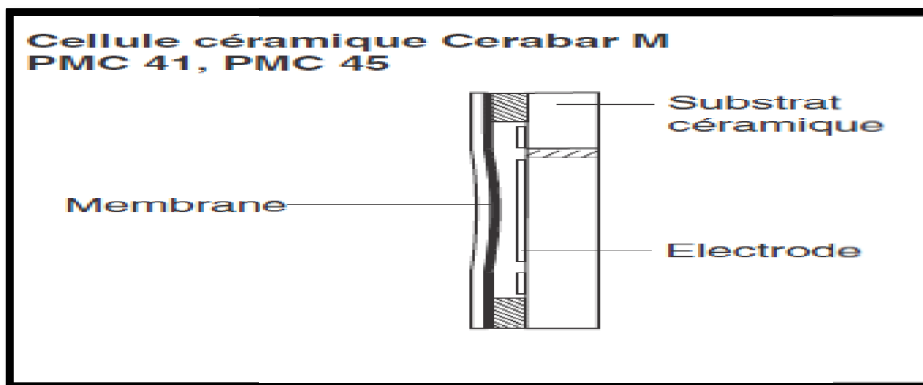


Figure II.4: schéma représentant la cellule céramique du cerabarM

### c) Cellule métallique

La pression de processus déplace la membrane séparatrice et le liquide de remplissage transmet la pression à un pont.

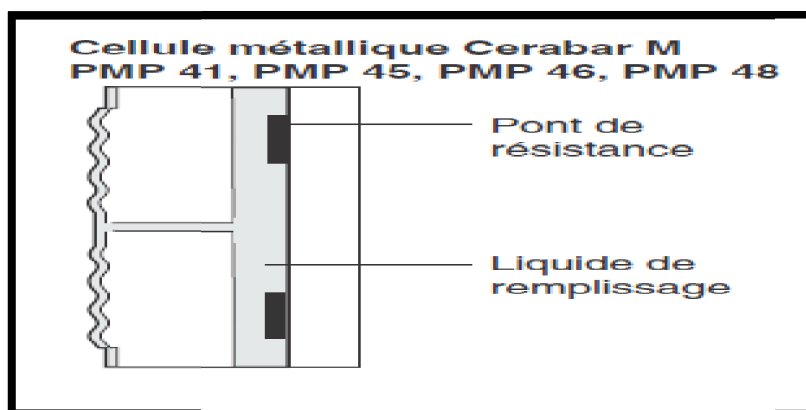


Figure II.5 : schéma représentant la cellule métallique du cerabarM

### d) Principe de mesure

Dans la chambre de prise AZEFFOUN, il a été décidé d'utiliser la cellule céramique car le 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 du au déplacement de la membrane.

La tension induite est :

$$U_e = Q/C ;$$

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

**C**: capacité en **FARAD (F)** ;

$\epsilon_r$ : constante diélectrique **F/m** ;

**S** : surface des armatures en **m<sup>2</sup>** ;

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

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

### e) Installation

L'installation et le montage du cerabarM est réalisée selon le processus ou le mécanisme auquel, on insère l'appareil.

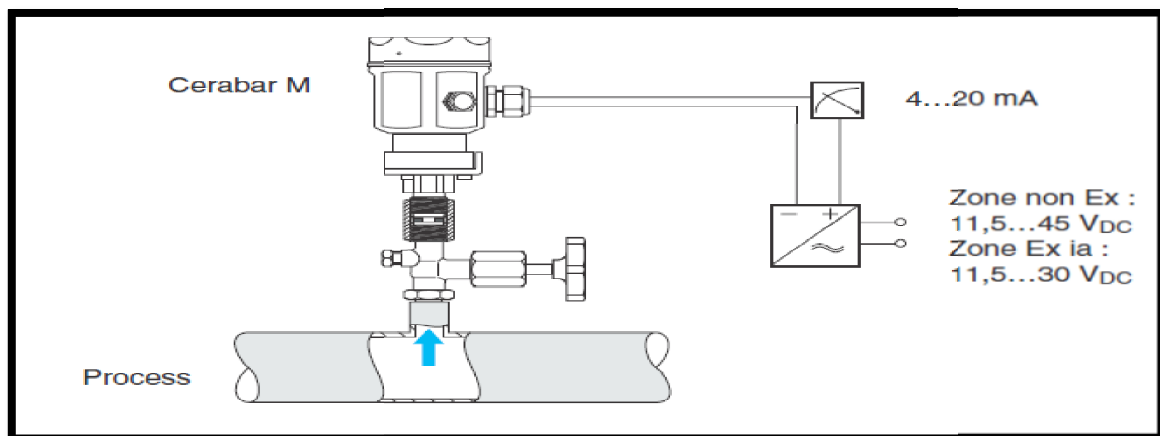


Figure II.6 : montage du cerabarM

### f) Réglage

Réglage au début d'échelle :

- A l'aide d'un multimètre en agissant sur le potentiomètre, régler a la valeur 4mA correspondant à 0bars.

Réglage de fin d'échelle :

- A l'aide d'un multimètre, régler 20mA comme suit :

-Délimiter grossièrement la fin d'échelle à l'aide du commutateur.

- Régler avec précision la fin d'échelle souhaitée à l'aide du potentiomètre pour réglage fin « spam ».

### IV) Les vannes :

Les vannes sont répartie, robinets-vannes ou vannes de régulation [5] ;

Dans la chambre de prise AZEFFOUN on a 4 vannes et elles sont données comme suit :

#### IV-1) Vanne de garde manuelle TOR (tout ou rien)

En règle générale, ces vannes ont deux positions, ouverture/fermeture, elles sont rarement manœuvrées et généralement effectuent la course complète. Le contrôle se fait manuellement.

##### a) Le corps de la vanne

Le corps de la vanne est montré sur la **Figure II.7** ; Ses constituants sont donnés ci-dessus :



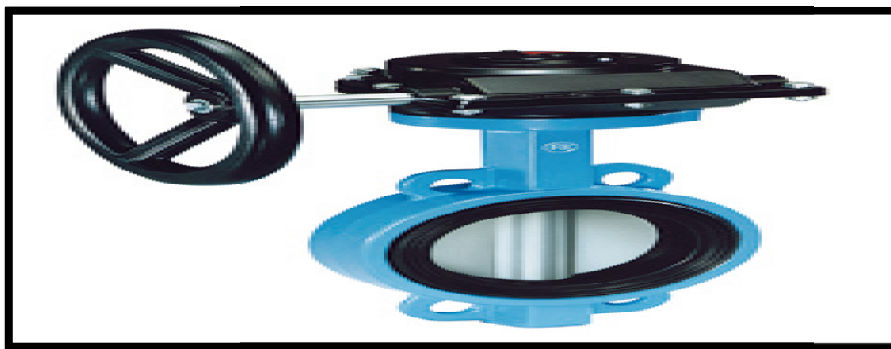
**Figure II.7:** vanne papillon (clapet papillon)

### ➤ Clapet papillon

L'obturateur est un disque dont le diamètre est égal au diamètre intérieur de la conduite. A la fermeture, ce disque a sa surface perpendiculaire au sens du passage du fluide. La variation de la section de passage se fait par inclinaison de ce disque par rapport à la verticale. La tige de l'obturateur effectue un mouvement de rotation.

### b) La commande de la vanne

Les vannes de garde manuelle sont des vannes papillon, elles sont actionnées via un levier ou un volant de commande.



**Figure II.8 : Vanne papillon avec commande manuelle**

### IV-2) Vanne de service motorisée

C'est une vanne papillon équipé d'un servomoteur électrique (rotatif tout-ou-rien). Les états OUVERT ou FERME sont essentiels. Par conséquent, les informations de mouvement vers l'ouverture ou la fermeture ainsi que les positions finales OUVERTE et FERMEE sont suffisantes et l'arrêt du moteur se fait en fonction du choix pré-réglé.

### a) Vanne ouverte

Leurs alimentation en courant provoque une rotation de la tige associée au disque d'un angle de 90° cela permet l'ouverture totale de la vanne.

### b) Vanne fermé

La vanne papillon est actionnée par un servomoteur, dès la coupure de l'alimentation la vanne sera fermée.

La vanne papillon est actionnée par un servomoteur rotatif tout-ou-rien.

### IV-2-1) Le corps de la vanne

Le corps de cette vanne est comme celui de la vanne manuelle **Voire figure II.7.**

### IV-2-2) La commande de la vanne

La vanne papillon est actionnée par un servomoteur rotatif tout-ou-rien.



**Figure II.9: servomoteur multitours avec commande intégrée**

### IV-3) Vanne de régulation

Une vanne de régulation comporte trois éléments principaux : le corps de vanne qui assure le réglage du débit ; le positionneur qui régule l'ouverture de la vanne en accord avec le signal de commande; le servomoteur ou l'actionneur qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne.

Les vannes de régulation servent à régler des valeurs de consigne sous surveillance permanente et soumise à des corrections en intervalles courts (quelques secondes).

Dans notre cas la vanne de régulation permet de faire varier le débit d'eau dans la conduite dans le but de le mettre dans une situation bien précise en d'autres termes d'atteindre la consigne voulue.

Le contrôle se fait par le biais d'une valeur de consigne en continu (Un signal de 4 – 20mA)

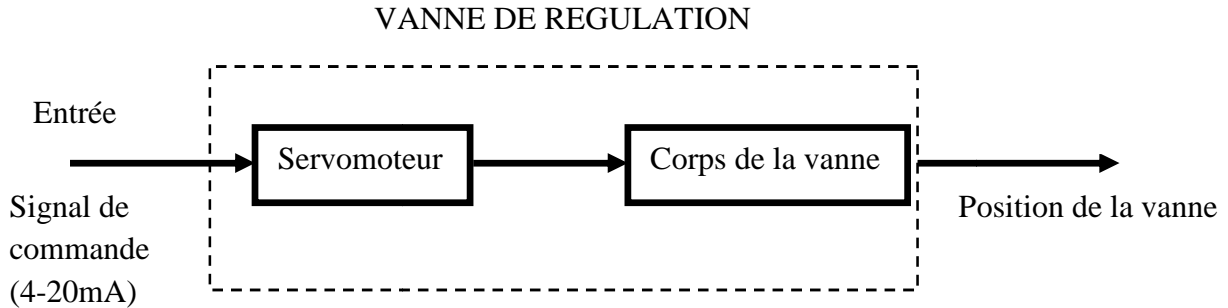


Figure II.10 : régulation de débit

### a) Le corps de la vanne :

Le corps de vanne est l'élément qui assure le réglage du débit. (Voir figure II.7)

#### ➤ Positionneur :

Il règle l'ouverture de la vanne en accord avec le signal de commande.

### b) La commande de la vanne :

La vanne est actionnée par un servomoteur proportionnel (avec commande intégré), commandé par un système de régulation qui positionne la vanne à l'endroit désiré.

La vanne est constituée aussi de :

- un contacteur de début et de fin de course ;
- une recopie de la position.

### c) Installation :

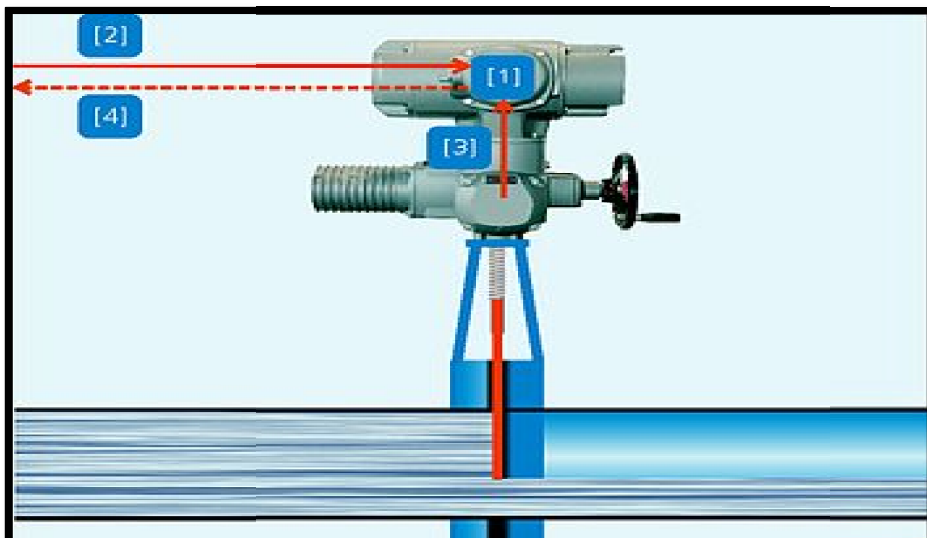


Figure II.11 : installation de la vanne papillon sur la conduite

Effectuée sur l'installation le flux du signal est comme suit :

Une valeur de consigne (2) et une valeur réelle (3) sont indiquées au positionneur (1). Le moteur est piloté jusqu'à ce que la valeur réelle soit égale à la valeur de consigne. Généralement, le système de contrôle requiert une recopie de position (4).

### **IV-4) Le servomoteur :**

C'est l'organe qui permet d'actionner la tige du clapet de la vanne ; il assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne.

L'effort développé par le servomoteur a deux buts :

- Lutter contre la pression agissant sur le clapet par le fluide ;
- Assurer l'étanchéité de la vanne, et le pourcentage d'ouverture.

Ces deux critères conditionnent le dimensionnement des servomoteurs.

Le fluide moteur (énergie de motricité) peut être : de l'air, de l'eau, de l'huile, de l'électricité (servomoteur électrique).

### **IV-4-1) Servomoteur électrique :**

Le servomoteur électrique est basé sur le principe d'un moteur triphasé asynchrones, alimenté par une carte électronique de pilotage de courant et de tension d'alimentation pour varier la vitesse de fermeture de la vanne et le couple de trainage pour convaincre les forces produites par la fluctuation de pression du fluide. Dans notre cas on utilise un servomoteur multitours AUMA.

### **IV-4-2) Servomoteur multitours :**

Un servomoteur multitours AUMA est un servomoteur qui transmet un couple à une vanne sur une course de 360° minimum ; Il est manœuvré par un moteur électrique et capable de supporter la poussée.

Un volant est disponible pour le fonctionnement manuel. L'arrêt en positions finales peut être effectué par contacts fin de course ou limiteurs de couple. Une armoire de commande est impérativement requise pour manœuvrer le servomoteur et traiter les signaux de ce dernier.

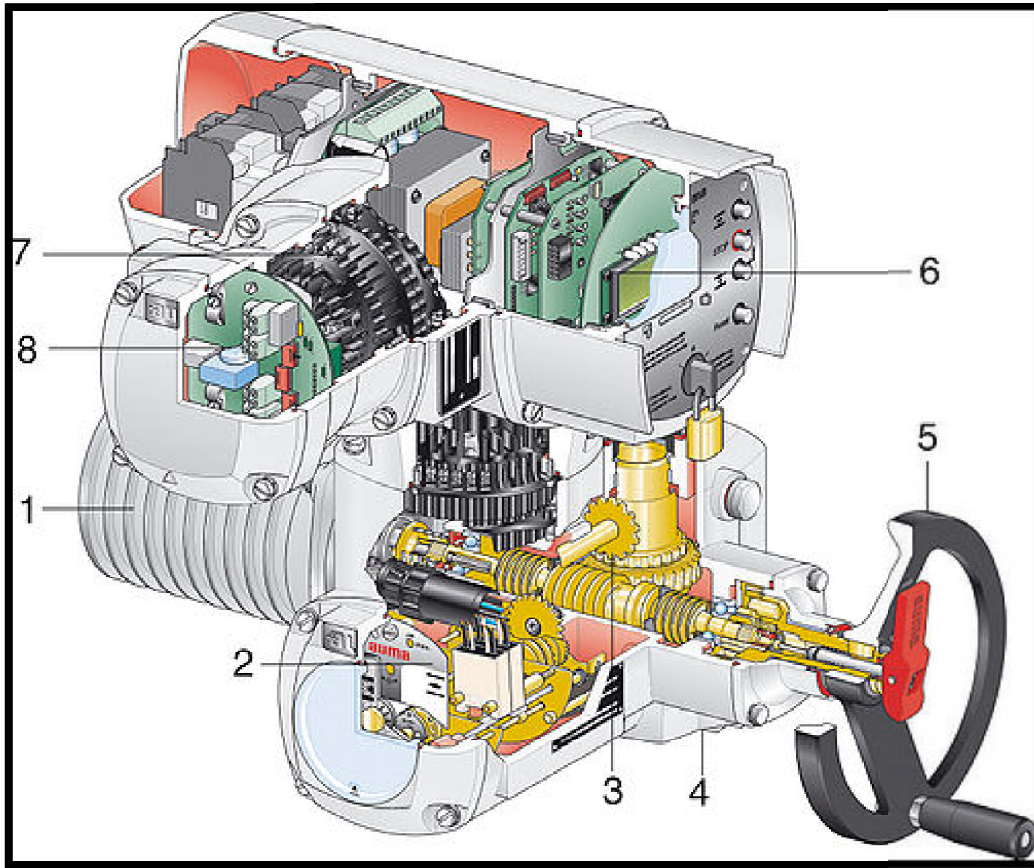


Figure II-12 : les composants du servomoteur multivoies

### - (1) Moteur:

La majorité des servomoteurs sont équipés de moteurs asynchrones triphasés. Des moteurs monophasés à courant alternatif et à courant continu sont disponibles. Le moteur est raccordé via une prise mâle-femelle interne (courant nominal de 16A), ceci permet un échange rapide du moteur, en cas de modification de la vitesse de sortie par exemple [5].

### -(2) Technologie sensorielle de course et de couple:

Les contacts de fin de course servent à mesurer la distance parcourue et à signaler lorsque la position finale est atteinte. Un limiteur de couple enregistre l'effort sur la vanne. Un dépassement d'une valeur de limite est également signalé. Les servomoteurs disposent fréquemment d'un codeur de position absolu (numérique ou analogique).

### - (3) Réducteur:

Les réducteurs employés sont régulièrement des réducteurs à roue et vis sans fin. La réduction est souvent importante. Car les vitesses de manœuvre des vannes sont relativement faibles. Malgré le rendement médiocre de ce type de transmission, la caractéristique

d'irréversibilité la rend particulièrement bien adaptée aux servomoteurs. Ce type de réducteur permet de maintenir le couple sans alimentation du moteur et sur les servomoteurs multitours, à soutenir la charge due au poids du tablier.

### **- (4) Fixation de la vanne:**

Le raccordement à la vanne est réalisé par deux éléments. Le premier élément appelé l'embase du servomoteur est solidement vissé à la bride de montage de la vanne. La taille de cette bride augmente avec la valeur du couple à transmettre. Le deuxième élément est l'accouplement, utilisé pour transmettre le couple ou la poussée du servomoteur à l'arbre de la vanne. Vu le grand nombre de types de construction des vannes, il y a également une multitude de types d'accouplements.

### **-(5) Commande manuelle:**

La plupart des servomoteurs électriques sont équipés d'un volant permettant de le manœuvrer manuellement (lors de la mise en service ou lors d'une panne de courant par exemple). Le volant ne tourne pas pendant le fonctionnement du moteur.

### **- (6) Commande du servomoteur:**

La commande du servomoteur assure d'une part le traitement des signaux du servomoteur et d'autre part le traitement des commandes de manœuvre du système de commande. Cette tâche peut être effectuée par une commande externe, par exemple, un API (Automate Programmable Industriel).

Les servomoteurs modernes sont équipés d'une commande intégrée assurant le traitement des signaux sur place et sans délais. La commande électrique des moteurs peut être réalisée par des contacteurs ou par des composants électroniques statiques (transistor IGBT, thyristor GTO etc.)

### **-(7) Raccordement électrique:**

Les câbles d'alimentation du moteur et les câbles de signal sont connectés au bornier électrique du servomoteur pour transmettre les ordres de commandes à celui-ci, et pour retransmettre la position du servomoteur au système de contrôle commande. Idéalement le raccordement électrique doit être réalisé par un monoconnecteur afin d'éviter tout décâblage lors de la maintenance.

### -(8) Connexion bus de terrain:

Dans le secteur de l'automatisation de procédé, la technologie bus de terrain s'impose de plus en plus pour la transmission des données. Pour cette raison, les servomoteurs électriques sont disponibles avec toutes les interfaces de bus de terrain conventionnellement utilisées dans l'automatisation de procédé. Une technologie de connexion particulière peut être requise selon le bus utilisé.

On peut paramétrer le servomoteur selon deux critères :

#### a) Service tout ou rien :

Si les vannes sont utilisées en tant qu'obturateur, leur fonctionnement est binaire : ouverte ou fermée. Les positions intermédiaires ne sont pas approchées. La vanne sera relativement peu souvent actionnée, l'intervalle entre deux opérations pouvant être de quelques minutes ou de plusieurs mois. Dans ce cas, le mode de service du moteur électrique est intitulé « service intermittent ». Ce mode de service est caractérisé en outre par l'indication d'un temps de marche maximum admissible sans interruption. Normalement, ce temps de marche s'élève à 15 minutes.

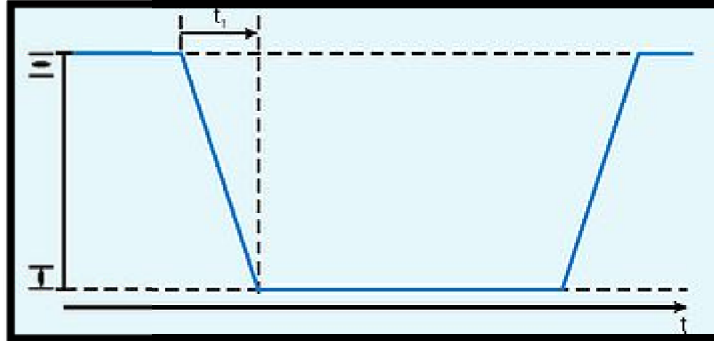


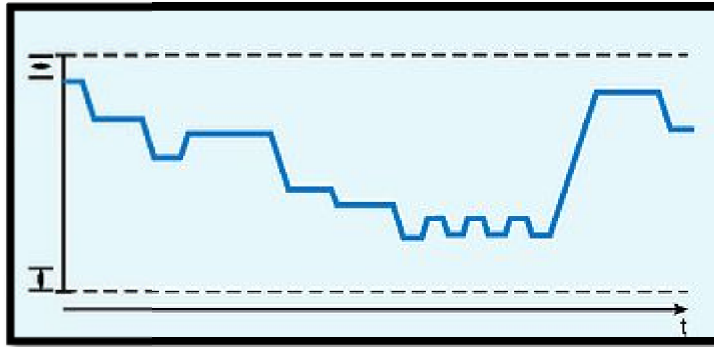
Figure II.12 : Déroulement typique en service tout ou rien

$t_1$  est le temps de manœuvre ne devant pas excéder le temps de marche maxi (admissible).

#### b) Service de régulation :

Les applications de régulation doivent prendre en compte l'inertie de l'obturateur, les fluctuations des entrées du système, etc. Par exemple, le réglage précis d'un débit de fluide. Lors de certaines applications sensibles, le réglage est repris à un intervalle de quelques secondes. Cette exigence sur le servomoteur est plus importante que lors du service tout ou rien. La mécanique comme le moteur doivent être dimensionnés de manière à résister à des

démarrages fréquents sur de longues périodes et ce sans nuire à la précision souhaitée ; comme le décrit la **Figure II.13**



**Figure II.13 : Déroulement typique en service de régulation**

Quelque soit le type de fonctionnement choisi TOR ou régulation, le servomoteur doit s'arrêter automatiquement lorsqu'une position finale est atteinte. Deux mécanismes peuvent être sélectionnés selon le type de vanne manœuvre.

- Arrêt par contacts fin de course : La commande coupe le servomoteur lorsqu'une position de fin de course pré-réglée est atteinte.
- Arrêt par limiteurs de couple : La commande coupe le servomoteur lorsque le couple pré-réglé dans la position finale de la vanne est appliqué.

### IV-5) Description des régulateurs :

Le régulateur transforme les écarts entre la valeur de mesure et la valeur désirée en un signal de commande pour l'organe de réglage, selon une loi déterminée, les lois de commande prennent différentes formes selon le type du processus à régler.

Les régulateurs peuvent être à action discontinue en agissant par tout ou rien ou à action continue.

Les régulateurs continus se répartissent en trois grands types différents selon leurs actions.

#### ➤ **Action proportionnelle (P) :**

Pour cette action, la réaction sur la grandeur de réglage est proportionnelle à l'écart entre la valeur mesurée et la valeur de la consigne du paramètre à régler. Ce genre de régulateur ne fait pas disparaître l'écart entre la valeur mesurée et la valeur de la consigne, mais le réduit simplement.

#### ➤ **Action intégrale (I) :**

Pour annuler l'écart résiduel, on insère la régulation par action intégrale. Ce genre de régulateur risque d'entretenir une oscillation de la grandeur réglée.

➤ **Action dérivée (D) :**

Le régulateur à action dérivée établit une valeur réglée en fonction de la vitesse de variation de l'erreur ainsi il améliore les performances de rapidité système à régler.

Le régulateur de type PI est l'un des plus utilisés dans la pratique. Il s'agit d'un couplage parallèle entre un régulateur proportionnel et un régulateur intégral.

**IV-5-1) Régulateur PID :**

Le régulateur universel PID (proportionnel-intégral-dérivée) s'obtient donc en rajoutant une composante de type D à un régulateur PI qui cumule les avantages des deux types de régulateurs (stable, rapidité, faible erreur résiduelle), tout en composant leurs désavantages respectifs. Comme pour le régulateur PD, la partie dérivée assure une plus grande rapidité [6].

➤ Loi de commande de régulateur PID de structure mixte :

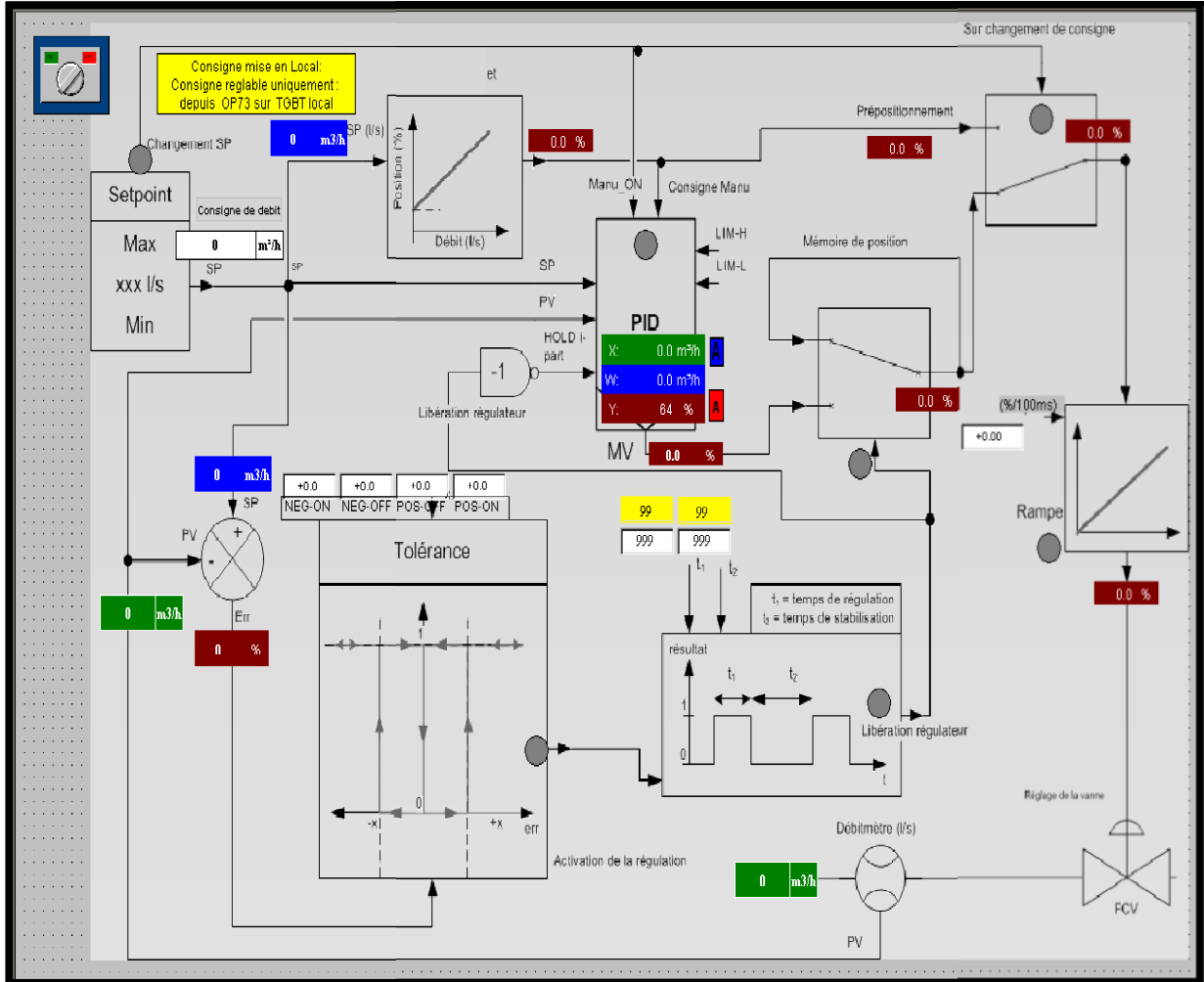
$$U(t) = K_p \cdot \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) \cdot dt + T_d \cdot de/dt \right) .$$

➤ Fonction de transfert du régulateur PID :

$$C(s) = U(s)/E(s) = K_p \cdot \frac{1 + T_i \cdot s + T_i \cdot T_d \cdot s^2}{T_i \cdot s}$$

### a) Schéma fonctionnel :

Le schéma fonctionnel de la boucle de régulation utilisé dans le présent mémoire est donné sur la **Figure II .14 .**



**Figure II .14 : régulation de débit**

### b) Paramètres

**Setpoint :** Consigne de débit (l/s) de fonctionnement ;

**Min:** 0 l/s ( $0\text{m}^3/\text{h}$ );

**Max:** 972 l/s ( $3500\text{m}^3/\text{h}$ );

**SP:** débit demandé (consigne) ;

**PV:** débit mesuré.

**Tolérance (x):** Lorsque la différence (erreur) entre le débit mesuré (**PV**) et le débit demandé (**SP**) est supérieur à (**x**) ou inférieur à (**-x**) en (l/s), il y a besoin de régler la position de la vanne.

Ce besoin de réglage sera présent tant que l'erreur ne sera pas repassée par 0.

**T1 et T2 :** Lorsque le bloc « **Tolérance** » demande d'agir sur la position de la vanne, on libère le régulateur pendant un temps **T1**. A l'écoulement de ce temps, on va attendre un temps de stabilisation du débit **T2** et ainsi de suite.

**T1 :** le temps de régulation ;

**T2 :** le temps de stabilisation.

**Hold i-part :** Paramètre permettant de bloquer la partie intégration d'un régulateur **PID** de façon à l'empêcher de dévier lorsque il n'a pas la main sur le positionnement de la vanne de régulation ; appelé aussi « Blocage de l'intégrateur ».

**LIM-H et LIM-L :** Ces paramètres (en %) vont limiter le positionnement de la vanne de régulation à la zone de fonctionnement correcte ; LIM-H : limite high , LIM-L: limite low

**FCV :** vanne de régulation ;

**MV :** position demandé par le régulateur ;

**Err :** l'erreur (comparateur) ;

**V(%):** rampe pour limiter l'évolution de la sortie à une vitesse proche de celle de la vanne.

**La mesure :** le débit mètre (l/s).

### C) Fonctionnement

Au changement du setpoint (consigne), si l'erreur calculée est supérieur à la tolérance, le régulateur va être libéré pour T1 secondes et il va déplacer la vanne d'un certain pourcentage (en fonction de ses paramètres proportionnel et intégral). A la fin du temps de régulation, on mémorise la position demandée par le régulateur et on fige la sortie à cette valeur pendant le temps T2 à des fins de stabilisation. Pendant T2, l'erreur est en permanence recalculée et s'il subsiste une erreur à la fin de T2, on libère à nouveau le régulateur.

Si l'on veut limiter le déplacement de chaque mouvement à un pourcentage maximum, il faut paramétrer T1 égal au temps nécessaire pour ce mouvement. De cette façon, à chaque libération du régulateur on aura un déplacement limité de la vanne.

Il est important que le régulateur ne soit pas plus rapide que le déplacement de la vanne. C'est-à-dire que si le temps de déplacement de la vanne de 0 à 100% est par exemple de 120 secondes, le régulateur ne peut pas demander un déplacement de 0 à 100% en moins de 120

## **Chapitre 2 : choix des instruments**

---

secondes, car le système serait instable et il y aurait oscillation du régulateur et donc de la vanne. C'est pourquoi nous ajoutons une rampe avant la sortie. Suivant le paramétrage de cette rampe, nous limiterons l'évolution de la sortie à une vitesse proche de celle de la vanne.

### **IV-5-2) Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons abordée une partie théorique révélant les définitions des instruments utilisés dans la chambre AZEFFOUN, ainsi que leur principe de fonctionnement, ce qui nous permettra de développer une solution de commande programmable sécurisée.

# ***Chapitre III***

***Modélisation de processus  
par l'outil grafcet***

Un système automatisé est complexes et l'installation des modes de marches et d'arrêts est difficile. C'est pour cela qu'un groupe de travail réuni sous l'égide de l'ADEPA (agence pour le développement et la productique appliquée à l'industrie) a mis au point un guide graphique. Ce guide se nomme GEMMA (Guide d'Etudes des Modes de Marches et d'Arrêts).

### I) Gestion des modes

Le fonctionnement normal d'un système automatisé de production (SAP) est celui pour lequel il a été conçu.

Il est nécessaire d'étudier les procédures de :

- Mise en route ;
- Mise au point ;
- Défaillance.

Définir les Modes de Marches et d'Arrêts (MMA) d'un SAP, c'est définir :

#### I-1) Les modes de production d'un système

- Fonctionnement automatique continu ;
- Cycle à cycle ;
- Les marches préparatoires et de clôtures ;
- Fonctionnement semi-automatique.

#### I-2) L'exploitation du système par un opérateur

- Conception du pupitre de commande de l'opérateur ;
- Informations relatives à la partie opérative (PO) à signaler.

#### I-3) Les procédures d'arrêts et de mise en sécurité

- Arrêt normal ;
- Arrêt dans un état déterminé ;
- Traitement de l'arrêt d'urgence.

### II) Définition du GEMMA

Le GEMMA est un guide graphique qui permet une approche systématique de l'étude des modes de marches et d'arrêts (MMA) et de description du fonctionnement opérationnel des

systèmes automatisés, Comme le montre le schéma ci-dessous. Le GEMMA est composé de deux grandes parties :

### a) **Partie commande hors énergie**

Dans cet état la partie opérative n'est pas sous le contrôle de la partie commande. Cette zone du GEMMA, située à l'extrême gauche, correspond à l'état inopérant de la partie commande.

### b) **Partie commande en énergie et active**

C'est la partie qui va nous permettre de définir les différents modes de marche et d'arrêt de notre machine ainsi que les conditions de passage d'un mode à l'autre. Cette partie est subdivisée en trois zones ou en trois familles de procédures [7] :

#### ➤ **Les procédures d'Arrêt (zone A) :**

Une machine comporte toujours des raisons d'arrêt pour cause normale (fin de travail, pause, approvisionnement,..). C'est dans cette famille que l'on regroupera ces modes.

#### ➤ **Les procédures de Fonctionnement (zone F) :**

On regroupe dans cette famille tous les modes de marche, qu'ils correspondent à la marche normale automatique, aux marches de test (pas à pas, manuel, ...), C'est la famille la plus importante, c'est généralement ici que se situe la production de valeur ajoutée.

#### ➤ **Les procédures de Défaillance (zone D) :**

Il est rare qu'une machine fonctionne toute sa vie sans défaillance. Cette zone permet de prendre en compte les modes de traitement de ces défaillances.

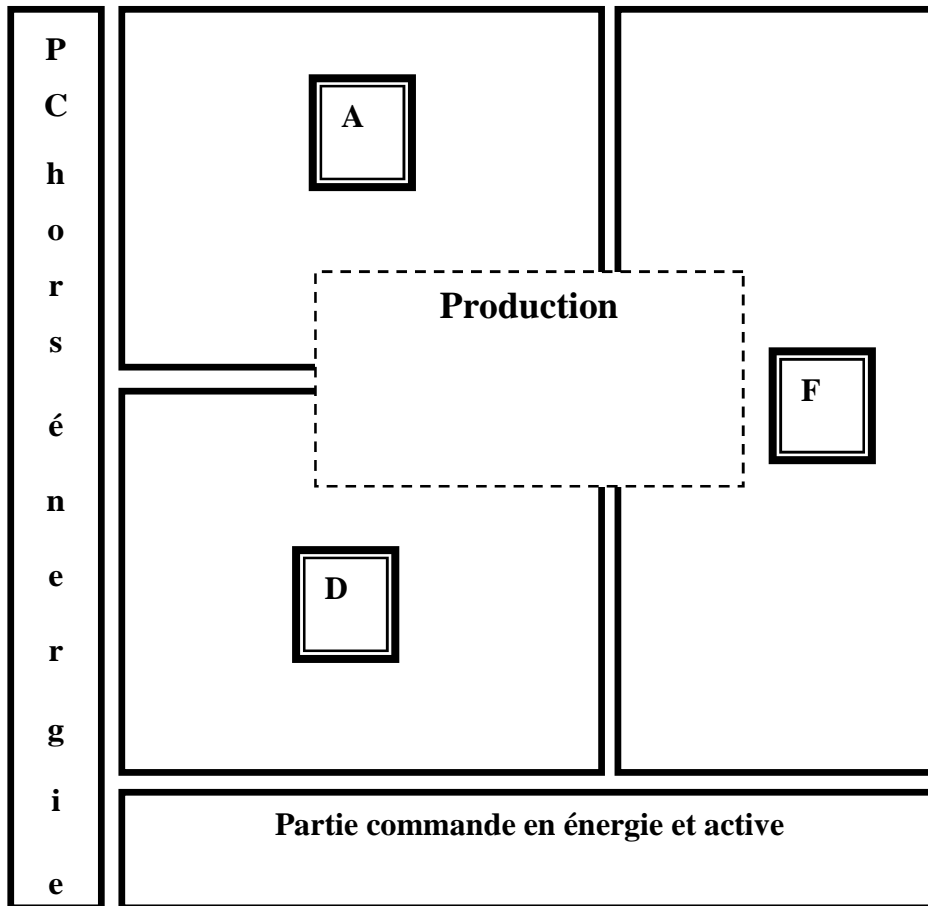


Figure III.1 : guide d'étude des modes de marches -arrêt

## II-1) Les procédures d'arrêt ou les états (A)

### a) Arrêt dans l'état initial (A1)

C'est l'état repos de la machine ; C'est l'état dans lequel se trouve la machine avant de passer en production normale. Ce rectangle est repéré sur le GEMMA par un double encadrement. Pour une étude plus facile de l'automatisme, il est recommandé de représenter la machine dans son état initial.

### b) Arrêt demandé en fin de cycle (A2)

Lorsque l'arrêt est demandé, la machine continue de produire jusqu'à la fin du cycle. A2 est donc un état transitoire vers l'état A1.

### c) Arrêt demandé dans un état déterminé (A3)

La machine continue de produire jusqu'à un arrêt en une position autre que la fin de cycle. C'est un état transitoire vers A4.

### d) Arrêt obtenu (A4)

La machine est alors arrêtée en une autre position que la fin de cycle.

### e) Préparation pour remise en route après défaillance (A5)

C'est dans cet état que l'on procède à toutes les opérations (dégagements, nettoyages,...) nécessaires à une remise en route après défaillance.

### f) Mise de la PO dans l'état initial (A6)

La machine étant en A6, on remet manuellement et/ou automatiquement la partie opérative en position pour un redémarrage dans l'état initial.

### g) Mise de la PO dans un état déterminé (A7)

La machine étant en A7, on remet la partie opérative en position pour un redémarrage dans une position autre que l'état initial.

## II-2) Les procédures de fonctionnement ou états (F)

### a) Production normale (F1)

Dans cet état, la machine produit normalement. C'est l'état pour lequel elle a été conçue, la valeur ajoutée produite correspond au cahier des charges client. Ce rectangle est repéré sur le GEMMA par un encadrement renforcé. On parle souvent de mode automatique.

### b) Marche de préparation (F2)

C'est un état utilisé pour des machines nécessitant une préparation (préchauffage d'un outillage, remplissage de cuves, ...) préalable à la production normale. C'est un état transitoire vers l'état F1.

### c) Marche de clôture (F3)

A l'inverse cet état est utilisé pour des machines nécessitant différentes opérations (nettoyages, vidanges, ...) en fin de journée ou en fin de série.

### **d) Marche de vérification dans le désordre (F4)**

Cet état permet de vérifier, de régler certaines fonctions, certains mouvements sur la machine sans respecter l'ordre du cycle de production normale. On parle souvent de mode manuel.

### **e) Marche de vérification dans l'ordre (F5)**

Dans cet état, le cycle de production peut être exploré au rythme voulu (pas à pas, cycle par cycle, ...) par la personne effectuant la vérification. Dans cet état la machine peut produire ou ne pas produire.

### **f) Marche de test (F6)**

Cet état permet des opérations de réglage, la machine étant en production ou hors production. Ces opérations de réglage doivent permettre à la machine de produire la valeur ajoutée attendue.

## **II-3) Les procédures de défaillances ou états (D)**

### **a) Arrêt d'urgence (D1)**

C'est l'état pris lors d'un arrêt d'urgence. On y prévoit non seulement les arrêts mais aussi les cycles de dégagement, les procédures et précautions nécessaires pour éviter ou limiter les conséquences dues à la défaillance.

### **b) Diagnostic et/ou traitement de défaillance (D2)**

C'est dans cet état que la machine peut être examinée après une défaillance et qu'il peut être apporté un traitement permettant le redémarrage.

### **c) Production tout de même (D3)**

Cet état permet de produire après une défaillance. On parle de « production dégradée » ou de « production forcée ». Ce peut être par exemple une production aidée par des opérateurs non prévus en production normale.

### II-4) Mode d'emploi du GEMMA

Chaque rectangle d'état est défini par son appartenance à l'une des trois familles de procédures, son appartenance ou non à la zone de production, son repère et sa désignation. L'automaticien peut compléter la désignation de chaque rectangle d'état.

#### ➤ Phase 1

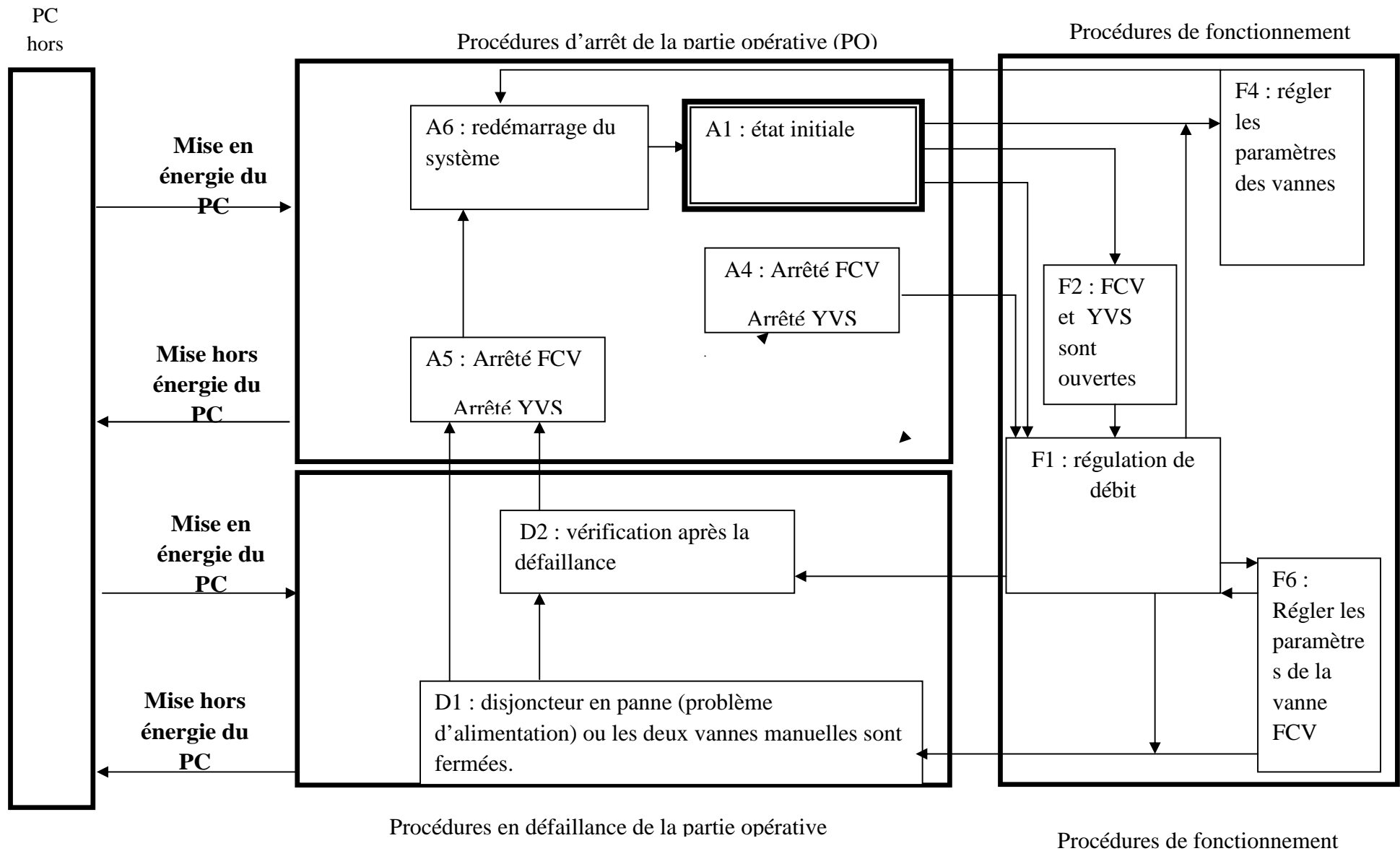
Dans un premier temps l'automaticien va choisir les rectangles d'état nécessaires à la description du système automatisé de production. Pour chaque rectangle d'état choisi il donnera une description précise soit de l'état de la partie opérative soit des procédures correspondantes au fonctionnement attendu.

#### ➤ Phase 2

Dans un deuxième temps, l'automaticien précisera les conditions de passage d'un rectangle d'état à l'autre. Il établira ainsi plusieurs boucles opérationnelles. Une boucle opérationnelle est une succession d'états caractérisant le fonctionnement du système automatisé de production.

### II-5) Objectif et domaines d'application

- Le GEMMA est un guide d'étude qui permet de structurer la partie commande d'un système automatisé de production ;
- Le GEMMA permet de décrire le fonctionnement du système dans tous les modes de marche, la partie opérative étant sous contrôle de la partie commande ;
- Le GEMMA n'intervient donc que si la partie commande est en énergie et active ;
- Le GEMMA définit donc, à tout instant, l'état dans lequel se trouve la partie commande du système automatisé de production ;
- Le GEMMA se compose d'une grille à remplir, Cette grille est constituée de rectangles d'état appelés modes. Ces rectangles sont reliés entre eux par des liaisons orientées. Le passage d'un rectangle à l'autre s'effectue un peu à la manière du franchissement d'une transition de GRAFCET ;
- Le GEMMA n'est pas un outil figé, il est modifiable à volonté en fonction des spécifications à obtenir. Les liaisons orientées présentes sur le document de référence ne sont là qu'à titre indicatif.



### III) Passage du GEMMA à une spécification GRAFCET

Le GEMMA est un document qui oblige l'automaticien à structurer son analyse. Il devient donc relativement facile de passer du GEMMA à une spécification GRAFCET en utilisant les moyens de structuration définis dans la norme IEC 1131-3 (Macro-étape, Graphe partiel, Structuration par forçage, Structuration par encapsulation [8]).

#### III-1) Définition du GRAFCET

Le GRAFCET (GRaphe de Commande Etapes-Transitions) est la méthode de représentation et d'analyse de systèmes séquentiels qui s'est imposé dans le domaine industriel international. Le grafcet est un langage de spécification pour les diagrammes fonctionnels en séquence. C'est un langage graphique, donc universellement compréhensible, sa syntaxe, ses règles et symboles sont spécifiés par la norme CEI 60848 cet outil permet l'analyse du fonctionnement et la modélisation de commandes séquentielles pour systèmes automatisés industriels [8].

Le fonctionnement d'un système automatique peut être représenté graphiquement par un ensemble de :

- **Étapes** : auxquelles sont associées des actions ;
- **Transitions** : auxquelles sont associées des réceptivités ;
- **Liaisons orientées** : des étapes aux transitions et des transitions aux étapes.

#### III-2) Symbolisation du GRAFCET

La symbolisation du Grafcet est représentée par la Figure (III.2), on constate que :

- 1- Chaque étape est représentée par un carré repéré numériquement ;
- 2- Les étapes initiales, représentant les étapes actives au début de fonctionnement, se différencient en doublant les cotés du carré ;
- 3- Les actions associées sont d'écrites de façon littérale ou symbolique, à l'intérieur d'un ou plusieurs rectangles, de dimensions quelconques, reliés à la partie droite de l'étape ;
- 4- Les transitions sont représentées par des barres ;
- 5- La réceptivité est inscrite à droite de la transition sauf cas particulier.

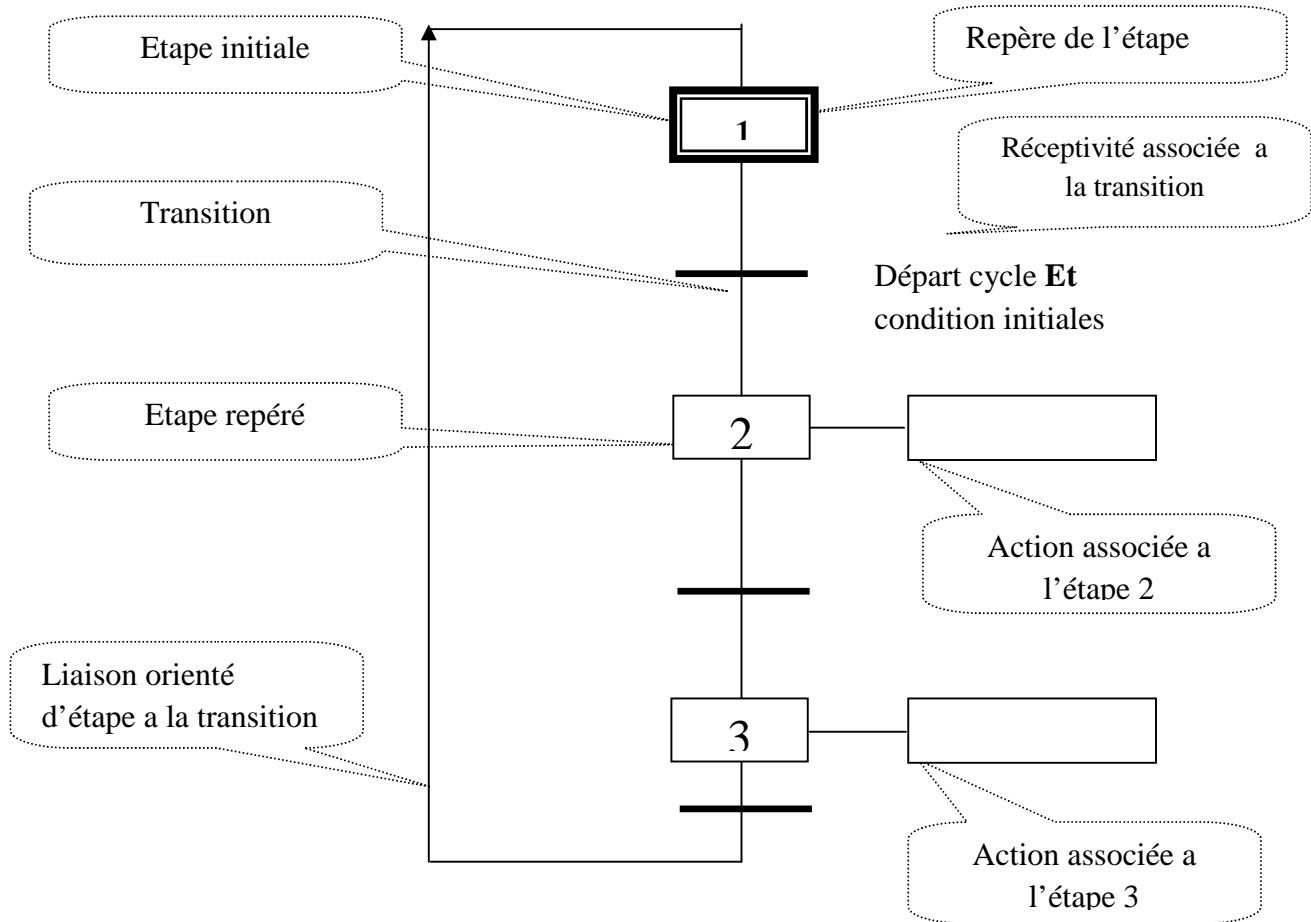


Figure III-2 : symbolisation GRAFCET

### III-3) Règles d'évolution du GRAFCET

Un Grafcet possède un comportement dynamique dirigé par cinq règles, elles précisent les causes et les effets du franchissement des transitions [9].

#### Règle 1 : Situation initiale

La situation initiale d'un Grafcet caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative, de l'opérateur et/ou des éléments extérieurs. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement : ces étapes sont les étapes initiales.

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

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes en amont (immédiatement précédentes reliées à cette transition) sont actives. **Le franchissement** d'une transition se produit :

- Lorsque la transition est validée,
- ET que la réceptivité associée à cette transition est vraie,

### Règle 3 : Evolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes

### Règle 4 : Evolution simultanée

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

### Règle 5 : Activation et désactivation simultanée d'une étape

Si au cours du fonctionnement la même étape est simultanément activée et désactivée elle reste active.

## III-4) Structures d'un GRAFCET

### a) Séquence unique (Structure linéaire)

Dans le cas d'un système automatisé simple (Grafcet en ligne), le déroulement des opérations se fait étape après étape, dans un ordre déterminé et logique. Le Grafcet est dit linéaire. Le nombre d'étapes est en fonction du nombre d'opérations à effectuer.

### b) Séquences multiples

Pour des impératifs de cahier des charges, le mécanisme peut devenir plus complexe. Les Grafcets vont donc évoluer de manières différentes comme le fait de pouvoir choisir des séquences ou d'exécuter plusieurs séquences en même temps. Les Grafcets vont donc se représenter, au niveau de la structure graphique, de manière différente.

#### ➤ Séquence exclusive (Choix de séquences) (OU) :

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

### ➤ Séquences simultanées (ET) :

Ce type de cycle est surtout utilisé sur des machines comportant plusieurs sous machines travaillant de manière indépendante. Dans un cycle à séquences simultanées, les séquences débutent en même temps, finissent en même temps, mais les étapes de chaque branche évoluent de façon indépendante. En pratique, les étapes de fin de parallélisme ne comportent pas d'actions. De plus la transition de fin de parallélisme est souvent imposée (1). Les étapes sans actions permettent alors de synchroniser la fin des différents cycles en amont et lorsqu'elles sont actives, le franchissement de la transition est automatique.

### ➤ Saut d'étapes

Le saut d'étapes est une sélection de séquence permettant de sauter plusieurs étapes en fonction des conditions d'évolution. Le saut d'étape comprend au minimum le saut d'une étape.

### ➤ Reprise d'étapes

La reprise d'étapes au contraire permet de recommencer plusieurs fois si nécessaire une même séquence. La reprise de séquence doit comporter au moins trois étapes puisque l'activation d'une étape comporte la désactivation de l'étape précédente et la validation de l'étape suivante. Le sens des flèches et la position des transitions sur les liaisons sont très importants.

## III-5) Modes de marches

### a) Cycle par cycle

Dans ce cas, chaque cycle est commandé par transition qui doit être présenté pour effectuer un nouveau cycle. On peut aussi utiliser une visualisation des conditions initiales pour faciliter le travail de l'opérateur.

### b) Cycle unique

Dans certain cas, on voudra s'assurer qu'un seul cycle est exécuté même si l'on maintient la transition tout au long du cycle. C'est le mode cycle unique ou anti répétition. Il peut être obtenu avec l'ajout d'une étape d'anti-répétition.)

### c) Cycle automatique

Pour ce qui est des cycles automatiques, l'information de la transition déclenche une succession de cycles qui pourra être interrompue par l'information de la transition. Celle-ci provoque l'arrêt à la fin du cycle en cours.

### d) Mode pas à pas

Lors de la mise en route d'un appareil, il peut être avantageux de faire évoluer le cycle dans un mode pas à pas (ou étape par étape). Ainsi l'information E/E (étape par étape) peut être utilisée pour passer dans ce mode et l'utilisation de l'évènement « bouton poussoir actionné» ("BP") pour contrôler l'évolution entre les étapes.

## III-6) Niveaux du GRAFCET

### a) GRAFCET NIVEAU I

Il est établi sous une forme texte littérale pour éventuellement des non-spécialistes.

### b) GRAFCET NIVEAU II

Il met en œuvre et décrit la partie opérative il s'adresse cette fois à des spécialistes. Il est utilisé pour la réalisation et le dépannage des systèmes automatisés.

## III-7) Hiérarchisation

Il est plus simple d'utiliser plusieurs Grafcet travaillant ensemble pour contrôler un automatisme en vue de simplifier la tâche, dans notre cas on va modéliser notre système par deux Grafcet :

GRAFCET maître : est le Grafcet des alarmes et des arrêts

GRAFCET esclave : est le Grafcet de conduite

V) Modélisation par GRAFCET :

IV-1) GRAFCET des Alarmes :

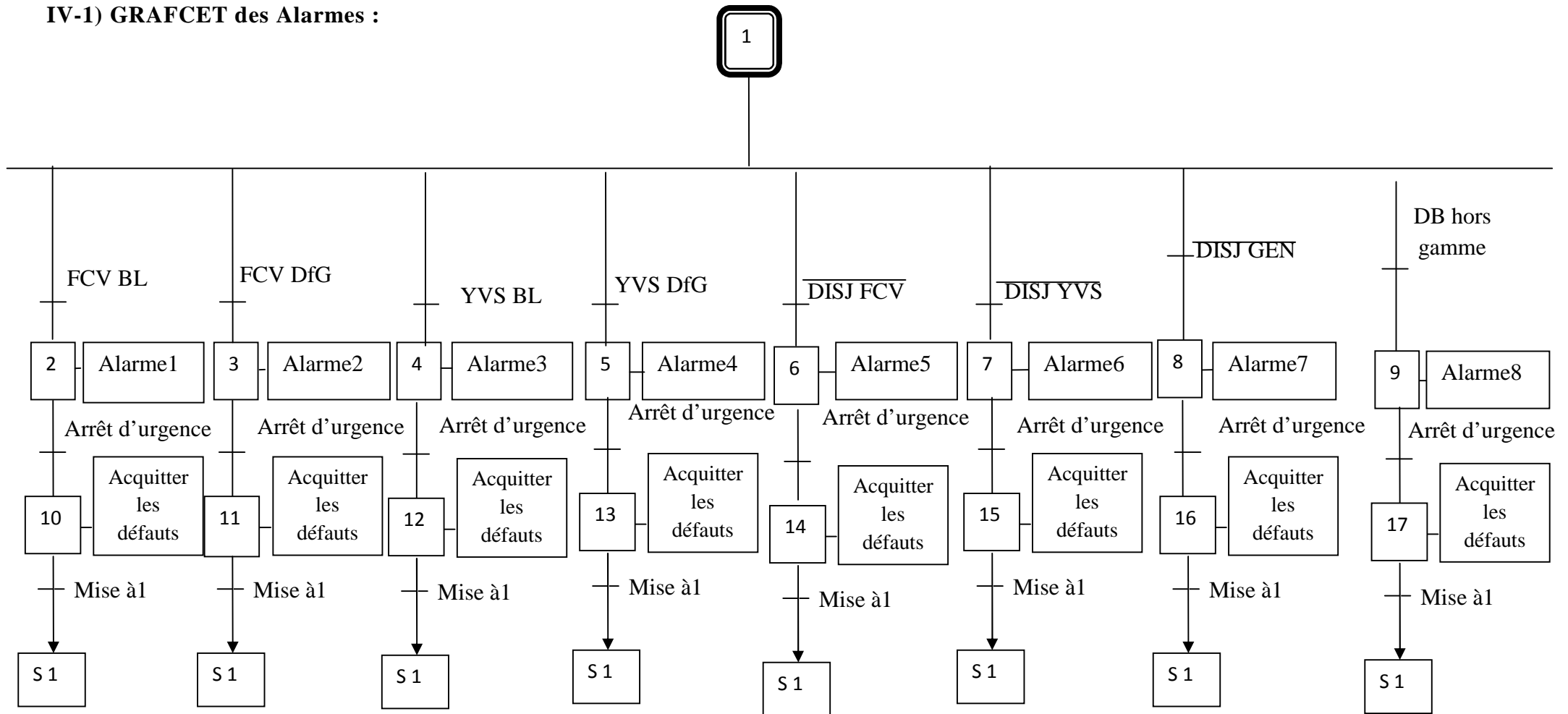
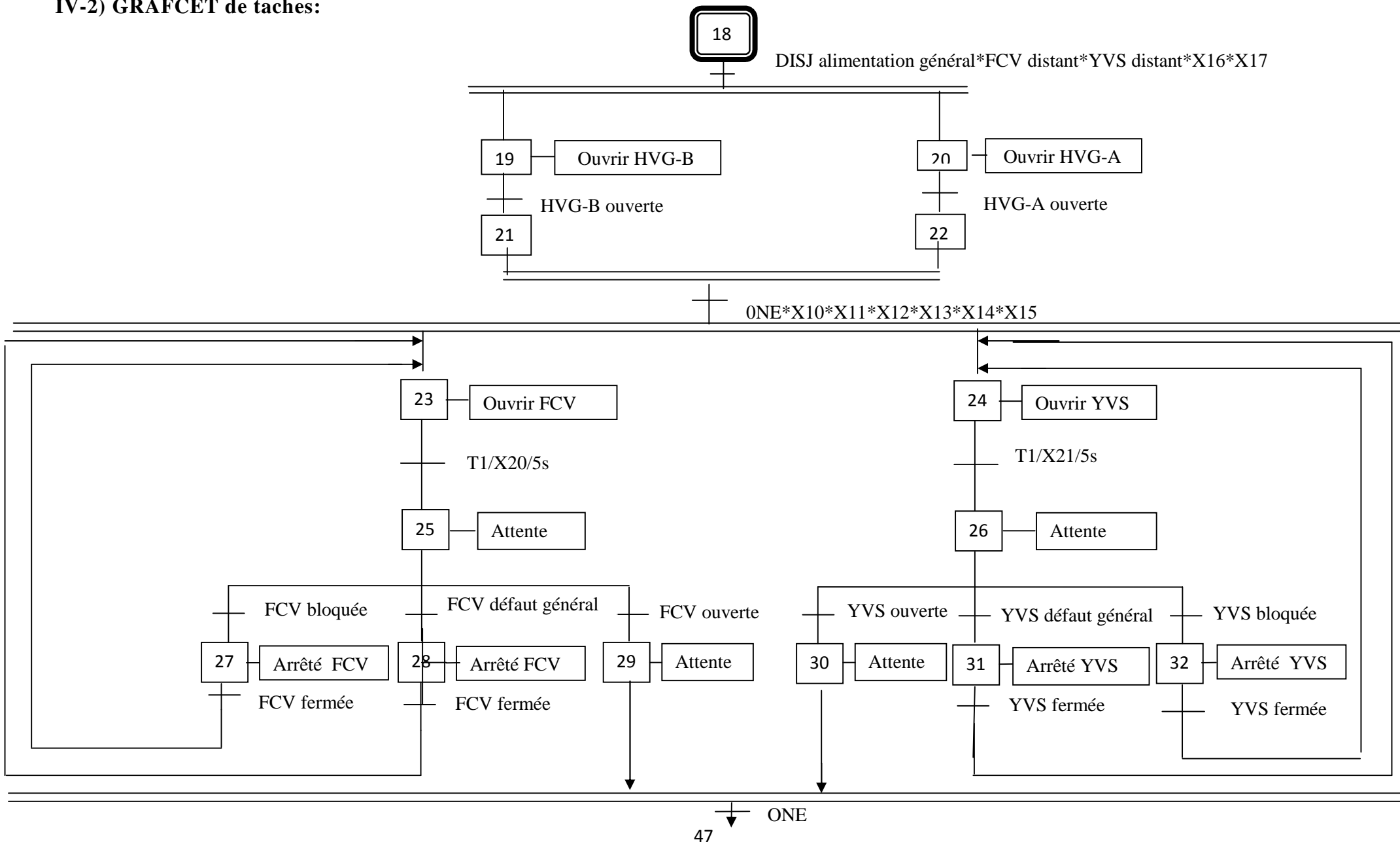


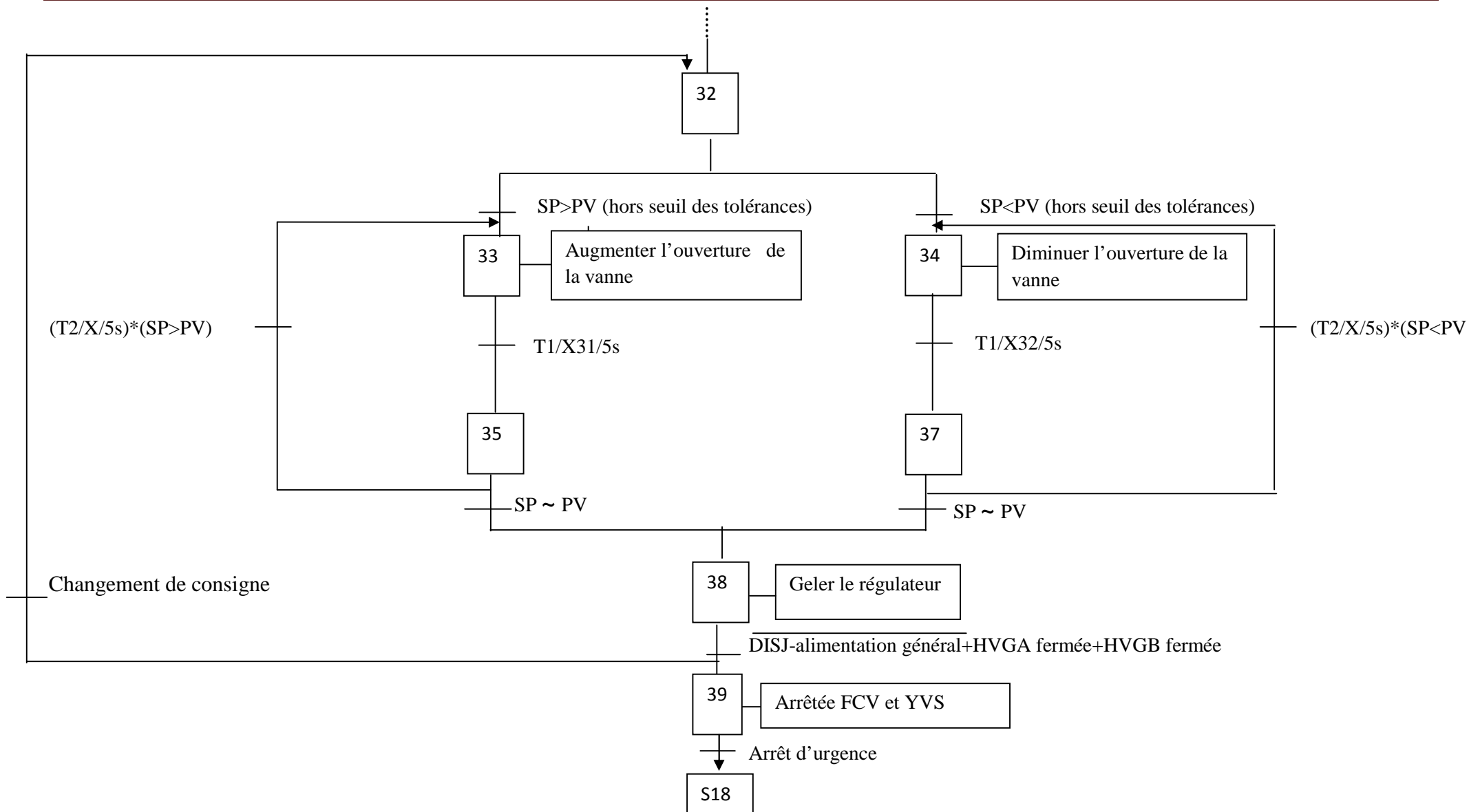
Figure : GRAFCET des alarmes

### Chapitre 3 : modélisation de processus par l'outil GRAFCET

#### IV-2) GRAFCET de tâches:



### Chapitre 3 : modélisation de processus par l'outil GRAFCET



### IV-1) Explication du GRAFCET :

Le Grafcet nous permet de représenter l'évolution de notre système, dont on utilise les structures suivantes :

#### ➤ Convergence ET

- Les deux vannes manuelles s'ouvrent au même temps, après activation de l'alimentation.
- La vanne de service et la vanne de régulation s'ouvrent au même temps, après activation de l'alimentation.

Donc plusieurs étapes doivent être issue d'une même transition (convergence ET).

#### ➤ Divergence ET

- Si les deux vannes manuelles sont ouvertes on doit passer à l'étape suivante.
- Si les deux vannes, la vanne de service et la vanne de régulation, sont ouvertes on doit passer à l'étape suivante.

Donc plusieurs étapes doivent être reliées à une même transition (divergence ET).

#### ➤ Convergence OU

- Les deux vannes, la vanne de service et la vanne de régulation, peuvent avoir trois état différents (bloquée, défaut général, ouverte)
- La régulation de débit peut être réalisée dans deux sens (positivement ou négativement) augmenter ou bien diminuer le débit en suivant la consigne

Donc plusieurs transition sont reliées à une même étape (convergence OU).

### IV-2) conclusion :

Ce chapitre nous a servi à d'écrire les modes de marches et d'arrêt de notre système ainsi sa modélisation par l'outil Grafcet. Les modèles développés ont été validés grâce au logiciel de simulation PLC SIM.

# Chapitre IV

*Développement d'une  
solution programmable et  
écrans de contrôle*

## **Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision**

---

L'automatisation est une technologie qui consiste à commander et gérer les procédés industriels et aussi maîtriser des systèmes de plus en plus complexes. Elle permet l'exécution et le contrôle automatique des tâches par des automates programmables.

Dans ce chapitre nous allons développer une solution de commande programmable qui consiste à ajouter une déportée décentralisée.

### **I) Bases des entrées /sorties**

Après l'étude et l'analyse fonctionnelle de la chambre de prise AZFFOUN, on a déduit les différentes entrées sorties qui vont être gérées par l'automate programmable.

#### **a) Les entrées**

On a deux types d'entrées : ANALOGIQUES et TOR (toutes ou rien).

- Les entrées analogiques sont celles des signaux électriques élaborés par les transmetteurs de pression, de débit et le retour position de la vanne de régulation. Ces signaux sont des courants normaliser entre (4mA, 20mA) ; donc ils sont directement reliés aux modules d'entrées analogiques de l'automate. Et ces modules vont réaliser la conversion de ces signaux issus du processus en signaux numériques pour le traitement interne de l'automate S7-300.
- Les entrées TOR (toutes ou rien) conviennent aux raccordements d'appareils a contacts et détecteur de sécurité (exemple: blocage de l'une des vannes), et celle des signaux élaborés par d'autres capteurs tout ou rien, tel que les disjoncteurs, les alarmes intrusion et les capteurs fin de courses relies aux vannes.

#### **b) Les sorties**

Il existe deux types de sorties dans la configuration de l'automate des sorties toutes ou rien (TOR) et des sorties analogiques, elles sont connectées a la vanne de régulation.

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

---

### I-1) Gamme de l'automate choisie

Après la détermination des différentes entrées /sorties vues précédemment ainsi que la définition des conditions requises pour l'automatisation, notre choix c'est basé sur l'automate de la gamme S7-300 qui existe déjà dans la chambre de prise FREHA/AZAZGA.

#### I-1-1) Définition de l'automate S7-300

L'automate programmable S7-300 est un automate modulaire qui se compose des éléments suivants :

- CPU (computer process unit) ;
- Un module d'alimentation ;
- Des modules d'entrées/ sorties (analogiques, TOR).



Figure IV.1 : Vue général de l'automate S7-300

#### I-1-2) Le choix de l'automate S7- 300

- L'existence de cet automate dans la station ;
  - Très utilisé dans l'industrie et pour son adaptation à la tâche d'automatisation qu'on va réaliser ;
  - Souplesse d'utilisation, grâce à sa simplicité de réalisation et son architecture décentralisée et aux multiples possibilités de mettre en réseau (MPI, PROFIBUS-DP).
- MPI : Multi -point Interface

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

---

### I-1-3) Configuration matérielle

La connaissance de la nature et du nombre des entrées /sorties nécessaire pour le développement de cette solution nous conduit aux choix des modules qui vont répondre a nos besoins.

- Un coupleur IM153-1 (6ES7 153-1AA03-0XB0) ;
- Deux modules de 32 entrées digitales (6ES7 321-1BL00-0AA0) ;
- Un module de 16 sorties digitales (6ES7 322-1BH01-0AA0) ;
- Deux modules de 8 entrées analogiques (6ES7 331-7KF02-0AB0) ;
- Un module de 2 sorties analogiques (6ES7 332-5HB01-0AB0).

Donc la configuration matérielle proposée est comme suit :

#### a) Modules d'entrées

Deux Modules d'entrées TOR : 32 voies ;

Deux Modules d'entrées analogiques : 8 voies.

#### b) Modules de sorties

Un Modules de sorties TOR : 16 voies ;

Un Modules de sorties analogiques : 2 voies.

#### c) Unité centrale (CPU)

La CPU qu'on va utiliser est la CPU315-**2DP** existante dans la chambre de prise AZAGA/FREHA. Elle dispose d'une mémoire de programmation de capacité moyenne ainsi d'une interface PROFIBUS-**2DP maître /esclave**.

Donc elle est destinée aux automatismes mettant en œuvre des structures de périphérie Centralisée et décentralisée. Ainsi que l'interface multipoint MPI qui est un port de Communication intégré de tout Simatic **S7-300**, il permet la mise en réseau de l'automate.

#### d) Coupleur

Notre solution consiste à rajouter une déportée décentralisée (ET200M) et de faire la communication via un PROFIBUS avec la CPU existante dans chambre de prise AZAZGA/FREHA.

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

Notre intérêt au choix d'un coupleur IM153-1 est de pouvoir réaliser une communication par Profibus entre les modules d'entrées/sorties qui se trouve dans la chambre de prise AZEFOUN et la CPU existante dans chambre de prise AZAGA/FREHA.

### e) ET200M

La station de périphérie décentralisée ET200M est un esclave DP modulaire. L'ET200M à la même architecture technique que l'automate programmable S7-300 et peut recevoir en extension les modules périphériques du S7-300 [10].

### f) IM153-1

Est le coupleur esclave de l'ET 200M destiné aux applications standard. [10] La figure (IV.2.) montre un exemple d'une ET200M dotée d'un IM 153-1et des modules périphériques du S7-300 le tout constituant un ensemble périphérique décentralisé relié à une CPU 315-2 DP utilisée comme maître.

The screenshot shows the 'HW Config' software interface. The main window displays a rack of modules connected to a CPU 315-2 DP. The modules are:

- 1: CPU 315-2 DP
- 2: DP
- 3: (Empty)
- 4: DI32xDC24V
- 5: DI32xDC24V
- 6: DO16xDC24V/0.5A
- 7: AI8x12Bit
- 8: AI8x12Bit
- 9: AO2x12Bit
- 10: CP 343-1 Lean
- 11: (Empty)

The secondary window shows the configuration of the IM 153-1 module:

Emplacement	Module	Référence	Entrée	Sortie	Commentaire
1					
2	IM 153-1	6ES7 153-1AA03-0AB0	2045		
3					
4	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0	8...11		
5	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0	12...15		
6	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0		4...5	
7	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0	288...303		
8	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0	272...287		
9	AO2x12Bit	6ES7 332-5HB01-0AB0		272...27	
10					
11					

**Figure IV.2 : configuration matérielle de l'automate**

### I-2) Introduction aux réseaux de terrain

Les réseaux ou bus de terrain sont des dispositifs assurant la transmission d'informations entre les capteurs, actionneurs et systèmes de contrôles /commandes

## **Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision**

---

Par l'intermédiaire d'un support unique (câble, fibre optique, etc.). Ils sont apparus au début des années 80 au sein des systèmes automatisés de productions [11].

### **I-2-1) Avantages**

- Installation locale ou distante du produit plus facile ;
- Extension possible des applications ;
- Transferts de données vers des hôtes répartis pour le traitement et la supervision automatiques du produit ;
- Gestion, diagnostics et réparation à distance de l'équipement ;
- Réduction des coûts de maintenance.

### **I-2-2) Inconvénients**

- Prise en compte de l'information en temps réel (en cours d'évolution) ;
- Sécurité des informations ;
- Choix du réseau ;
- Topologie ;
- Accès au bus ;
- Vitesse ;
- Médium ;
- Standard ou Propriétaire ;
- Coût direct du prix du Bus de Terrain.

### **I-2-3) Ces réseaux de terrain contribuent à réaliser**

- Des gains de câblage importants (suppression des boucles analogiques 4-20mA) ;
- Intelligence déportée ;
- Mais surtout ils permettent de rendre accessibles des services sur tout le site :
- Diagnostic ;
- Programmation.

Aujourd'hui, il existe plus d'une cinquantaine de réseaux de terrain, plus au moins connus, plus au moins utilisés (ETHERNET, MODBUS, PROFIBUS....)

ETHERNET : (Temps de réaction est en S ; Distance : 100km ; Nature d'informations : fichiers)

MODBUS : (Temps de réaction est en 10ms ; Distance: 1km ; Nature d'informations: Word)

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

---

PROFIBUS :( Temps de réaction est en 100ms ; Distance : 10km ; Nature d'informations: Dword) [11].

Dans notre projet on s'intéresse au réseau PROFIBUS-DP

### I-2-4) Utilisation du PROFIBUS DP

#### I-2-4-1) PROFIBUS DP

Le **PROFIBUS (PROCESS FIELD BUS)** est le nom d'un type de bus de terrain inventé par siemens est devenu peu à peu une norme de communication dans le monde de l'industrie.

Le **PROFIBUS-DP** (Decentralised Peripheral ou périphérique décentralisée) est un réseau qui permet la communication de périphériques décentralisés, appareils de contrôle et de nombreux autres appareils de bus de terrain avec les systèmes d'automatisation, la communication sert à l'échange de données entre automates programmables ou entre un automate et les stations décentralisées.

- Le **PROFIBUS-FMS** c'est la communication de plusieurs automates.
- Le **PROFIBUS-PA** (Process Automation) contrôle des équipements de mesure par l'intermédiaire d'un système de contrôle de procédé.

On reconnaît un réseau PROFIBUS-DP par la couleur de son câble (violet) qui est constitué :

- Paire torsadée blindée ;
- Soigneusement isolée par une feuille conductrice et une tresse ;
- 2 conducteurs nommés A et B .
- Fil vert : A, transporte le signal RxD/TxD-N ;
- Fil rouge : B, transporte le signal RxD/TxD+N.

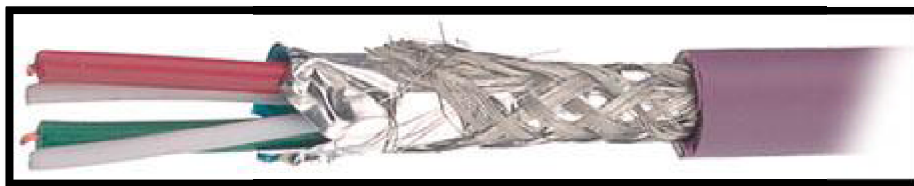


Figure IV-3 : image d'un câble PROFIBUS

#### I-2-4-2) Quelques particularités du PROFIBUS DP

- Connecte 126 stations max ;
- Possibilité de réalisation d'un réseau capillaire (très fin) ;
- Programmation des stations également par bus de terrain ;

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

- Extension modulaire ; le bus de terrain peut croître avec les exigences ;
- Système ouvert ; possibilité de raccorder les appareils de terrain d'autres fabricants ;
- Communication directe avec esclave DP.

### I-2-4-3) Avantages du réseau PROFIBUS DP

- Disponibilité élevée ;
- Sûreté de transport de données ;
- Coupure ou mise en marche d'un appareil de terrain en cours de service sans répercussion sur les autres ;
- Simplicité d'installation et d'exploitation ;
- Fonctions de diagnostic puissantes pour localiser les défauts ;
- Immunité face aux parasites ;
- Vitesse : 1ms à 12mb/s pour 512 bits à 32 esclaves en 1 seul message.

### I-2-4-4) Câblage

En général, les connecteurs PROFIBUS sont des connecteurs DB9.

Le fil "A" est relié au pin n°3 du connecteur DB9, et le fil "B" est relié au pin n°8.

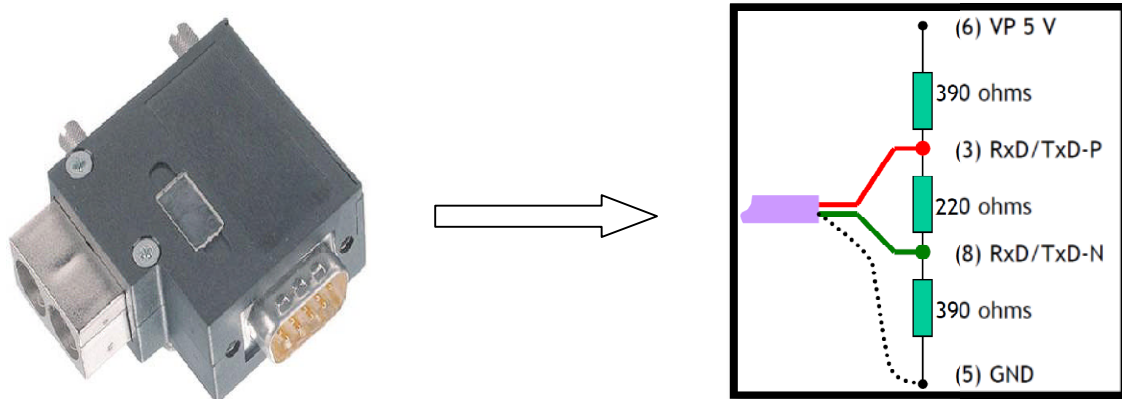


Figure IV.4 : image d'un connecteur profibus

- Résistances de terminaison équivalentes à l'impédance du câble ;
- Résistances pour polariser la ligne en l'absence de signal ;
- En général, intégrées dans le connecteur, activables par un interrupteur.

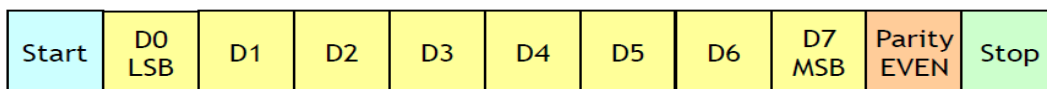
## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

### I-2-4-5) Communication via PROFIBUS-DP

La communication est assurée par un système de télégramme de commande et de réponse. Le maître envoie en continu des télégrammes adressés aux esclaves et il attend de leurs part des télégrammes de réponse.

Le maître peut envoyer un télégramme simultanément à tous les esclaves raccordés au bus.

#### a) Codage du signal



- 1 bit de Start
- 8 bits de donnée
- 1 bit de parité paire
- 1 bit de stop

#### b) Codage des données



Lors de la transmission de données composées de plusieurs bytes

Word (16 bits), Dword (32 bits)

Les octets de poids fort sont transmis d'abord.

## II) Différentes structures de commande automatique

### II-1) La structure centralisée

Dans la configuration traditionnelle (configuration centralisée) d'une installation d'automatisation, les câbles de liaison des capteurs et des actionneurs sont enfichés directement dans les modules d'entrées/sorties de l'appareil de base, entraînant des coûts et un temps de câblage important.

## **Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision**

---

Vu les défaillances apportées par la commande centralisée, SIEMENS recommande d'utiliser le système de périphérie décentralisée ET 200, dans ce cas, la CPU de commande est placée en un point centrale, tant dis que la périphérie fonctionne de manière centralisée sur le site et le système de bus PROFIBUS assure une parfaite communication entre les deux points.

### **II-2) La structure décentralisée (DP)**

La périphérie décentralisée (DP) désigne un réseau maître constitué de maître de périphérie décentralisé et d'esclaves de périphérie décentralisée reliés par un câble de bus et communiquant entre eux via le PROFIBUS-DP dans le but d'assurer l'échange de toutes les informations en provenance des capteurs et des actionneurs [12].

#### **II-2-1) Le maître DP**

Il assure la liaison entre la CPU de commande et les périphériques décentralisés. Il assure l'échange de données avec les périphériques décentralisés par l'intermédiaire du PROFIBUS-DP tout en surveillant celui-ci.

#### **II-2-2) Esclaves DP (dans ce cas déportée)**

Ils formatent les données générées par les capteurs et les actionneurs à distance, de sorte à ce qu'elles puissent être transmises à la CPU de commande via le PROFIBUS-DP.

#### **II-2-3) Avantages**

- Les périphériques (entrées / sorties) peuvent être physiquement très éloignés de l'unité centrale ;
- Grâce à des vitesses de transmission très élevées, PROFIBUS-DP assure une communication parfaite entre l'unité centrale et les périphériques ;
- Réduction des coûts de câblages, le temps de diagnostic et d'intervention en plaçant les modules d'entrées/sorties à la proximité des capteurs et actionneurs.

#### **II-2-5) Topologie**

Echange de données entre maître DP et esclave DP simple c'est à dire des modules d'entrées sorties a lieu via le maître DP, le maître interroge l'un après l'autre chaque esclave configurée dans sa liste d'appel et il leur transmet des données de sortie ou reçoit leurs valeurs d'entrée.

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

Les adresses d'entrées/ sorties sont attribuées automatiquement lors des configurations matérielles. Cette configuration est aussi appelée monomètre c'est-à-dire un DP maître est connectée a un sous réseau PROFIBUS physique avec les esclaves correspondants.

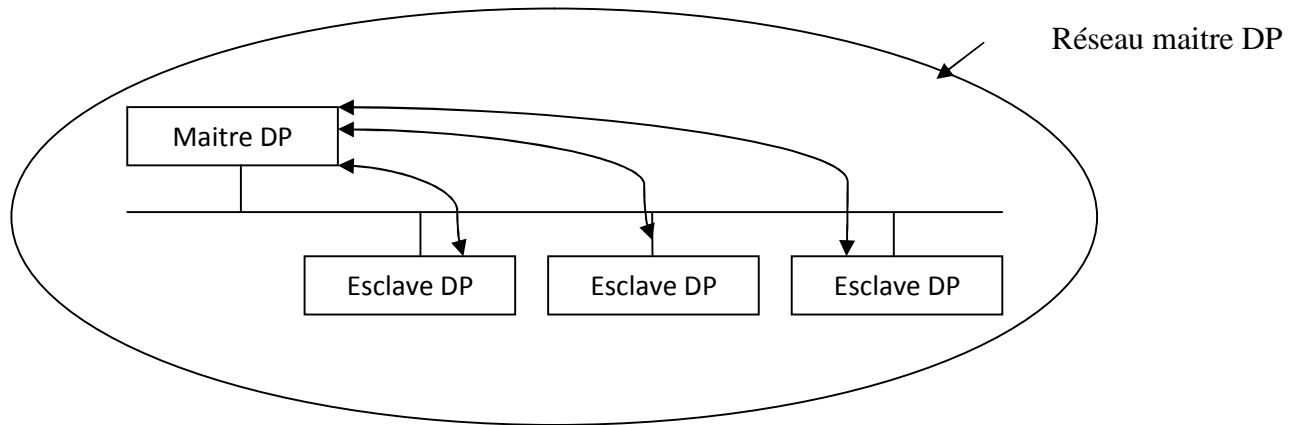


Figure IV.5 : topologie d'une périphérie décentralisée (DP)

### III) Programmation avec le SIMATIC STEP7

#### III-1) Proiciel STEP7

Le STEP7 est un progiciel de base pour la configuration et la conception des programmes pour les systèmes d'automatisation SIMATIC, existant en plusieurs version telles que :

STEP7 micro Win pour les applications du SIMATIC S7-200, SIMATIC Manager pour les applications du S7-300 et S7-400. Il possède trois langages de programmation (CONT/LIS/LOG), assurant la conversion d'un mode à l'autre.

#### III-2) Principe de conception d'une solution de programmation

Deux programmes différents s'exécutent dans une CPU :

- Le système d'exploitation ;
- Le programme utilisateur.

##### III-2-1) Le système d'exploitation

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

Ces taches sont les suivantes :

## **Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision**

---

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

La modification des paramètres du système d'exploitation (des présélections) permet d'influer sur le comportement de la CPU dans des domaines précis.

### **III-2-1) Le programme utilisateur :**

Le programme utilisateur, créé par l'utilisateur et chargé dans la CPU il contient toutes les fonctions nécessaires au traitement des tâches d'automatisation spécifiques.

Il doit vérifier les conditions ci-dessous :

- Déterminer les conditions pour le démarrage et le redémarrage de la CPU (par exemple, initialiser des signaux) ;
- Traiter des données du processus ;
- Réagir aux alarmes ;
- Traiter les perturbations dans le déroulement normal du programme.

### **III-2-3) Les blocs S7**

#### **III-2-3-1) Les blocs systèmes**

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

#### **III-2-3-2) Les blocs utilisateurs**

Ils contiennent le code du programme et les données du programme utilisateur [13].

##### **III-2-3-2-1) Types de blocs utilisateurs**

###### **a) Blocs d'organisations(OB)**

Ils constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur :

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

- Déterminent le comportement de la CPU ;
- Gèrent le traitement cyclique du programme ;
- Sont déclenchés par alarme ;
- Gèrent le comportement à la mise en route de l'automate programmable et le traitement des erreurs.

On peut les classer comme suit :

Type d'alarmes	Bloc d'organisation	Explication
Cycle libre	OB1	Traitement cyclique du programme
Alarmes cyclique	OB35	permettant de démarrer des programmes à des intervalles de temps équidistants (100ms)
Erreurs asynchrones	OB80 (erreur de temps)	Le système d'exploitation de la CPU appelle l'OB80 si l'une des erreurs suivantes se produit lors de l'exécution d'un OB : dépassement du temps de cycle, erreur d'acquiescement lors de l'exécution d'un OB, saut de l'heure de déclenchement d'un OB (horloge avancée)...etc
	OB82 (alarme de diagnostic)	Quand un module capable de diagnostic, pour lequel vous avez validé l'alarme de diagnostic, détecte une modification de son état de diagnostic, il adresse une demande d'alarme de diagnostic à la CPU Le système d'exploitation appelle alors l'OB82.
	OB85 (erreur d'exécution du programme)	Le système d'exploitation de la CPU appelle l'OB85 quand l'un des événements suivants se produit : -Événement déclencheur d'un OB qui n'est pas chargé (exception OB80, OB81, OB82, OB83 et OB86), -Erreur lors de l'accès du système d'exploitation à un bloc. -Erreur d'accès à la périphérie lors de la mise à jour de la mémoire image par le système (si l'appel de l'OB85 n'a pas été réprimé dans la configuration).
	OB86 (défaillance d'unité)	Le système d'exploitation de la CPU appelle l'OB86 dans les cas suivants : -La défaillance d'un appareil d'extension centralisé (pas

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

		<p>pour S7-300) est détectée (qu'il s'agisse d'un événement disparaissant ou apparaissant).</p> <p>-La défaillance d'un réseau maître DP est détectée (qu'il s'agisse d'un événement disparaissant ou apparaissant).</p> <p>-La défaillance d'une station en périphérie décentralisée (PROFIBUS DP ou PROFINET IO) est détectée (qu'il s'agisse d'un événement disparaissant ou apparaissant).</p>
	OB87 (erreur de communication)	<p>Le système d'exploitation de la CPU appelle l'OB87 quand survient un événement provoqué par une erreur de communication.</p> <p>Si vous n'avez pas programmé l'OB 87 et qu'un événement de démarrage survient pour l'OB 87, votre CPU S7-300 passe à l'état d'arrêt</p>
Mise en route	OB100 (démarrage à chaud)	<p>l'OB100 est appelé pour La mise en route de la CPU.</p> <p>(Le traitement du programme recommence au début avec une définition de base des données systèmes et des zones d'opérandes utilisateur, des temporisations, compteurs, mémentos non rémanents sont remis à zéro).</p>
Erreur synchrone	OB121 (erreur de programmation)	<p>Le système d'exploitation de la CPU appelle l'OB121 quand survient un événement provoqué par une erreur au cours du traitement du programme. C'est le cas, par exemple, quand vous appelez dans votre programme un bloc qui n'a pas été chargé dans la CPU</p>
	OB122 (erreur d'accès à la périphérie)	<p>Le système d'exploitation de la CPU appelle l'OB122 quand une erreur survient lors de l'accès aux données d'un module. C'est le cas, par exemple, quand la CPU détecte une erreur de lecture alors qu'elle accède à des données d'un module de signaux.</p>

### b) Blocs de données (DB)

Ils servent à stocker les données du programme utilisateur .Il ya deux types de blocs de données qui sont :

### ➤ Blocs de données globaux

Ils servent à l'enregistrement de données utilisateur : ils contiennent des données variables que le programme utilisateur utilise. Les blocs de données globaux servent à l'enregistrement de données utilisateur pouvant être utilisées par tous les autres blocs.

### ➤ Blocs de données d'instance

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

### c) Blocs fonctionnels (FB)

Les blocs fonctionnels font partie des blocs programmés par l'utilisateur. Un bloc fonctionnel est un bloc avec rémanence (avec mémoire). Un bloc de données d'instance lui est associé qui constitue la mémoire.

### d) Fonction (FC)

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

## III-3) Structure du programme

### III-3-1) Programme linéaire

Toutes les opérations sont contenues dans le même bloc d'organisation OB, qui traite cycliquement le programme.

### III-3-2) Programme segmenté

Les opérations des différentes fonctions sont contenues dans des blocs isolés. L'OB1 appelle ces blocs l'un après l'autre.

### **III-3-3) Programme structuré**

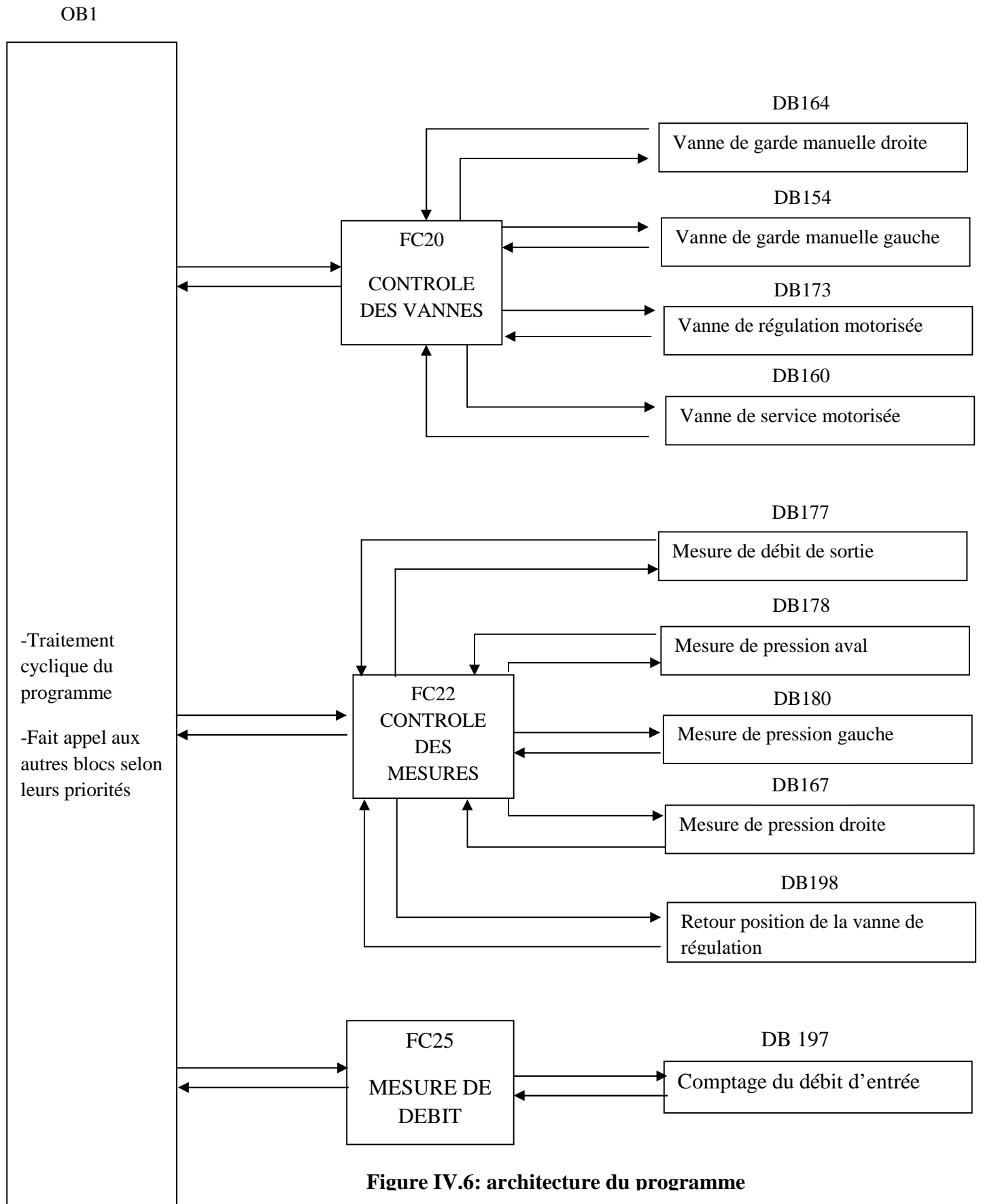
Des fonctions réutilisables sont chargées dans des différents blocs. L'OB1 appelle ces blocs et délivrent les données correspondantes.

Le logiciel de programmation STEP7 permet de structurer le programme utilisateur, c'est-à-dire de le subdiviser en différentes parties autonomes.

Il en résulte les avantages suivants :

- Ecrire des programmes importants mais clairs ;
- Standardiser certaines parties du programme ;
- Simplifier l'organisation du programme ;
- Modifier facilement le programme ;
- Simplifier le test du programme pouvant être exécuté section par section ;
- Faciliter la mise en service.

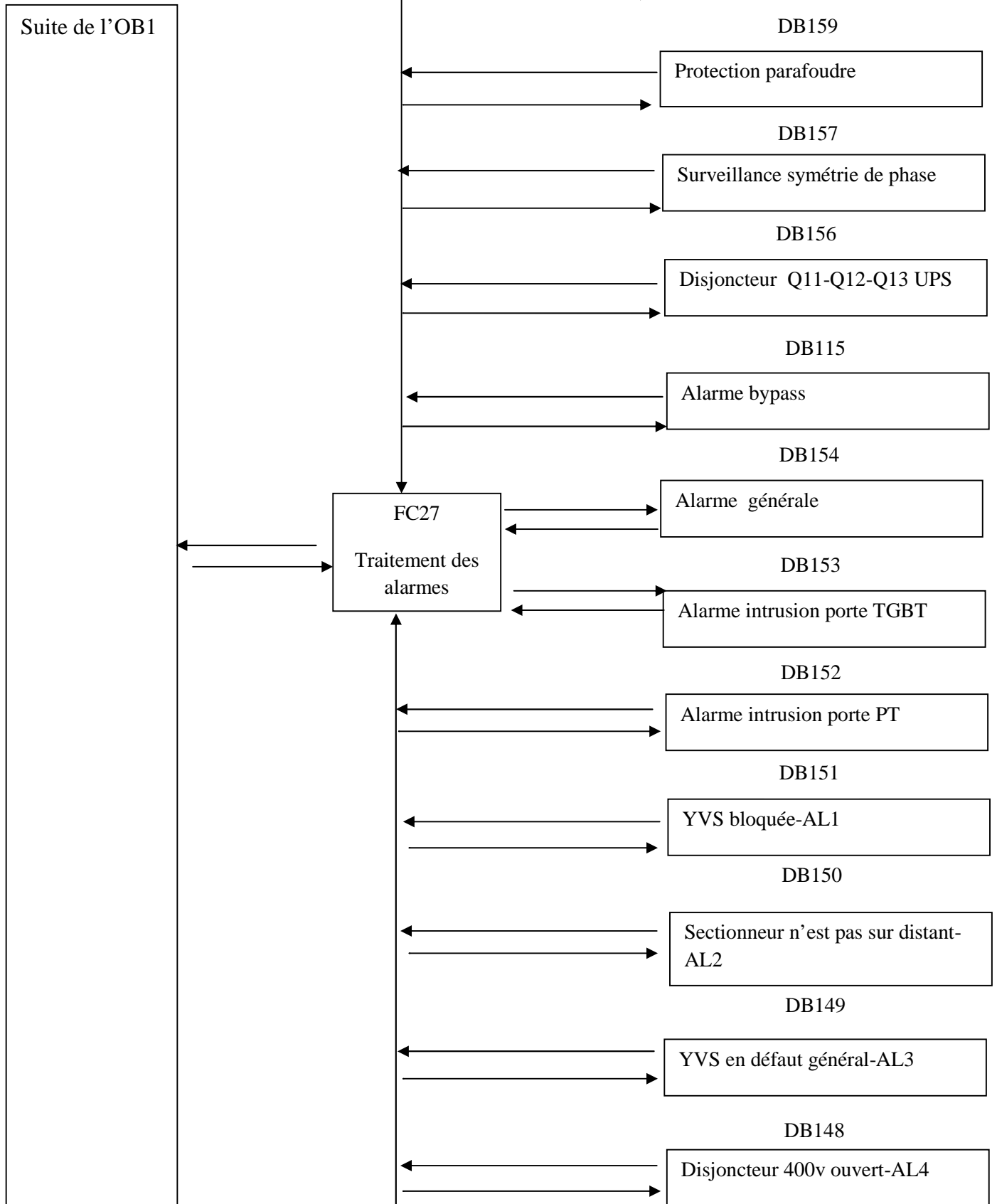
**III-3-4) Représentation de l'arborescence du programme**



**Figure IV.6: architecture du programme**

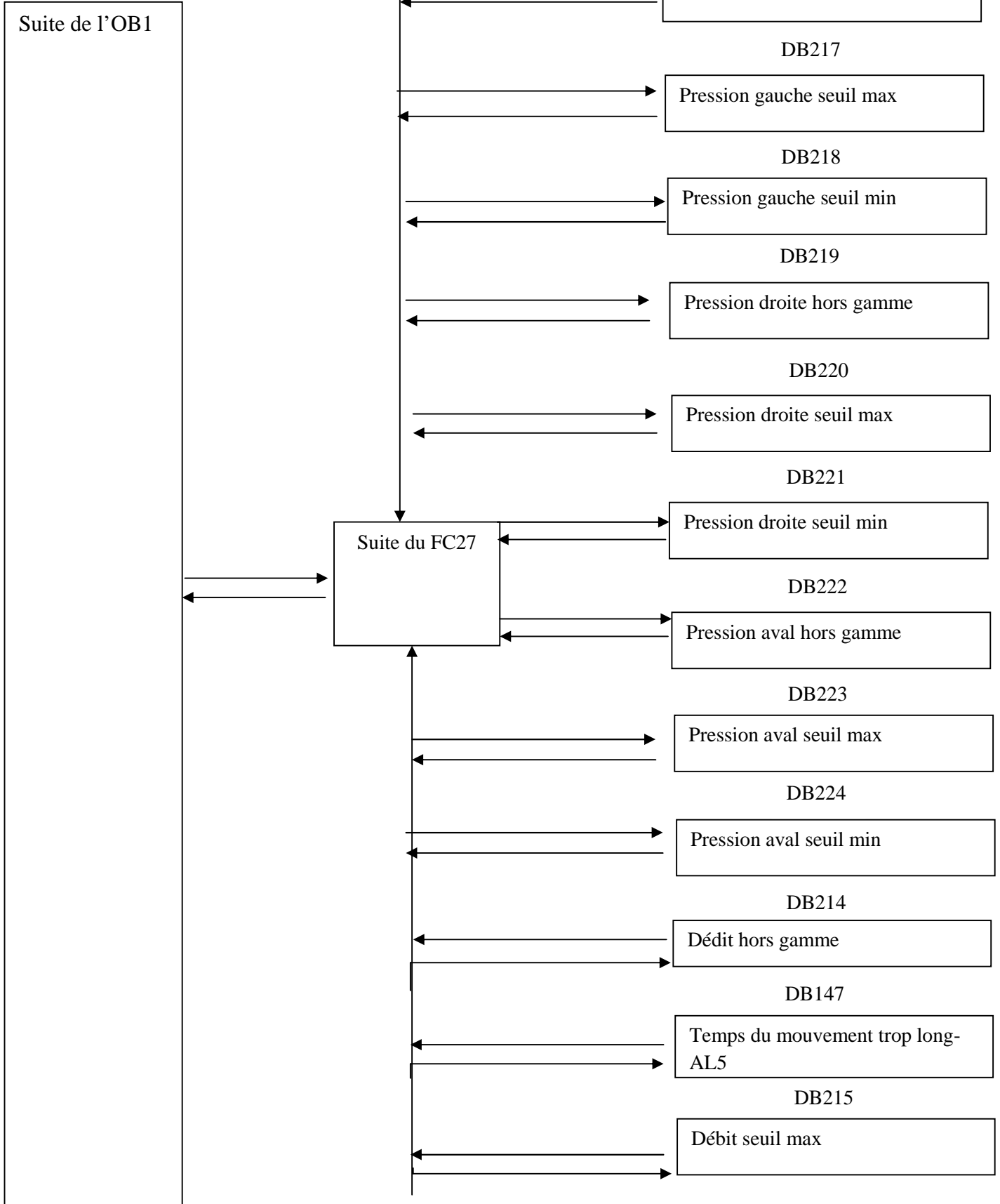
## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

Suite de la figure :

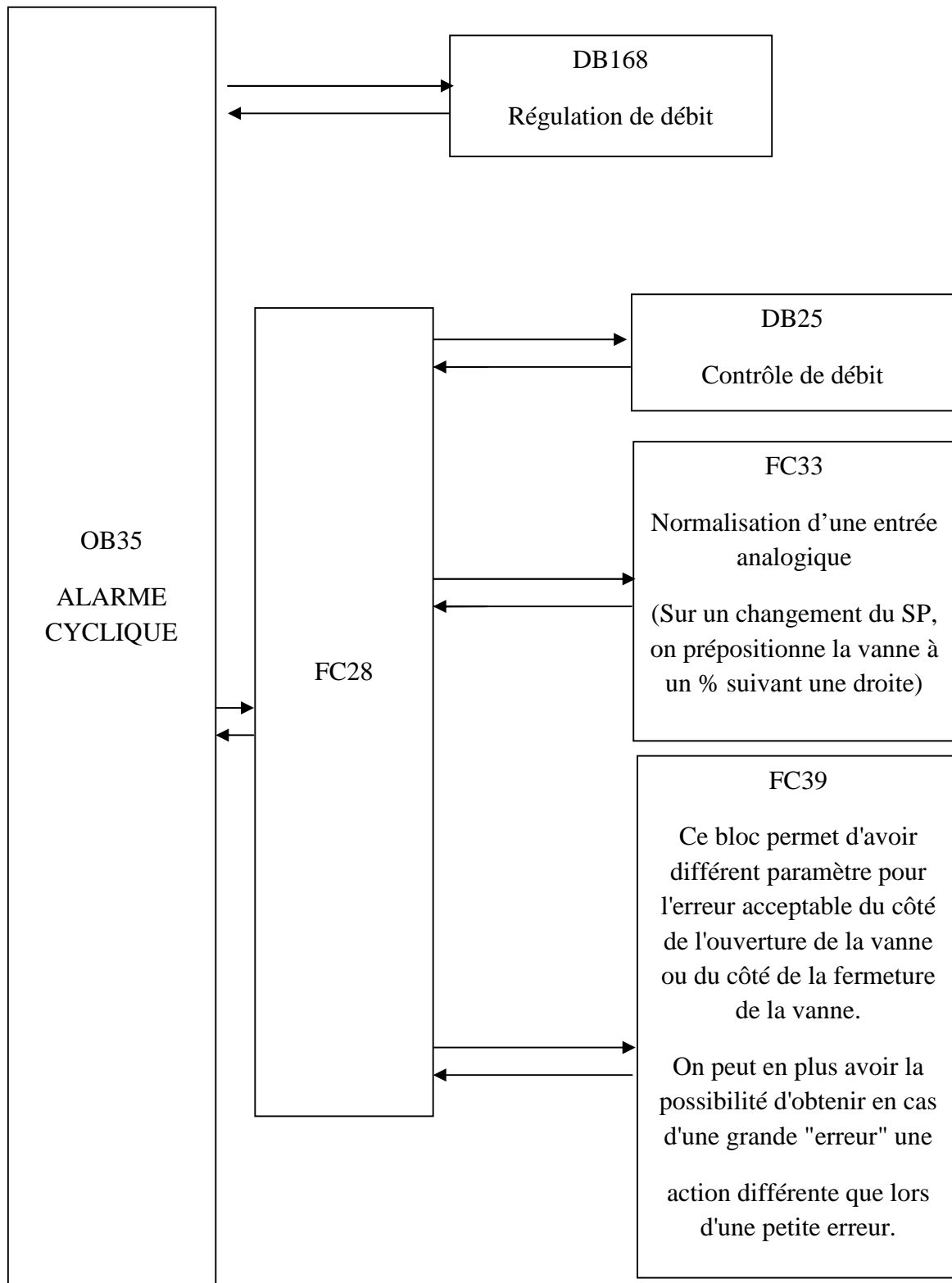


## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

Suite de la figure :



Suite de la figure



### III-4) La régulation

#### III-4-1) La régulation selon la norme DIN 19226

Selon la norme "DIN 19226" sur les techniques de régulation, la commande est le processus dans un système par lequel une ou plusieurs grandeurs, appelées grandeurs d'entrées, influent sur d'autres grandeurs, appelées grandeurs de sorties, selon les lois propres au dit système. La grandeur à réguler est mesurée de façon continue est ensuite comparée avec une valeur donnée en entrée du système. La régulation devra, en fonction du résultat de la comparaison, rapprocher la valeur à réguler de celle donnée en entrée [14].

#### III-4-2) Utilisation des régulateurs

Le régulateur est l'élément central d'une régulation. Il évalue l'erreur calculée par le comparateur, c'est à dire l'écart entre la sortie et la consigne, et en déduit à partir de celle-ci une valeur régulée ou une valeur de correction à transmettre au procédé, afin de corriger la sortie. La sortie du régulateur serait dans notre cas la position de la vanne.

La façon (l'algorithme) dont le régulateur calcule la valeur régulée à partir de l'erreur est la principale activité de la régulation.

#### III-4-3) Réalisation d'un PID sous step7

Pour la réalisation du régulateur qui assure le contrôle de débit nous avons choisit le bloc de régulation continue FB41 "CONT\_C"

##### a) Le bloc FB 41 « CONT\_C »

Le bloc FB 41 « CONT\_C » sert à réguler des processus industriels à grandeurs d'entrée et de sortie continues sur les automates programmables SIMATIC S7. Le paramétrage nous permet d'activer ou de désactiver des fonctions partielles du régulateur PID et donc d'adapter ce dernier au système régulé.

##### b) Etats de fonctionnement (Démarrage et redémarrage)

Le bloc FB 41 « CONT\_C » dispose d'un sous-programme de démarrage qui est exécuté, quand le paramètre d'entrée COM\_RST = TRUE. A la mise en route, l'intégrateur est positionné de façon interne sur la valeur d'initialisation I\_ITVAL. Toutes les autres sorties sont positionnées sur leurs valeurs par défaut.

### c) Description

En plus des fonctions traitant la consigne et la mesure, le FB réalise la fonction de régulation. PID prêt à l'emploi avec sortie continue de la grandeur de réglage et possibilité d'influencer à la main la valeur de réglage.

Il propose les fonctions partielles suivantes :

#### ➤ Branche de consigne

La consigne est l'entrée en format de virgule flottante à l'entrée **SP\_INT**.

#### ➤ Branche de mesure

La mesure peut être lue en format de périphérie ou de virgule flottante. La fonction **CRP\_IN** convertit la valeur de périphérie **PV\_PER** en un nombre à virgule flottante compris entre -100 et +100 %.

#### ➤ Formation du signal d'erreur

La différence entre la consigne et la mesure donne le signal d'erreur. Il traverse une zone morte (**DEADBAND**) pour supprimer la petite oscillation permanente due à la quantification de la grandeur de réglage (par exemple en cas de modulation de largeur d'impulsions avec **PULSMGEN**). Quand **DEADB\_W** égale 0, la zone morte est désactivée.

#### ➤ Algorithme PID

Les actions proportionnelles, intégrale (**INT**) et dérivée (**DIF**) peuvent être activées ou désactivées séparément. Ceci permet de paramétrer des régulateurs **P**, **PI**, **PD** et **PID**, mais aussi un régulateur **I** pur.

#### ➤ Traitement de la valeur de réglage manuelle

Nous pouvons passer du mode automatique au mode manuel et inversement. La grandeur de réglage est asservie à la valeur de réglage manuelle.

L'intégrateur (**INT**) est positionné et forcé de façon interne sur **LMN - LMN\_P -DISV** et le dérivateur (**DIF**) est forcé à 0.

### ➤ Traitement de la valeur de réglage

La fonction LMNLIMIT permet de limiter la grandeur de réglage à des valeurs indiquées. Si la grandeur d'entrée dépasse ces limites, des bits signalent le dépassement. La fonction LMN\_NORM normalise la sortie de LMNLIMIT.

La valeur de réglage est disponible aussi en format de périphérie. La fonction CRP\_OUT convertit la valeur à virgule flottante LMN en une valeur de périphérie

### ➤ Action anticipatrice

Il est possible d'appliquer une grandeur perturbatrice à l'entrée **DISV**.

### III-5) Realisation du régulateur PID sous step 7

1-Sélectionner le dossier Blocs dans SIMATIC Manager [14]

2-Insérer un bloc d'organisation (Insertion ; Bloc S7 ; Bloc d'organisation)

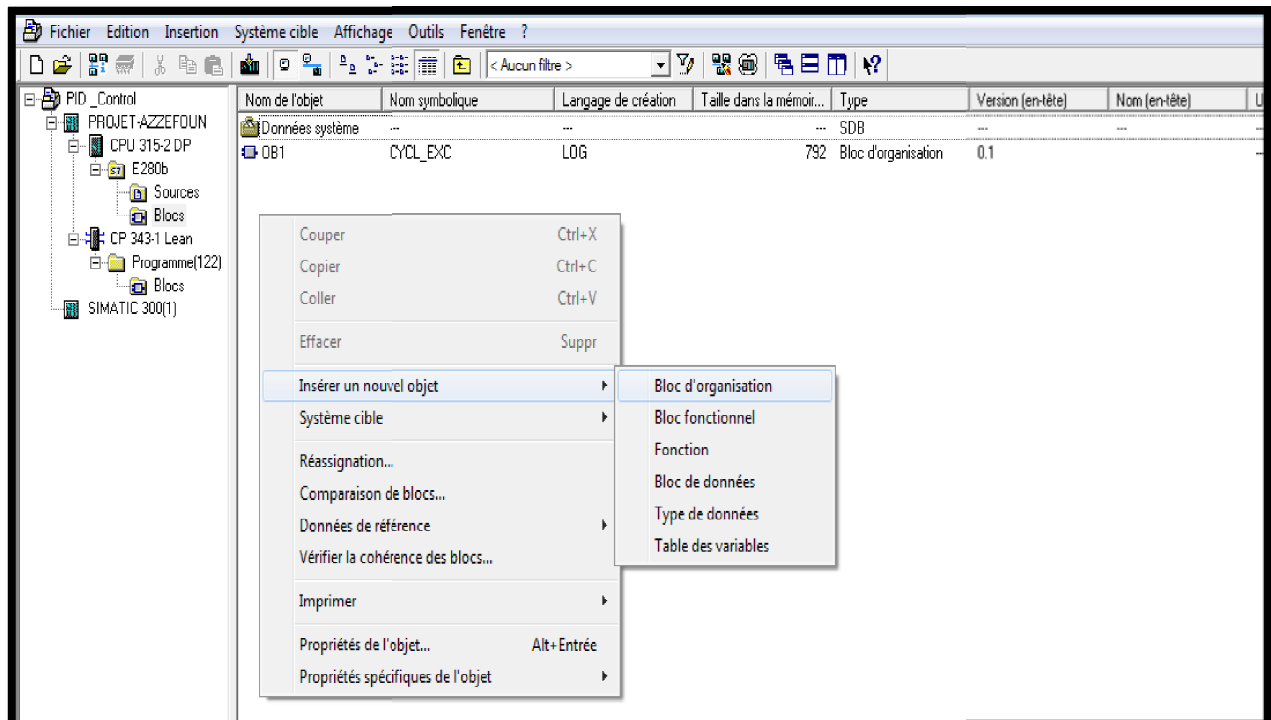


Figure IV.7 : insertion d'un Bloc d'organisation

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

3- Nommer Le OB35 (OB35 ; OK)

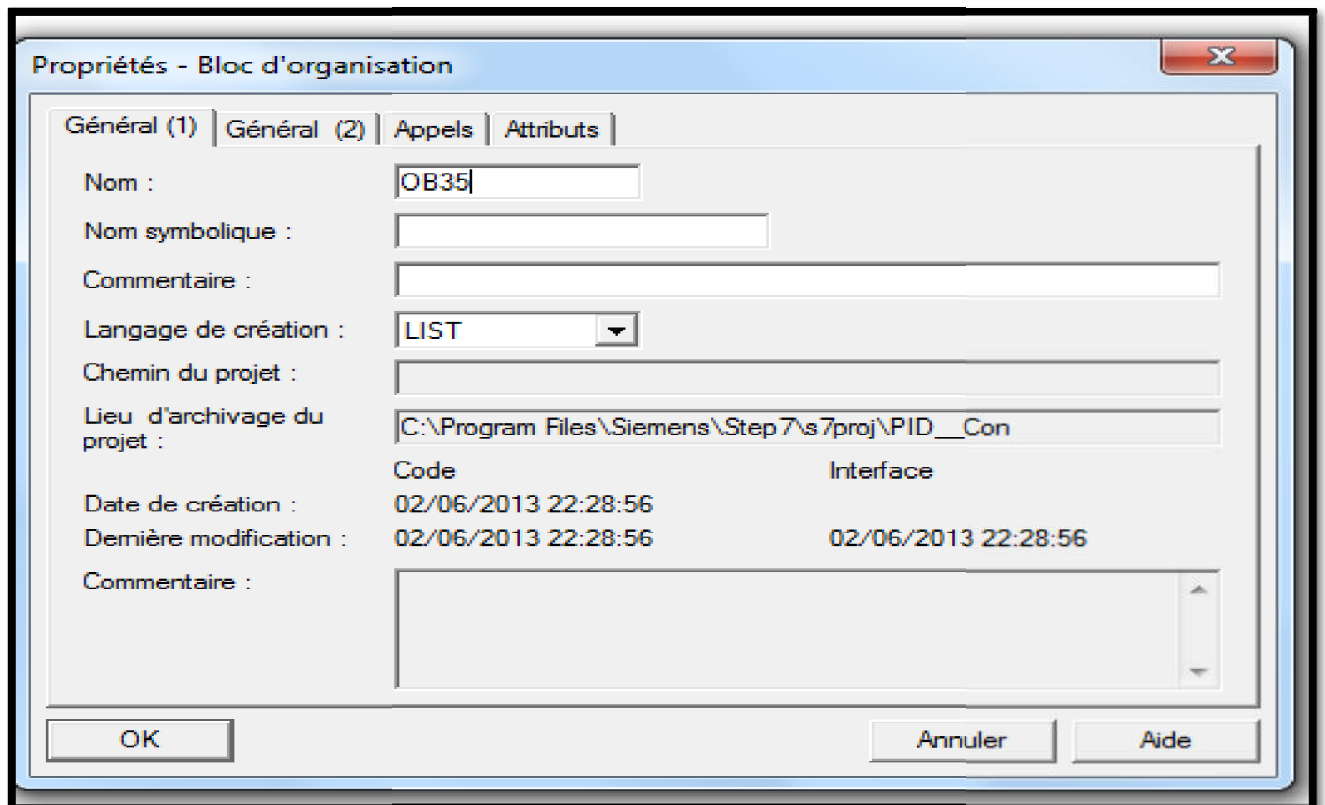


Figure IV.8 : propriété du Bloc d'organisation (OB35)

### Remarque

L'OB35 est un bloc d'alarme cyclique, son utilisation assure une fréquence d'appel constante du bloc (S)FB41 (régulateur PID). Ceci est primordial pour que le régulateur puisse être optimisé grâce au réglage de ses paramètres KP, TN et TV.

Ceci serait impossible si l'on utilisait l'OB1 qui offre une fréquence d'appel incertaine.

4-Dans le programme de configuration matérielle, il est possible de choisir la fréquence d'exécution de l'OB35 en allant dans les propriétés de la CPU sous l'onglet 'Alarmes cycliques'. Ce temps ne doit pas être trop court.

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

On doit s'assurer que le reste du programme et notamment l'OB1 ait le temps de s'exécuter entre deux appels de l'OB35.

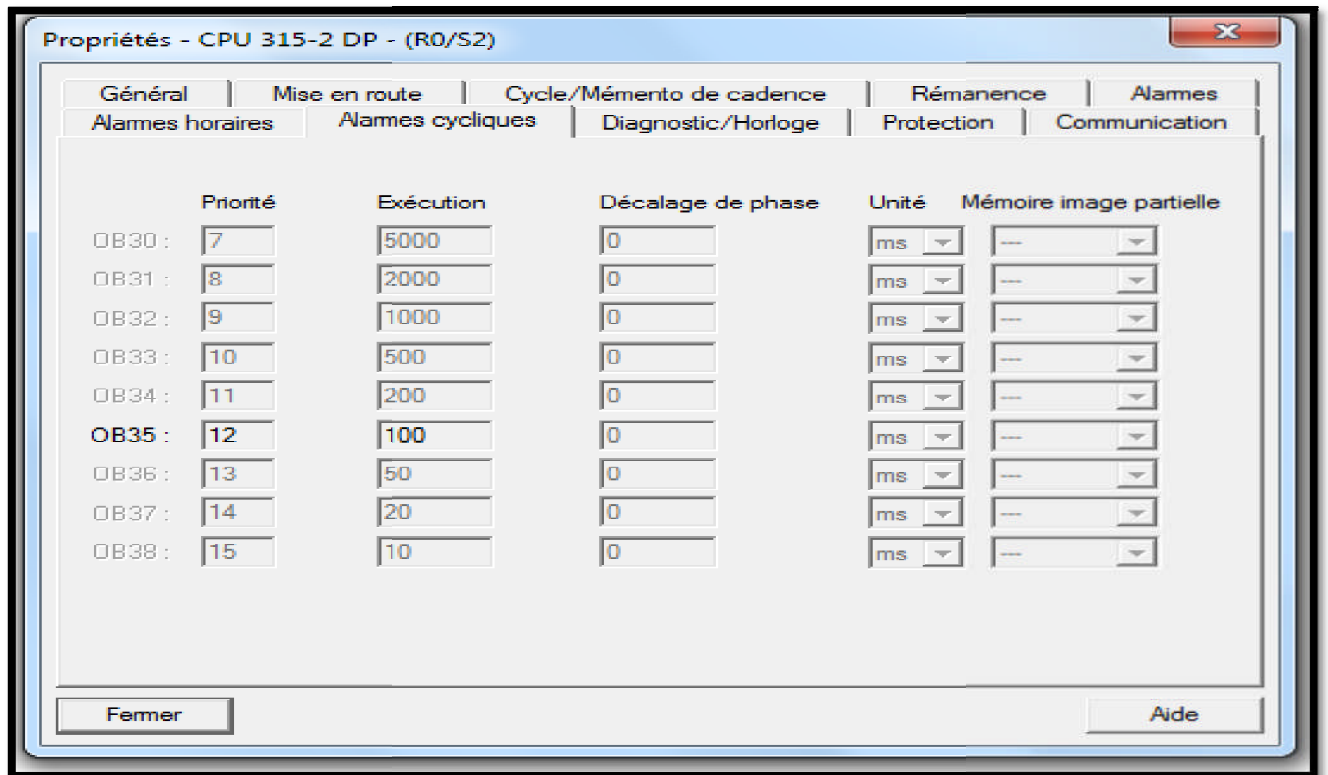


Figure IV.9 : le choix de la fréquence d'exécution de l'OB35

5-Ouvrir l'OB35 à partir de Simatic Manager (OB35)

6-Entrer dans L'OB35 et taper le code du programme dans le premier réseau qui a été ouvert.

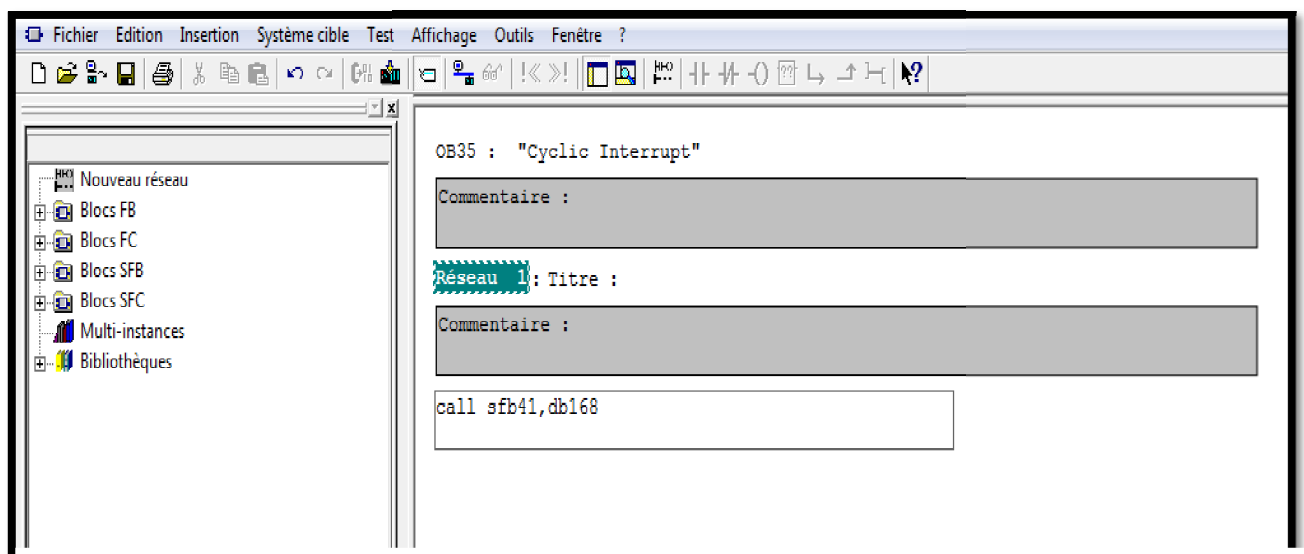


Figure IV.10 : le code du programme pour accéder au Régulateur PID'FB41'

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

Le réseau appelle le bloc ,Régulateur PID 'FB41' en l'associant à un DB d'instance local.

7-Demande de création du DB d'instance s'il n'existe pas avant.

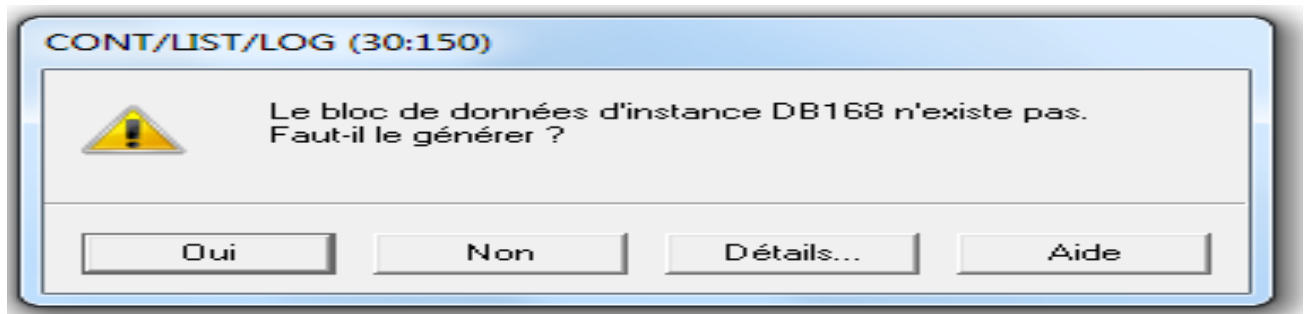


Figure IV.11 : création du bloc de données d'instance (DB168) associé au FB41

8-ensuite une fenêtre s'affiche sur la quelle on doit introduire les paramètres du régulateur ;

La valeur souhaitée, la valeur réelle et la variable d'ajustement doivent être affectées :

**CYCLE** : c'est le temps entre 2 appels du bloc. Dans notre cas, la fréquence d'appel de l'OB35 (100ms).

**PV PER** : Valeur réelle mesurée, directement raccordée à une entrée analogique.

**SP INT**: Valeur souhaitée (consigne) donnée à partir d'une entrée analogique. Celle-ci doit être au format REAL

**LMN PER** : Variable d'ajustement couplée à une sortie analogique.

10- On peut paramétrer Le régulateur PID avec le programme '**Régulation PID**'

Ensuite Sauvegarder et chargé dans la CPU Le bloc de données DB (dans notre cas DB168)

La représentation graphique nous permet d'observer le comportement de la régulation.

Pour déterminer les paramètres du régulateur on a utilisé la méthode d'approche successive.

### Réglage par approches successives

Elle consiste à modifier les actions du régulateur et à observer les effets sur la mesure enregistrée, jusqu'à obtenir la réponse optimale. On règle l'action proportionnelle, puis l'action dérivée et l'intégrale. Cette technique présente l'intérêt d'être simple et utilisable sur n'importe quel type de système. Néanmoins du fait de son caractère itératif, son application devient longue sur des procédés à grande inertie.

### **III-6) Chargement du programme**

Avant de charger le programme il faut vérifier :

- Le module d'alimentation ;
- La CPU est en état marche ;
- Le pc de programmation est connecté à l'interface MPI de la CPU via un câble MPI.

### **IV) Système de supervision SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)**

#### **IV-1) Définition**

Un système SCADA inclut des composants hardware et software. Les éléments hardware assurent la collecte des informations qui sont à disposition du calculateur sur lequel est implanté le logiciel de supervision.

Le calculateur traite ces données et en donne une représentation graphique réactualisée périodiquement.

#### **IV-2) Décomposition d'un système SCADA**

Le système SCADA comprend trois sous-ensembles fonctionnels :

- La commande ;
- La surveillance ;
- La supervision.

##### **a) La Partie commande**

La partie commande comprend toutes les fonctions qui agissent directement sur les actionneurs du système ce qui permet d'avoir :

- Un bon fonctionnement (sans défaillance) ;
- Le contrôle de notre système ;
- Les traitements d'urgence ;
- Une partie de la maintenance corrective.

##### **b) La partie surveillance**

La surveillance est limitée aux fonctions qui collectent des informations, les archivent, font des inférences, etc. sans agir réellement ni sur le procédé ni sur la commande. La surveillance a donc un rôle passif vis-à-vis du système de commande et du procédé.

## **Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision**

---

Cette partie permet de :

- recueillir en permanence tous les signaux en provenance du procédé et de la commande ;
- reconstitué l'état réel du système commandé ;
- faire toutes les inférences nécessaires pour produire les données utilisées pour dresser des historiques de fonctionnement ;
- Mettre en œuvre un processus de traitement de défaillance le cas échéant.

### **c) La partie supervision**

#### **IV-3) Définition de la supervision**

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine, elle présente beaucoup d'avantage pour les processus industriels de production. Elle facilite à l'opérateur la surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé ainsi que son contrôle-commande. Elle permet grâce à des vues préalables créés et configurées à l'aide d'un logiciel de supervision, d'intégrer et de visualiser en temps réel toutes les étapes nécessaires à la fabrication d'un produit et de détecter les problèmes qui peuvent survenir en cours de fonctionnement dans une installation industrielle.

Les fonctions de la supervision sont nombreuses, on peut citer quelques unes :

#### **IV-4) Constitution d'un système de supervision**

La plus part des systèmes de supervisions se composent d'un moteur central (logiciel), auquel se rattachent des données provenant des équipements (automates).

Le logiciel de supervision assure l'affichage, le traitement des données, l'archivage et la communication avec d'autres périphériques.

##### **a) Module de visualisation**

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs des éléments d'évaluation du procédé par ces volumes de données instantanées.

##### **b) Module d'archivage**

Il mémorise des données (alarmes et événements) pendant une longue période, et permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenances ou de gestion de production.

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

### c) Module de traitement

Il permet de mettre en forme les données afin de les présenter via le module de visualisation aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

### d) Module de communication

Assure l'acquisition et le transfert de données et gère la communication avec les API et d'autres périphériques.

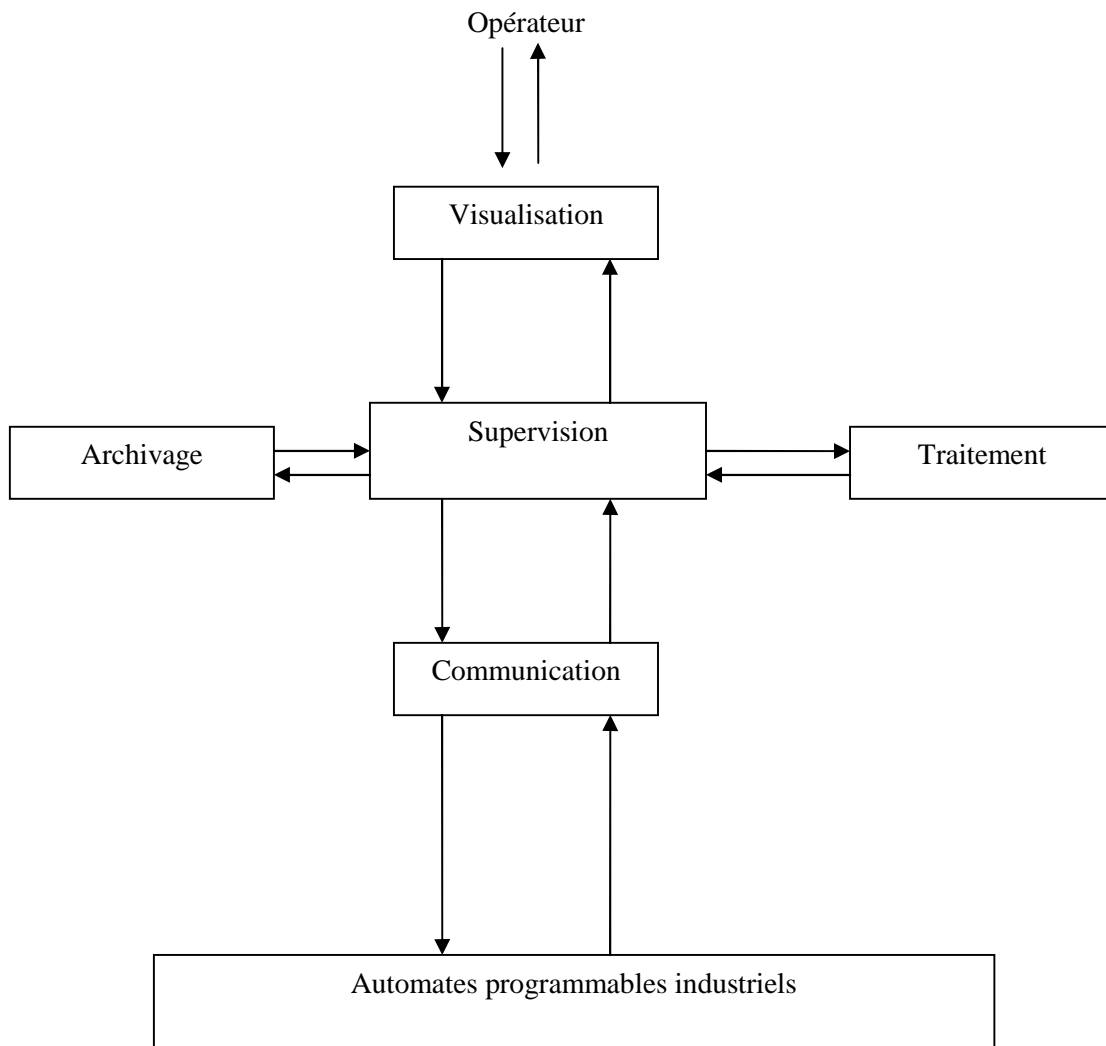


Figure V.13 : Déroulement de la supervision

### IV-5) Le logiciel de supervision WinCC

WinCC est un système IHM "Interface Homme Machine", c'est-à-dire l'interface entre l'homme (l'opérateur) et la machine (le processus). Le contrôle proprement dit du

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

processus est assuré par l'automate programmable (API). Une communication s'établit donc entre WinCC et l'opérateur d'une part et entre WinCC et l'automate programmable d'autre part.

Le système de base WinCC se subdivise en :

- **Logiciel de configuration** (CS) permet de créer un projet.
- **Logiciel runtime** (RT) permet de mettre le projet en œuvre dans le cadre du processus. Le projet est alors "en runtime".

### IV-6) Réalisation des vues de contrôle et de supervision :

- Vue initial

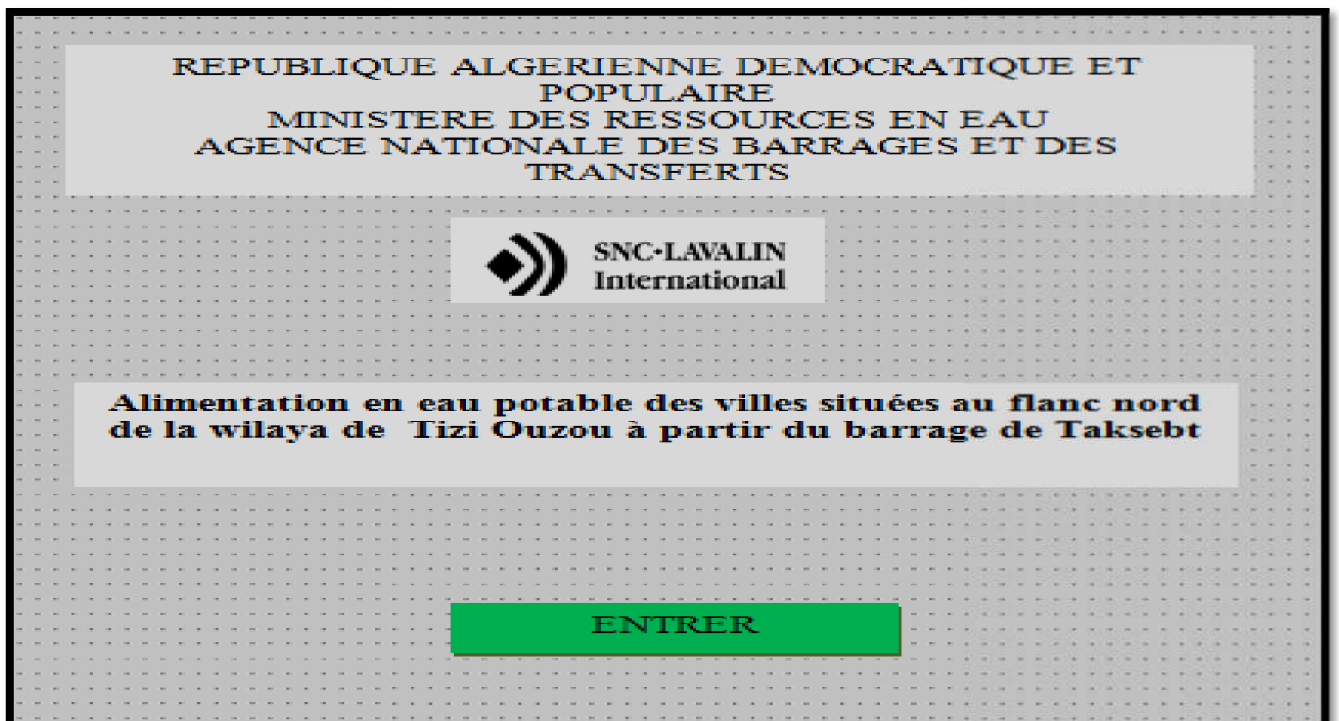


Figure IV-14 : vue d'accueil

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

- La vue de la chaine de refoulement avant d'ajouter la chambre de prise AZE FFOUN :

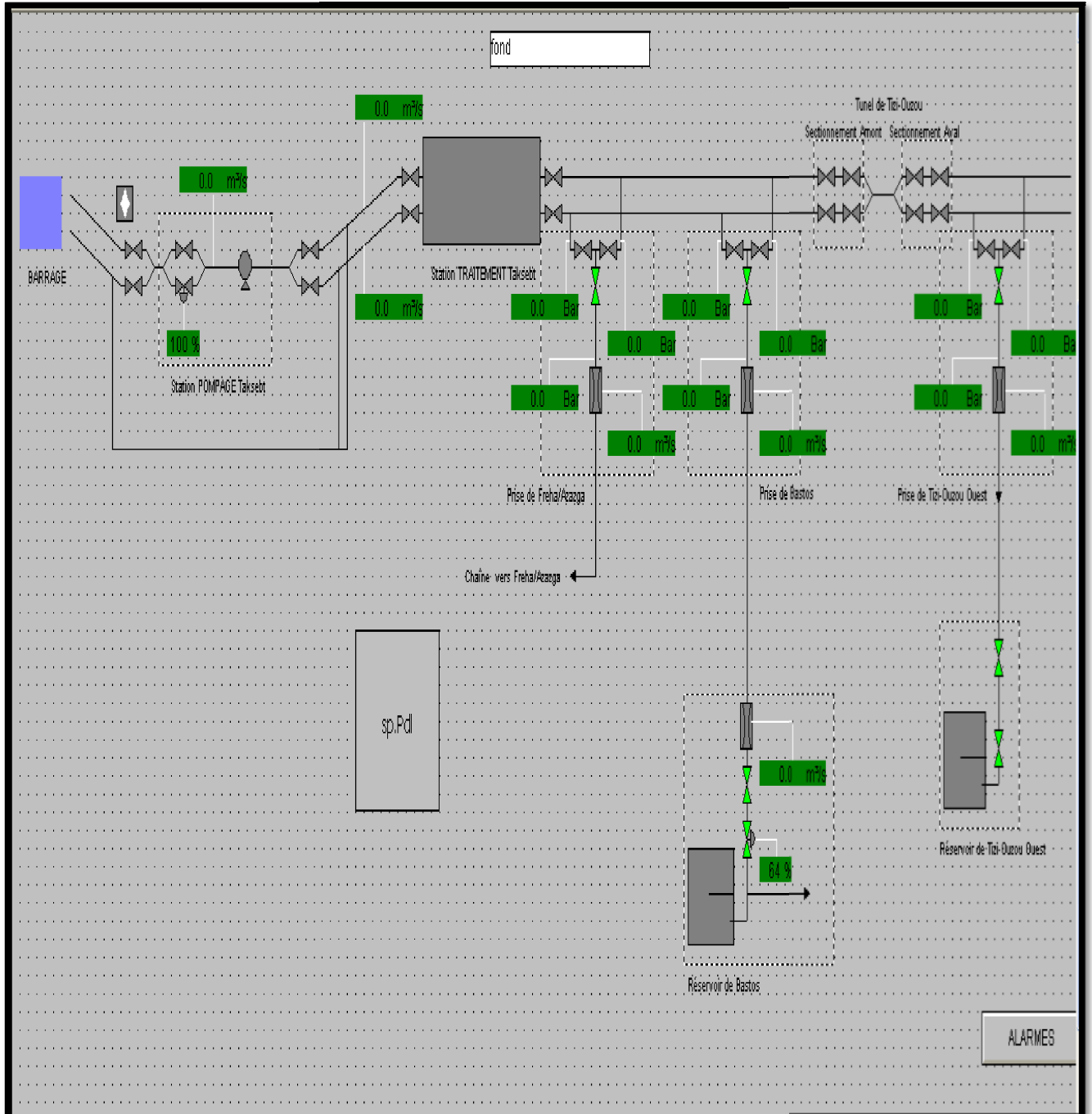


Figure IV .15 : la chaine de refoulement avant d'ajouter la chambre de prise AZE FFOUN

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

- La vue de la chaîne de refoulement avec la chambre de prise AZEFFOUN :

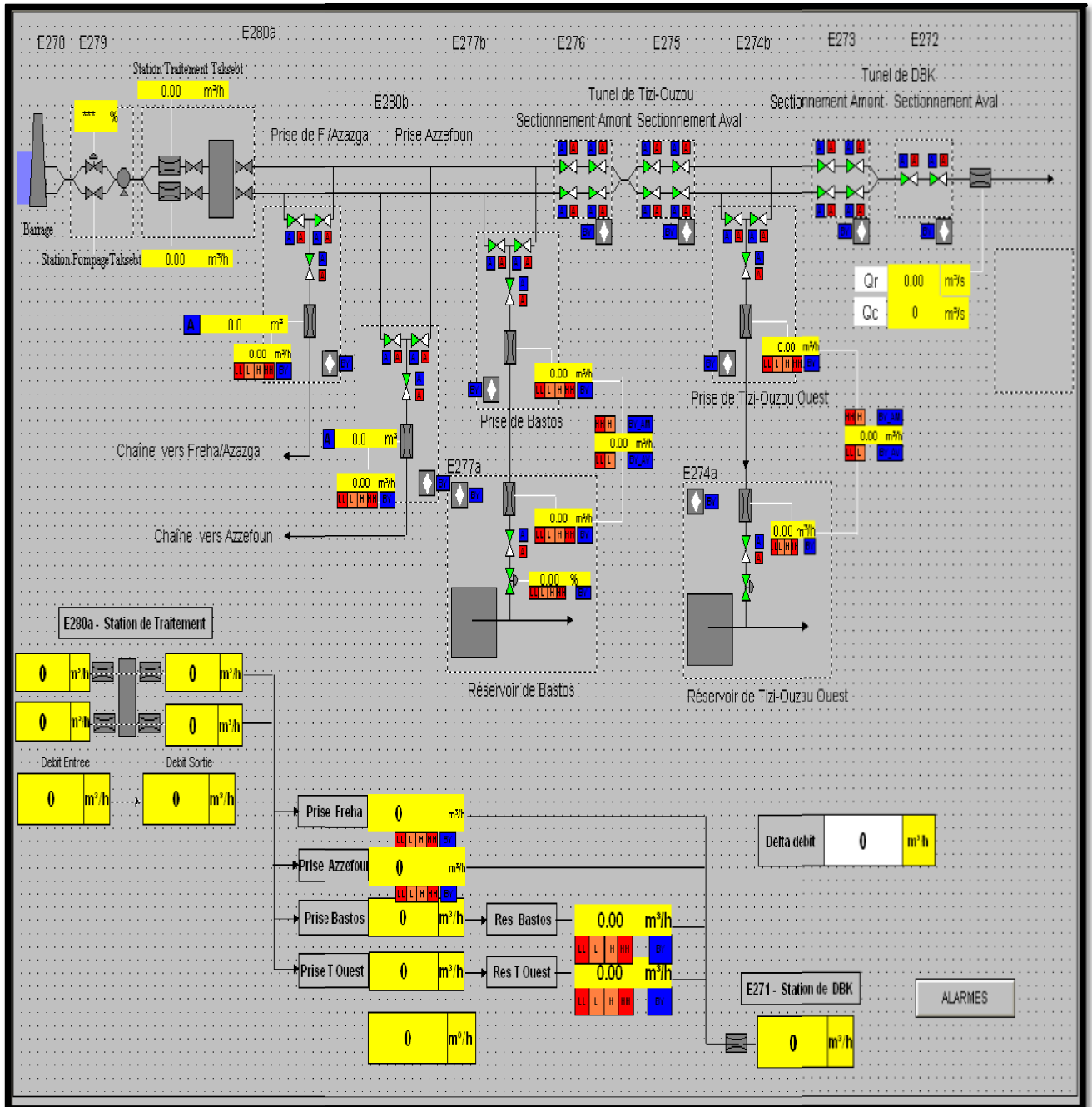


Figure IV .16 : la chaîne de refoulement avec la chambre de prise AZEFFOUN

## Chapitre 4 : Développement d'une solution de commande programmable et des écrans de contrôle et de supervision

- La chambre de prise AZEFOUN :

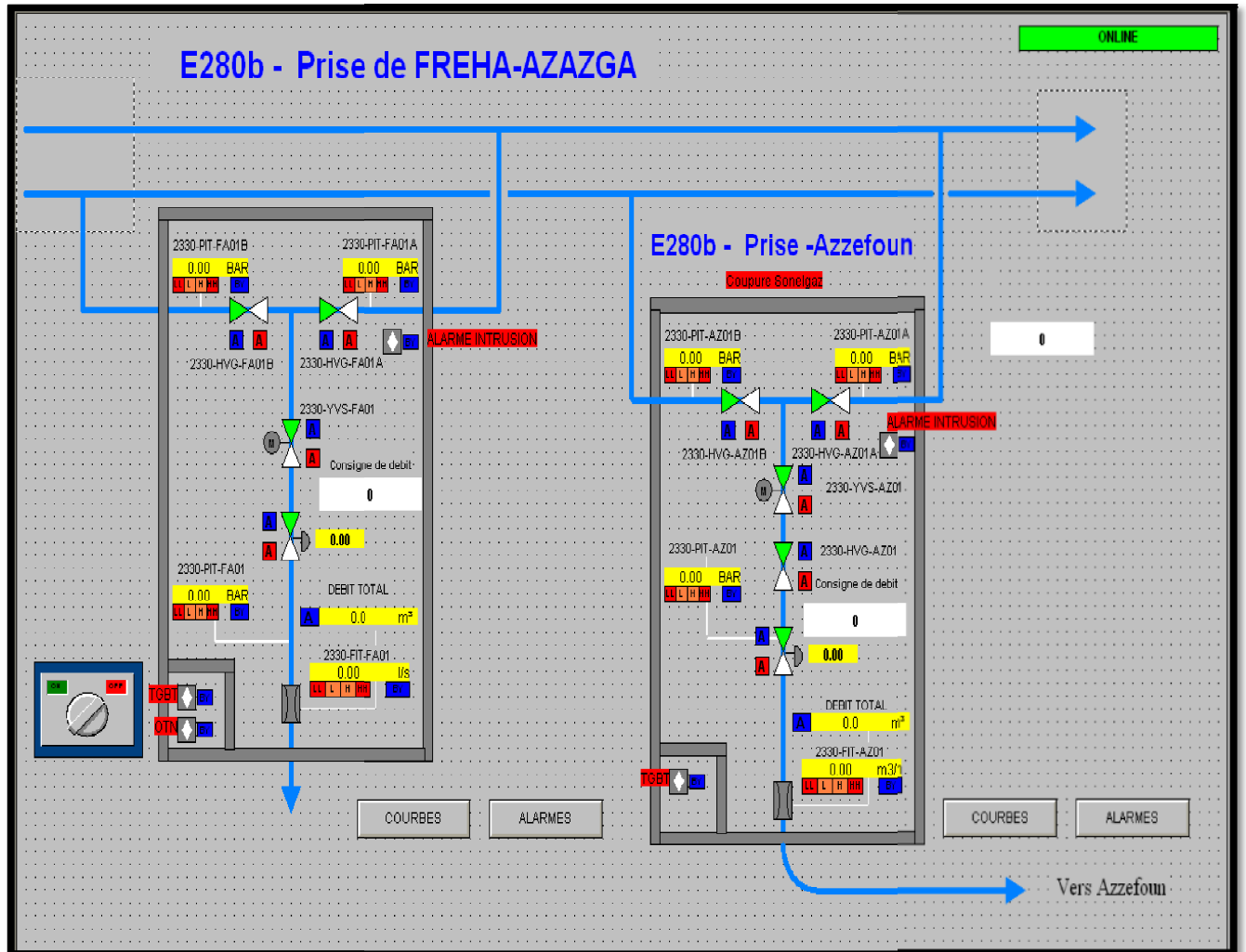


Figure IV.17 : chambre de prise AZEFOUN

### IV-7) Conclusion

Dans le présent chapitre la solution aux problèmes posés au premier chapitre a été proposée ; les résultats de simulations ont été présentés ou l'efficacité de la méthode a été prouvée.



***Conclusion générale***

## Conclusion Générale

---

### Conclusion Générale :

Le travail que nous avons effectué, dans le cadre du projet de fin d'études au sein de l'entreprise **SNC-LAVALIN**, dans la station de traitement, de **TAKSEBT** nous a permis d'une part d'acquérir un savoir faire dans le domaine pratique, de tirer profit de l'expérience du personnels techniques du domaine, découvrir et d'affronter les difficultés du monde industriel. Ceci nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques et de nous familiariser avec les automates programmables industriels Siemens.

Le présent mémoire traite l'automatisation d'un système contrôle-commande d'une nouvelle prise d'alimentation de la chaine d'AZEFFOUN, qui consiste à rajouter une déportée ET200M et de faire la communication via PROFIBUS avec la CPU existante dans la chambre de prise AZAZGA/FREHA.

Après le développement d'une solution de commande, et afin de faciliter la Communication entre l'automate et l'opérateur et la surveillance du système, nous avons développée des écrans de contrôle et de supervision et la visualisation des résultats sous le logiciel WinCC SCADA à prouver l'efficacité de la méthode proposée.

La solution proposée dans ce mémoire est en phase de réalisation sur le site du barrage de Taksebt.

Nous espérons que ce modeste travail puisse apporter un plus et constituer un support supplémentaire aux promotions à venir.

## *Références bibliographiques*

- [1] Documentation technique de SNC-LAVALIN. «Rapport complet Station de traitement TAKSEBT». Février 2007.
- [2] Christian BISSIERS. « Acquisition d'une grandeur physique (capteurs) ». <http://cbissprof.free.fr>.
- [3] Documentation technique de SNC-LAVALIN. « Data sheet débitmètre électromagnétique ». Edition : ENDRESS+HAUSSER. BA082D/14/fr/05.05. 114 pages.
- [4] Documentation technique de SNC-LAVALIN. Data sheet transmetteurs de pression CerabarM ». Edition : ENDRESS+HAUSSER. BA 201P/14/fr/12.03. 45 pages.
- [5] Documentation technique de SNC-LAVALIN. Data sheet vannes AUMATIC.
- [6] PATRICK PROUVOST. « Instrumentation et régulation en 30 fiches ». Edition DUNOD, paris, 2010.
- [7] ADEPA. « LE GEMMA », guide d'études des modes de marche et d'arrêt, ADEPA, Montrouge, 1981.
- [8] Polytech Montpellier. «Automatismes et SED ». ER114- cours. 56 pages
- [9] PATRIK TRAU. « le GRAFCET et sa mise en œuvre ». <http://pat.fr.st>.
- [10] Documentation technique SIEMENS sur les automates.
- [11] Heig\_Vd. « Bus de Terrain ». Cours du CANTA de VAUD. 19pages
- [12] Documentation technique SIEMENS sur les réseaux profibus. « CP S7 pour profibus configuration et mise en service ». Édition 03/2009. C79000-G8977-C181-04. 241 pages
- [13] Documentation technique SIEMENS. « Programmation avec STEP7 ». Edition 05/2010. A5E02789667-01. 715 pages.
- [14] Documentation technique SIEMENS. « Techniques de régulation avec STEP 7 ». Edition : 05/2004; fr : 06/2005. 63pages.