

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud MAMMERY, Tizi-Ouzou**



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

**Mémoire de Fin d'Etudes**

En vue de l'obtention du diplôme

*D'Ingénieur d'Etat en Automatique*

***Thème***

**Optimisation de la consommation de l'énergie  
dans la station de pompage de TAKSEBT**

Proposé par :

**Mr. H.ADLI**

Dirigé par:

**Mr. A.LAKHLEF**

Présenté par :

**M<sup>elle</sup>.AIT ALI KAHINA**

**M<sup>elle</sup>. ALLIK SALOUA**

Soutenu le : /07 /2010

*Promotion 2010*

# Remerciements

Arrivé au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre gratitude et notre profond respect pour notre Co- promoteur Mr ADLI qui nous a proposé ce thème ainsi pour son aide et suivi durant l'élaboration de ce travail.

Nous remercions tout le personnel de SNC LAVALIN qui nous a toujours accueillis avec beaucoup de gentillesse et de patience.

Nous remercions également toute les personne qui nous ont soutenu et encourager pour aller au bout de ce travail, en particulier nos familles.

Nos derniers remerciements vont aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger ce travail, et d'apporter leurs réflexions et suggestions scientifique.

# *Dédicaces*

*Je dédie ce mémoire à toutes les personnes que j'aime beaucoup :*

 *Ma mère : Djouher*

 *Mon père : Ali*

 *Mes frères : Farid, Mustapha, Rafik, Yacine, Nacim et Omar*

 *Mes sœurs : Naima et Samia*

 *A tout mes amis d'automatique et de la faculté de génie électrique*

 *A mon binôme Allik Saloua et a toute sa famille*

# Dédicaces

*Je dédie ce travail a:*

-  *Mes chers parents.*
-  *Mon fiancé que j'aime très fort, je le remercierai jamais assez pour sa présence à mes cotés tout au long de ce travail.*
-  *Mes frères et sœurs, surtout ma petite sœur HANNENE*
-  *Ma chère grand-mère maternelle à qui je souhaite une longue vie.*
-  *A la mémoire de mon défunt beau frère, malgré son absence, on le prend toujours dans nos cœurs.*
-  *Mes neveux et nièce (aghilase, moumouh, kenza).*
-  *A toute la famille Allik.*
-  *Belle famille.*
-  *A mon binôme Ait Ali kahina, avec qui j'ai partagé ce travail et à toute sa famille.*

*Saloua ALLIK*

# SOMMAIRE

## **Chapitre I : Présentation et analyse fonctionnelle de la station**

I.1 Introduction .....	01
I.2 présentation de la station de pompage.....	01
I.2 .1 Partie hydraulique.....	03
I.2.2 Partie électrique .....	04
I.3 fonctionnement.....	07
I.3.1 Fonctionnement générale.....	07
I.3.2 Mode de fonctionnement.....	08
I.3.2.1 Mode remplissage tuyauterie RT.....	08
I.3.2.2 Mode Arrêt.....	09
I.3.2.3 Mode de dérogation / Mode Manuel .....	09
I.3.2.4 Mode automatique.....	09
I.4 Capteurs et actionneurs.....	10
I.4.1 Capteur.....	10
I.4.2 Actionneur.....	12
I.4.2.1 Bloc de vanne .....	12
I.4.2.2 Le groupe électropompe.....	14
I.5 Mesures et contrôle de pression (PMC 41) .....	18
Conclusion.....	18

## **Chapitre I I: automates programmables industriels et langage de programmation**

II.1 Introduction .....	19
II .2 Généralités sur les automates programmables.....	19
II.2.1 Définition d'un automate programmable industriel .....	19
II.2.2 Structure générale d'un automate programmable.....	19
II.2.3 Structure interne d'un automate programmable.....	20
II.3 Choix d'un automate .....	21

II.4 Présentation du micro automate S7-200 .....	22
II.4.1 Définition.....	23
II.4.2 Composantes principales de micro-automate S7-200.....	23
II.5 Automate programmable industriel S7-300.....	24
II.5.1 Les caractéristiques du S7-300.....	24
II.5.2 Modularité de S7-300.....	24
II.6 Périphérique de communication extérieur.....	28
II.6.1 La console de programmation Field PG.....	28
II.6.2 Multi panel 270.....	28
II.6.2.1 Constitution de MP 270.....	29
II.6.2.2 Configuration avec PROTOOLS CS/.....	31
II.7 Langage de programmation STEP 7.....	32
II.7.1 Définition.....	32
II.7.2 Eléments d'un programme utilisateur.....	32
II.7.2 Structure du programme.....	33
Conclusion... ..	34

### **Chapitre III : Les différentes boucles de régulation**

II.1 Introduction.....	35
III .2 Les différentes boucles de régulation.....	35
III.2.1 Régulation mono var .....	35
III.1.1.1 Equipement de réglage .....	37
III.1.1.2 Basculement entre les deux modes (mono var /by-pass).....	37
III.1.1.3 Exemple d'explication .....	42
III.1.1.4 Mode de fonctionnement.....	43
III.1.1.4.1 mode d'alimentation conduite principale (DN2200).....	43
III.1.1.4.2 Mode d'alimentation by-pass (DN1800+mono var).....	43
III.1.2 Régulation des pompes (optimisation de l'énergie).....	45
III.1.2.1 Equipement de réglage.....	46
III.1.2.2 Fonctionnement.....	46
III.1.2.2.1 Boucle débit (boucle principale).....	46

III.1.2.2.2 Sous Boucle à partir de la pression de l'aspiration.....	46
III.1.2.2.3 Sous Boucle à partir de la pression de refoulement.....	47
III.1.2.3 Modes de régulation .....	47
III.1.2.3.1 Régulation débit .....	47
III.1.2.3.2 Régulation à partir de l'aspiration.....	47
III.1.2.3.3 Régulation à partir du refoulement.....	48
III.2 Interprétation des équations utilisées dans les différentes boucles.....	48
III.3 Partie pratique.....	50
Conclusion.....	51

## **Chapitre IV : Optimisation d'énergie avec les blocs CFC**

IV.1 Introduction.....	52
IV.2 Définition de CFC.....	52
IV.3 Mise en route.....	52
IV.3.1 Elaboration d'une régulation avec système réglé simulé.....	52
IV.3.1.1 Création d'un projet .....	52
IV.3.2 Editeur d'un diagramme .....	55
IV.3.2.1 Enoncé du problème.....	55
IV.3.2.2 Insertion des blocs .....	55
IV.3.2.3 Compilation et chargement du diagramme.....	56
IV.3.2.4 Test du programme.....	57
IV.3.2.5 Commutation du mode de test .....	57
IV.3.2.6 Activation du mode test.....	58
IV.4 Les blocs CFC utilisés dans la station de pompage.....	58
IV.4.1 Blocs régulation mono var (CFC : REGUL_MONO).....	69
IV.4.2 Bloc régulation pompe (CFC : REGUL_PMP).....	60
IV.4.3 Bloc régulation débit (CFC : REGUL_DEBIT).....	61
IV.4.4 Bloc optimisation d'énergie (CFC : OPTI_ENERG).....	63
Conclusion.....	66

# *Introduction générale*

## **Introduction générale**

L'Algérie souffre aujourd'hui d'un déficit chronique d'eau qui engendre des situations de pénurie, notamment en milieu urbain. Dans les régions de l'Algérois et de la Kabylie, les besoins en eau ne sont couverts qu'à hauteur de 55%. Les Autorités algériennes ont donc engagé une réforme abstraite visant à accroître les investissements et à améliorer la gestion du secteur de l'eau. L'un des volets importants de ce programme est la mobilisation de nouvelles ressources en eau pour couvrir les besoins des trois wilayas d'Alger, de Boumerdes et de Tizi Ouzou. Ce programme comprend la construction du barrage de TAKSEBT et l'aménagement de son infrastructure aval (transfert) en direction principalement d'Alger.

Le projet est réalisé par la société canadienne SNC LAVALIN en collaboration avec l'Agence Nationale des Barrages et Transferts (l'ANBT). Il comprend la construction d'une station de traitement, d'une station de pompage, de tunnels et d'une canalisation d'une longueur de 95 kms, permettant de transférer 150 millions de m<sup>3</sup> par an.

Notre travail consiste sur l'étude de la station de pompage de TAKSEBT tout en essayant d'optimiser l'énergie électrique au niveau des groupes électropompes. Pour garantir le bon fonctionnement de ces derniers quatre blocs CFC sont distingués comme meilleure solution à fin d'améliorer la consommation énergétique.

Pour mieux développer notre thème et mener bien notre travail, nous avons jugé utile de le subdiviser en quatre chapitres.

- Dans le premier chapitre nous avons analysé et défini les différents éléments qui constituent cette station.
- Le deuxième chapitre consiste à étudier les automates programmables industriels qui existent au sein de cette station et leur langage de programmation.
- Le troisième chapitre est entièrement consacré à l'étude des différentes boucles de régulation.
- Dans le quatrième chapitre nous allons procéder à l'optimisation de l'énergie en utilisant des blocs CFC qui est un logiciel optionnel du STEP 7.

Nous terminerons notre travail par une conclusion générale.



*Chapitre I*

Présentation et analyse  
fonctionnelle de la station de  
pompage

**I.1 Introduction**

La station de pompage d'eau de TAKSEBT se situe dans la région de THALA BOUNAN dans la wilaya de TIZI-OUZOU, elle a pour objectif d'alimenter en eau potable les couloirs TIZI-OUZOU - ALGER à partir du barrage du TAKSEBT. La production nominale de la station de pompage est de 605 000 m<sup>3</sup> /j (7000l/s) basée sur l'approvisionnement en eau brute à partir du Barrage.

L'étude de ce chapitre est consacrée sur la présentation et l'analyse fonctionnelle de la station de pompage.

**I.2 présentation de la station de pompage**

La station de pompage est conçu pour pomper de l'eau vers la station de traitement, elle comprend deux parties (partie hydraulique et électrique).

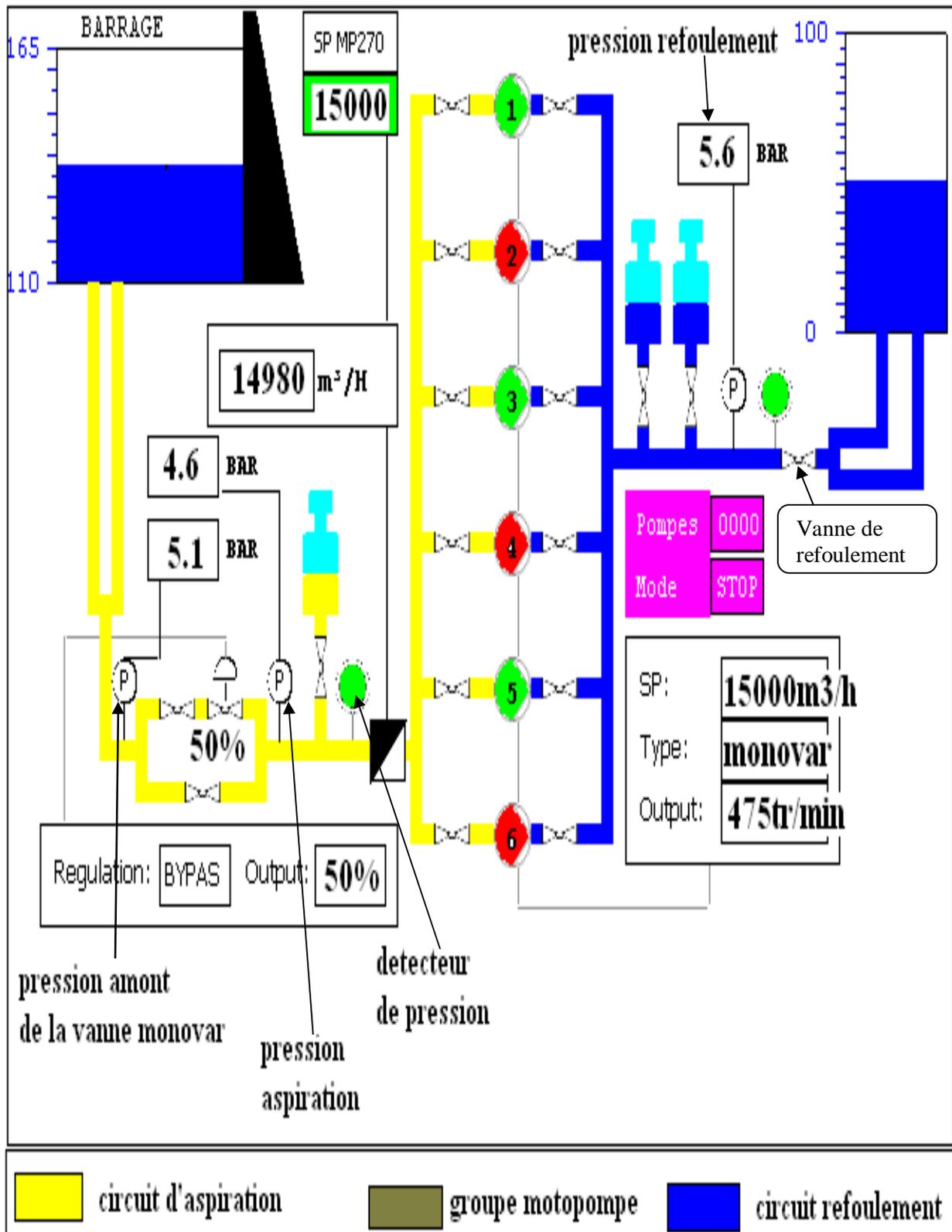


Figure I.1 : présentation de la station de pompage

### I.2 .1 Partie hydraulique

Dans cette partie on définit les constituants hydrauliques qui existent dans la station de pompage représentés sur la figure (I.1).

- **Circuit d'aspiration**

Généralement constitué d'une bêche(barrage, réservoir...), d'une canalisation et d'un collecteur d'aspiration qui est important pour que les pompes s'arrêtent directement si l'eau venait à manquer dans le circuit d'aspiration c'est pourquoi ce dernier est équipé d'un détecteur de niveau très bas constitué d'instrument de mesure et d'un détecteur de pression ( PMC 41) . Assurant de la présence d'une mise en charge de collecteur (présence d'eau, protection contre la marche à sec. Le collecteur d'aspiration est généralement équipé d'une vanne manuelle ou motorisée (circuit en jaune).

- **Groupe motopompe**

Un moteur accouplé à une pompe prend l'eau du collecteur d'aspiration à travers une vanne d'aspiration motorisée et l'envoie vers le collecteur de refoulement via un clapet anti-retour et une vanne de refoulement qui peut être manuelle ou motorisée. Le groupe motopompe peut être équipé de mesure de température palier enroulement, de détection vibration... etc. (présenté en gris)

- **Circuit de refoulement**

Le collecteur de refoulement (présenté en bleu) est généralement équipé de :

- Ø Une vanne manuelle ou motorisée.
- Ø Un détecteur de pression min et pression max.
- Ø un dispositif anti-bélier.
- Ø Une canalisation de refoulement qui peut s'étaler sur plusieurs km.
- Ø un réservoir de tête (réservoir, station de traitement, station de pompage etc.....).

### I.2.2 Partie électrique

Dans la station de pompage, il existe les salles suivantes :

- **Salle de contrôle**

Localisation des armoires et des réservations associées :

- Ø le pupitre ou armoire de commande.
- Ø L'armoire auxiliaire (Basse tension).

Une baie vitrée permet une vue générale sur la salle des machines sur les pompes.

- **Salle moyenne tension (30KV) pour départ moteur**

Composée essentiellement des cellules de moyen tension avec des sectionneurs équipés de certaines protections (exemple: SIMEAP unité de mesure de moyen tension).

- **Salle master drive (variateurs de fréquence-départs moteurs)**

Dans la station de pompage, on dispose de six masters drives (variateurs de vitesse) qui commandent le départ et l'arrêt des moteurs.

Les masters drives sont des variateurs de vitesse (fréquence), ils sont disponible dans plusieurs versions armoires. Ces derniers se composent essentiellement d'un onduleur et de deux ponts redresseurs (représenté en figure I.2).

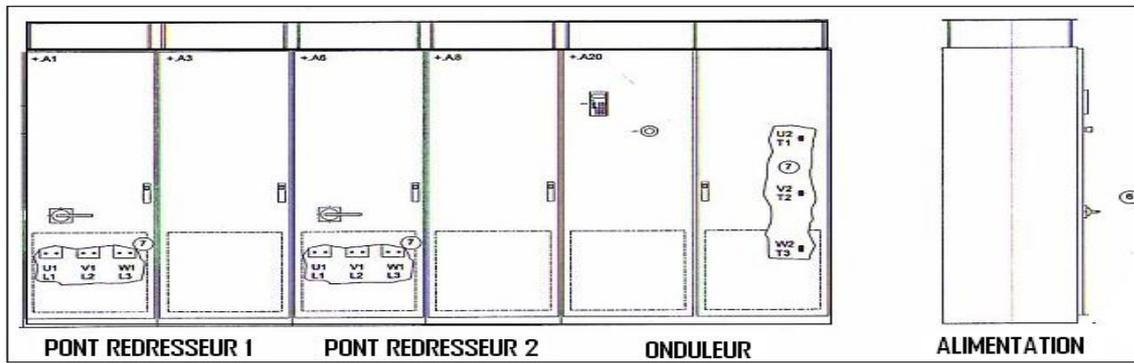


Figure I.2: présentation d'un Master drive

### Ø Fonctionnement

La tension triphasée raccordée au borne d'entrée de Master drive est redressée par un pont de Graetz .Le circuit intermédiaire à tension continue est chargé à travers deux résistances afin d'assurer une tenue non résistive aux défauts à la terre du coté utilisateur ainsi, le convertisseur est prêt au fonctionnement, l'onduleur réalisé à base de modules IGBT génère à partir de la tension du circuit intermédiaire un système triphasé alimentant le moteur (figure I. 3). Pendant le fonctionnement des masters drives, il faut prévoir des extractions d'aire chauds dans la salle et que les portes doivent être maintenues fermées.

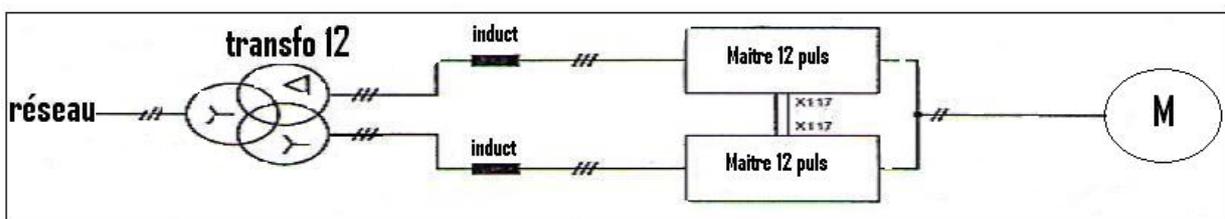


Figure I .3: fonctionnement d'un Master drive

- **Salle pour groupe électrogène**

Dans notre station de pompage d'eau brute, il est toujours de prévoir un groupe électrogène bien dimensionné aux exigences de cette dernière a fin d'assurer une alimentation d'eau en continue pour cela une salle indépendante est nécessaire.

Il faut prévoir un caniveau entre le groupe électrogène et son raccordement dans l'armoire auxiliaire si nécessaire dans un local séparé ou du moins avec un muret complet de séparation, l'emplacement pour une cuve à gasoil d'appoint appropriée. Localisation du réservoir de carburant (enterré ou non).

- **Salle du personnel (bureau, WC, kitchenette,.....)**

Selon l'importance de la station, différents locaux complémentaires sont prévus. Il n'y a pas de critères particuliers à respecter.

- **Atelier/magasin pièces de rechange**

Selon la station et leur importance, un atelier/magasin pour pièce de rechange prévu.

- **Logette transformateur**

Local entièrement fermé qui possède une grille sur toute sa face avant pour le refroidissement du transformateur. La station de pompage est équipée de deux types de transformateurs :

- Ø Transformateur de puissance de 1600 KVA: il existe six transformateurs de puissance nominale de 1600 KVA pour les six Masters drives. La tension d'alimentation au primaire est de 30 KV et la tension à vide au secondaire est de **2\*690 V**.
- Ø Un transformateur auxiliaire : la tension au primaire est de 30 KV, la tension secondaire est de 400 V et sa puissance nominale 160 KV A.

Chaque transformateur a une logette individuelle pour une meilleure exploitation.

### I.3 fonctionnement

#### I.3.1 Fonctionnement générale

Le barrage de TAKSEBT alimente la station de pompage par écoulement gravitaire via deux canalisations de DN1800 sur une longueur d'environ 750m .A l'intérieur du barrage il ya deux conduites de liaison distincte qui peuvent être isolées séparément au niveau de la prise d'eau brute du barrage.

A l'entrée de la station de pompage, une pièce spéciale en «Y » réunit les deux conduite de DN1800 en une conduite principale de DN2200.Une « chambre de vannes monovar » installée sur cette conduite principale abrite une vanne motorisée DN2200 ainsi qu'un by-pass de DN1800 équipé d'une vanne d'isolement DN1800 et d'une vanne de réglage motorisée de type annulaire monovar

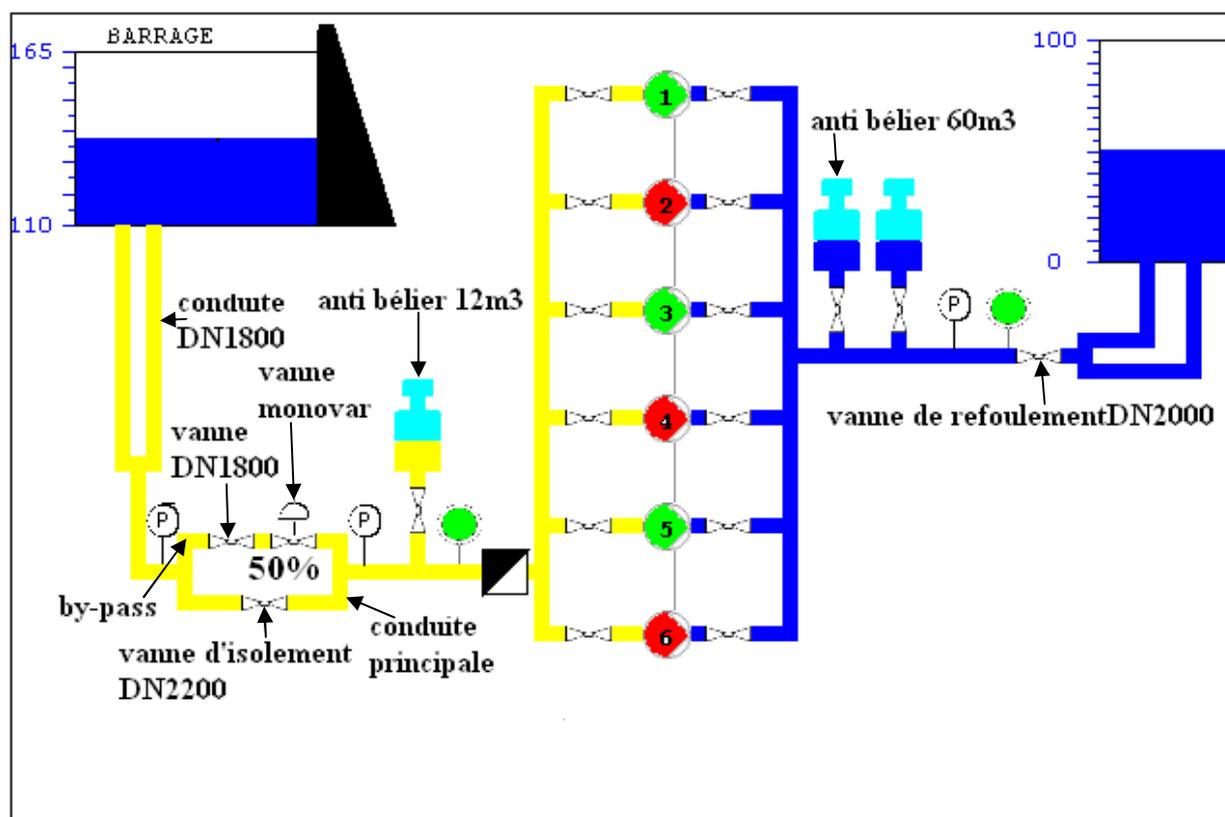


Figure I.4 : fonctionnement de la station

Cette dernière vanne motorisée permet d'adapter la perte de charge en fonction de la hauteur d'eau dans le barrage, (plus le niveau est haut dans le barrage, plus la vanne doit se fermer pour créer une perte de charge permettant le bon fonctionnement des pompes ,risque d'emballement des pompes). Cette vanne est asservie automatiquement pour garantir une différence de pression minimum de 1,2 bar entre l'aspiration des pompes et la pression de refoulement de cette dernière .

En amont de la station, raccordé à la « chambre de vanne monovar » un anti-bélier de 12m<sup>3</sup>, il doit être opérationnel lorsque le niveau du barrage est compris entre son niveau le plus bas (110mce et cote120 mce). Dans le cas contraire, soit un nombre limité de pompes peut être mises en service soit des pompes mises à l'arrêt. Pour ce faire, la mesure de niveau du barrage devra être transmise à la station de pompage.

Sur le collecteur de refoulement (DN 2000) de la station de pompage, il ya également une vanne de sectionnement DN 2000 et deux ballons anti-bélier de 60 m<sup>3</sup> chacun.

La station de pompage de TAKSEBT est composée de six pompes (cinq en opération plus une en réserve). Le nombre de pompes autorisé à fonctionner dépend du nombre de ballons anti-bélier disponible et du débit demandé par la station de traitement via un système de télétransmission tout en asseyant d'optimiser la consommation d'énergie (figure I.4).

### **I.3.2 Mode de fonctionnement**

#### **I.3.2.1 Mode remplissage tuyauterie RT**

Ce mode est utilisé uniquement lors d'un remplissage de tuyauterie de refoulement lors de la mise en service ou d'un redémarrage après bris de tuyauterie par exemple :

- Inhibition de la détection PSL (pressure Switch low) au refoulement.
- Limitation à une seule pompe en service au maximum.

Il n'est possible de passer mode remplissage que si une pompe au maximum est en marche.

**I.3.2.2 Mode Arrêt**

Ce mode est utilisé pour arrêter la station proprement c'est-à-dire que les pompes s'arrêteront automatiquement une à une (blocage temporaire) jusqu'à l'arrêt complet de la station. En cas d'activation d'une quelconque sécurité générale, la station passe automatiquement en mode arrêt.

**I.3.2.3 Mode de dérogation / Mode Manuel**

Dans ce mode, la station est sous le contrôle de l'opérateur. Les commandes individuelles des pompes sont libérées, l'opérateur peut commander les pompes à partir des boutons poussoirs marche et arrêt situés au bas du panneau MP270 de contrôle.

**I.3.2.4 Mode automatique**

Les pompes sont démarrées et arrêtées automatiquement en fonction d'un débit introduit a travers un système IHM( MP270 ) disponible au niveau de la station de pompage ou bien a partir de la station de traitement tout en suivant un cycle de permutation circulaire (la première pompe démarrée sera la première pompe qui a le volume horaire le plus bas ).

La permutation circulaire assure que tous les équipements disponibles soient utilisés régulièrement. En effet avec une permutation basée sur les heures de fonctionnement, si un équipement est remis en service après une réparation ayant nécessité une longue période, il serait sollicité une durée équivalente à sa durée de « chômage ».

Le nombre de pompes est limité entre zéro et le nombre maximal de pompes en fonctionnement qui est de cinq. Lorsqu'une pompe s'arrête, elle est indisponible pour un temps fixé d'ordre de cinq minutes appelé « blocage temporaire pompes » pour éviter le phénomène coup de bélier (phénomène transitoire dans la conduite).

## I.4 Capteurs et actionneurs

Pour comprendre d'une manière simple le principe de fonctionnement de la station de pompage, on effectue une étude brève sur les différents capteurs et actionneurs utilisés au niveau de la station.

### I.4.1 Capteur

La station de pompage est équipée de différents types d'instruments qui sont destinés à réaliser des fonctions bien spécifiques, on trouve notamment :

- **Débitmètre électromagnétique**

Le débitmètre électromagnétique permet de mesurer le débit d'eau avec une conductivité minimale de  $5\mu\text{s/cm}$ , il permet de déterminer la vitesse du fluide conducteur devant la tête du capteur. Ce type de débitmètre permet de réguler les pompes. Le débitmètre est représenté par la figure(I.5).



**Figure I. 5** : débitmètre électromagnétique

Le principe de mesure d'un débitmètre électromagnétique repose sur la loi d'induction de FARADAY(I.1). Tout conducteur coupant les lignes d'induction d'un champ magnétique à une certaine vitesse est soumis à une force électromotrice et c'est le liquide électriquement conducteur qui représente le conducteur en déplacement, la tension est induite par le champ magnétique et l'amplitude obtenue est proportionnelle à la vitesse d'écoulement du liquide conducteur.

$$E=B*L*V \quad (I.1)$$

Avec

**E** : force électromotrice induite en volt(v).

**B** : Induction moyenne en tesla(T)

**V** : vitesse d'écoulement moyenne en mètre /seconde (m/s).

**L** : écartement des électrodes (longueur de conducteur) en mètre (m).

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.

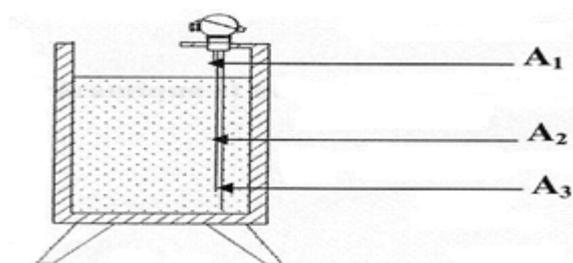
- **Sonde de niveau**

Cet appareil effectue l'opération de contrôle des niveaux de remplissage des liquides, il permet aussi la mise en marche des pompes ou des vannes pour la régulation de niveau. Dans ce cas, il assure également la protection contre la marche à vide du compresseur des anti-béliers et la protection de trop plein des cuves. Les sondes sont connectées à l'API, cette dernière est représentée sur la figure (I.6).



**Figure I .6** : sonde de niveau

Les sondes de niveau sont utilisées pour le contrôle et la régulation de niveau des fluides dans des réservoirs ouverts ou fermés lorsque l'électrode est mouillée, la variation de la résistance électrique est transformée en signal tout ou rien par un relais. (Figure I .7). Les sondes doivent être montées verticalement sur le sommet du bac.



**Figure I.7 :** les sondes ou électrodes de niveau.

A<sub>1</sub> : niveau haut.

A<sub>2</sub> : niveau intermédiaire.

A<sub>3</sub> : niveau bas.

- **Transmetteur de pression**

Le CERABAR PMC41 est un transmetteur de pression destiné à la mesure de pression des fluides sur le collecteur de refoulement et d'aspiration aussi .Son fonctionnement dépend de la membrane céramique.

## **I.4.2 Actionneur**

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

### **I.4.2.1 Bloc de vanne**

- **Vanne mono var**

La vanne monovar est une vanne de réglage, elle est considérée comme une solution intelligente pour le contrôle des fluides (figure I.8).

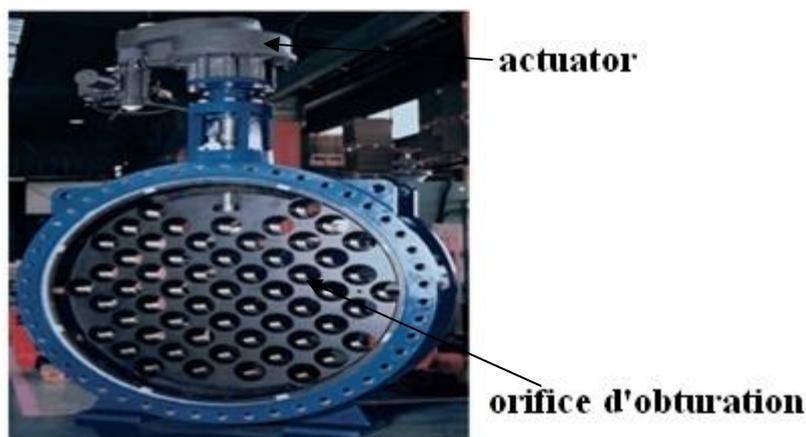


Figure I.8: la vanne monovar

- **Principe de fonctionnement de la vanne monovar**

- 1 : corps annulaire
- 2 : plaque fixe aval
- 3 : plaque mobile amont

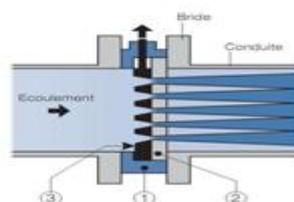


Figure I.9: conception de la vanne monovar

La vanne monovar se compose d'un corps annulaire (1) est de deux plaque circulaire perforées .La plaque avale(2) est fixe, la plaque amant (3) est mobile .En agissant sur l'arbre, la plaque mobile glisse le long de la plaque fixe .Les deux plaques possèdent les même orifices, en nombre et diamètre, lesquels sont répartis uniformément. Lorsque la vanne est ouverte, les trous des deux plaques sont face à face .La section de passage est donc optimale. On obtient la fermeture de la vanne après déplacement de la plaque mobile d'une distance supérieure au diamètre des trous. Ceux de la plaque fixe sont ainsi obturés par la plaque mobile .En régulation, la plaque mobile se trouve en position intermédiaire, ce qui entraine une obturation partielle de la plaque fixe .Le débit ou la perte de charge sont ainsi maitrisés.

La vanne peut être manœuvrée manuellement ou par l'intermédiaire d'un actionneur. Ce dernier peut être pneumatique, hydraulique ou électrique dédié a la régulation ce qui est dans notre cas.

- **Vanne d'isolement**

La vanne d'isolement est une vanne d'interception et utilisée pour isoler le système c'est-à-dire la vanne monovar dans le cas ou on passe dans la conduite principale DN2200 la vanne d'isolement se ferme manuellement ou automatiquement.

#### I.4.2.2 Le groupe électropompe

Le groupe électropompe se compose essentiellement d'une pompe accouplée à un moteur asynchrone à double enroulement (figure I.10). Ce groupe ne doit pas fonctionner en dehors des caractéristiques limitées c'est-à-dire le débit de la pompe, la vitesse de rotation, l'intensité, la pression et la température ainsi que la puissance du moteur doivent être absolument respectés.



**Alimentation du moteur**

**accouplement**

**Palier pompe**

**clapet anti retour**

**Figure I.10** : Groupe électropompe

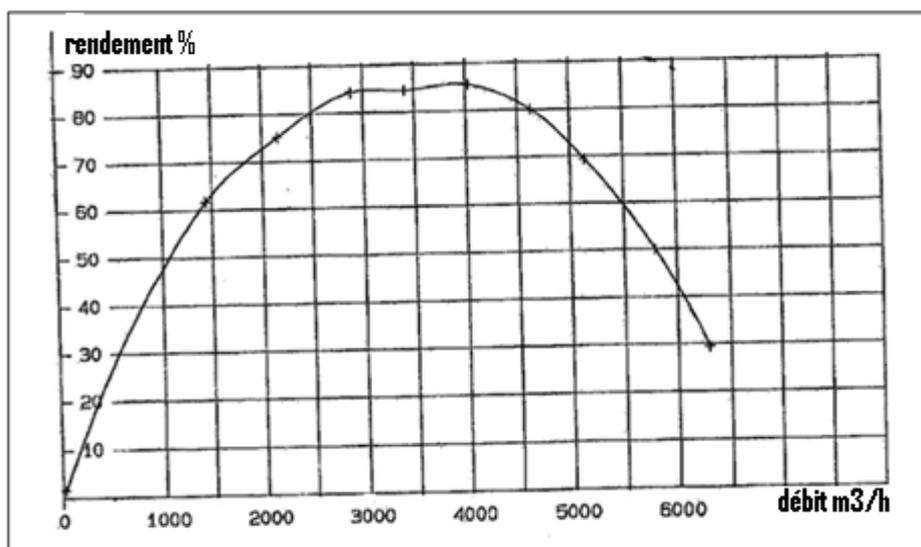
- **La pompe**

La pompe est un dispositif destiné pour aspirer puis refouler. Dans notre cas on utilise la pompe centrifuge cellulaire car elle s'accouple directement au moteur asynchrone avec un mode d'accouplement approprié.

### Ø Fonctionnement de la pompe

La rotation de la turbine, entraînée par le moteur, projette l'eau qui arrive dans la région axiale à la périphérie, en faisant varier la vitesse de la pompe on aura différentes courbes qui montrent le point de fonctionnement à chaque vitesse.

#### Vitesse de 500tr/min



**Figure I.11** : caractéristique de la pompe pour 500tr/min

On remarque que le point de fonctionnement pour une vitesse optimale de 500tr/min, on obtient un débit de **4000 m<sup>3</sup>/h** pour un rendement de **0,86**.

## Vitesse de 600tr/min

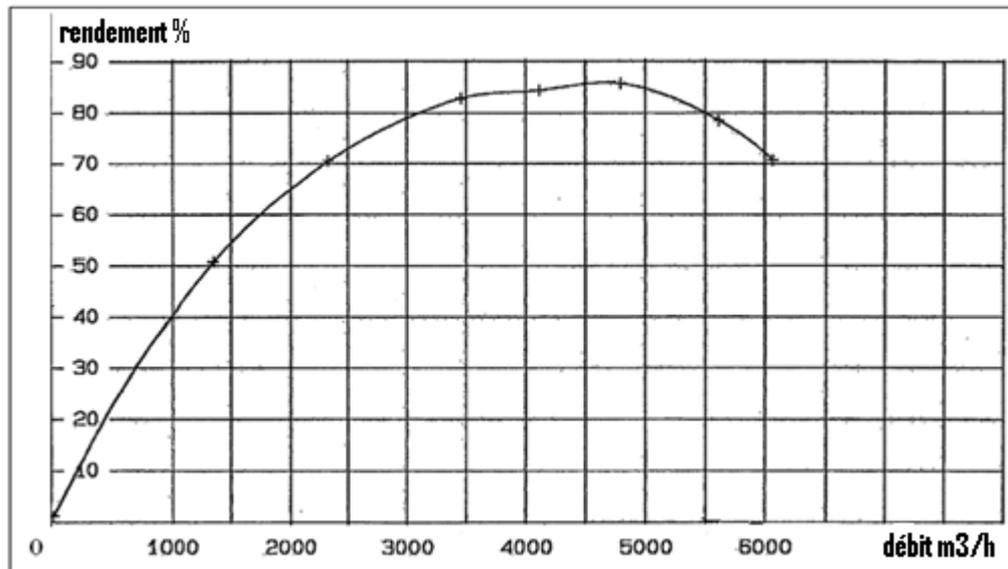


Figure I.12: caractéristique de la pompe pour 600tr/mn

Dans ce cas on a le point de fonctionnement pour une vitesse optimale de 600tr/mn on obtient un débit de  $4800\text{m}^3/\text{h}$  pour un rendement de 0,86.

- **Le moteur asynchrone**

Le moteur transforme l'énergie électrique en énergie mécanique.



Figure I.13 : moteur asynchrone.

La gamme de machines triphasées a double enroulement est conçue pour de larges domaines d'application dans le secteur des entraînements et de la conversion d'énergie. Ces machines se distinguent par une grande robustesse en puissance, une longue durée de vie, une grande fiabilité et une grande variabilité pour l'adaptation optimale à la fonction considérée.

### Ø Caractéristique de fonctionnement

-puissance  $P_n$  : 1250 KW

-tension  $U_n$  : 690 V

-fréquence  $F_n$  : 50Hz

-courant  $I_n$  : 2\*670 A

-vitesse  $N_n$  : 740 tr/mn

-couple  $M_n$  : 16009 Nm

-facteur de puissance  $\cos\Phi$  :0.80

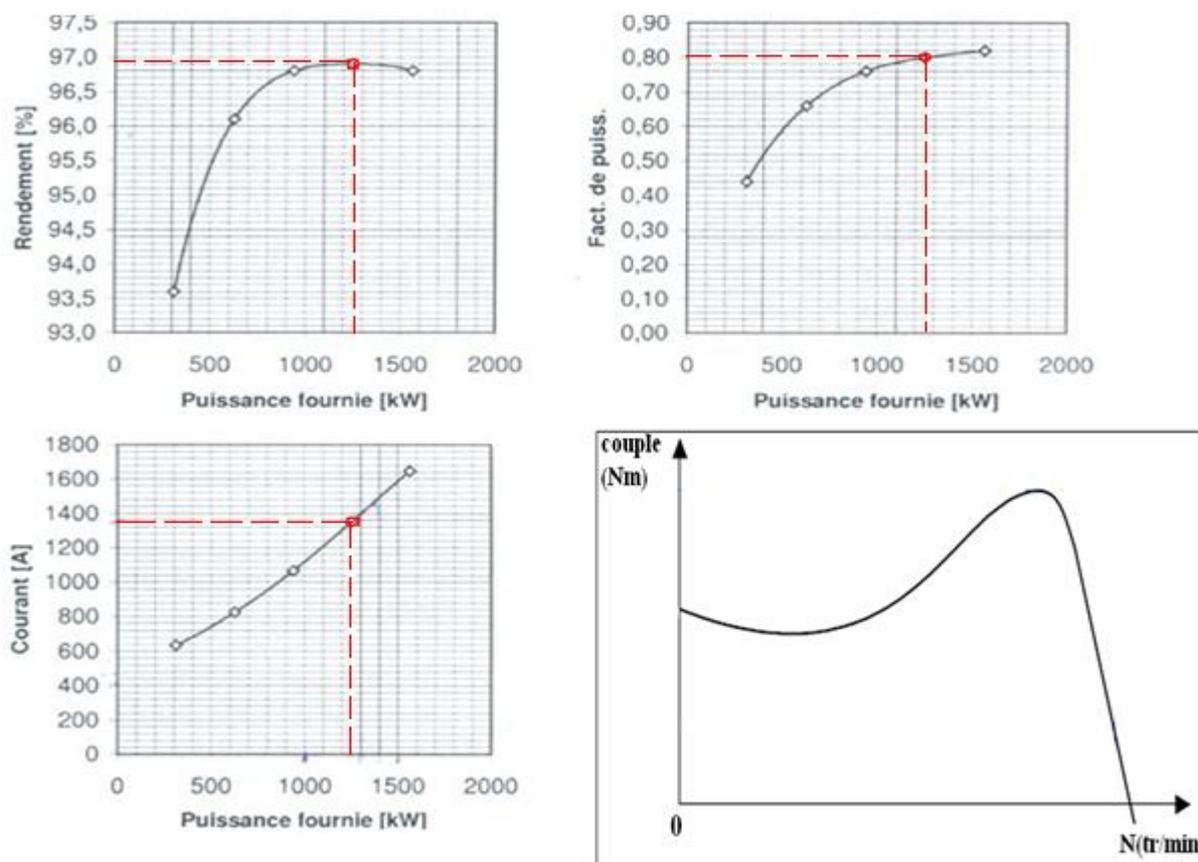


Figure I.14 : caractéristiques du moteur

### I.5 Mesures et contrôles de pression (PMC 41)

- Ø Mesure de niveau barrage : elle est obtenue directement par une sonde de mesure de pression sur le collecteur aspiration en amont de la (chambre monovar) et dont le signal est traité par le PLC de pilotage de la vanne de réglage de type monovar. Elle est visualisée sur le système IHM (interface homme machine).
- Ø Niveau minimum aspiration (marche à sec) : il est assuré par un seuil sur la mesure de pression sur le collecteur d'aspiration en aval de la « chambre des vannes monovar ». Elle protège les pompes contre le manque d'eau.
- Ø Nous avons aussi trois mesures de pression : deux mesures de pression à l'aspiration (en aval et en amont de monovar « chambre des vannes monovar ») et une autre mesure sur le collecteur de refoulement.

### Conclusion

Après l'étude de ce chapitre, on est arrivé à mieux comprendre le principe de fonctionnement de la station de pompage pour cela on a défini les différents composants de la station tout en se référant sur l'analyse fonctionnelle de cette dernière.

La gestion de la station de pompage nécessite un système de commande et de distribution synchronisée ce qui impose de nos jours l'utilisation des automates programmable qui sera l'objectif de notre deuxième chapitre.



*Chapitre II*

# Automates programmables industriels et langage de programmation

**II.1 Introduction**

Situés au cœur de l'automatisation des systèmes, les automates programmables deviennent de véritables objets communicants contribuant à la montée en puissance de la télégestion. Caractérisés par des procédés toujours plus complexes et une architecture de plus en plus distribuée.

La station de pompage de TAKSEBT est équipée des Masters drives pilotés par des micro-automates S7 200 sous contrôle d'un automate maître S7 300 sous configuration IHM.

Le logiciel STEP 7 permet de configurer et de programmer les automates programmables de même que les systèmes d'automatisation sur base PC et système SIMATIC.

**II .2 Généralités sur les automates programmables****II.2.1 Définition d'un automate programmable industriel**

Un automate programmable est un système électronique, il reçoit à ses entrées suivant un programme écrit par l'utilisateur et logé dans la mémoire EPROM .Comme résultat il active à travers ses sorties des actionneurs qui modifient l'état du processus.

**II.2.2 Structure générale d'un système automatisé**

L'automate programmable est muni d'une interface de programmation et d'une interface d'entrée/sortie assurant la compatibilité avec les capteurs et les actionneurs qui interviennent au cours de l'évolution du système automatisé. La structure générale d'un automate programmable est représentée par la figure (II.1).

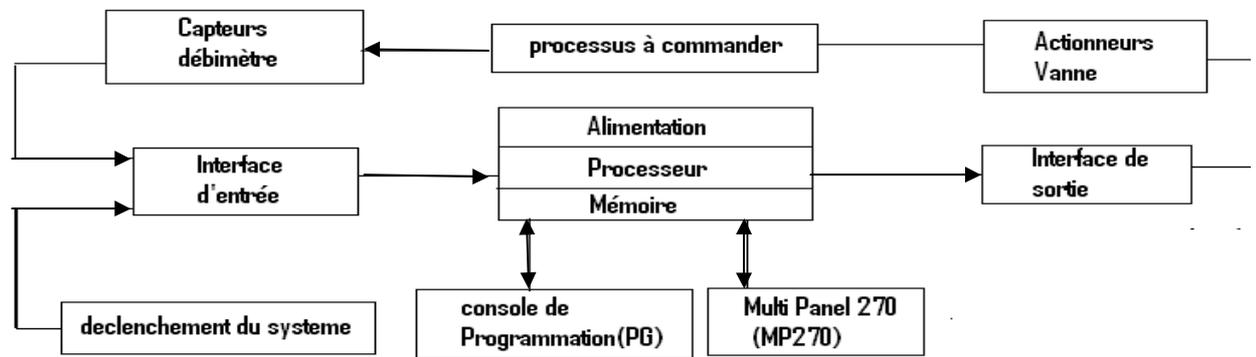


Figure II.1 : Structure générale d'un système automatisé

### II.2.3 Structure interne d'un automate programmable

La structure interne de l'automate est représentée par la figure (II .2), on distingue les parties suivantes.

- **L'unité centrale(CPU)** : c'est la partie intelligente de l'automate, elle supporte les éléments internes tels que les indicateurs, les registres de données .Les différents éléments sont accessible au système par un bus interne.
- **La mémoire** : elle contient le programme introduit par l'utilisateur .La mémoire peut être du type RAM, EPROM ou EEPROM.
- **Modules d'entrées/sorties** : elles permettent l'échange d'information avec l'environnement extérieur de l'automate. La forme des signaux d'entrées diffère selon les informations qu'ils transportent, on trouve :
  - Ø Signaux analogiques.
  - Ø Signaux tout ou rien.

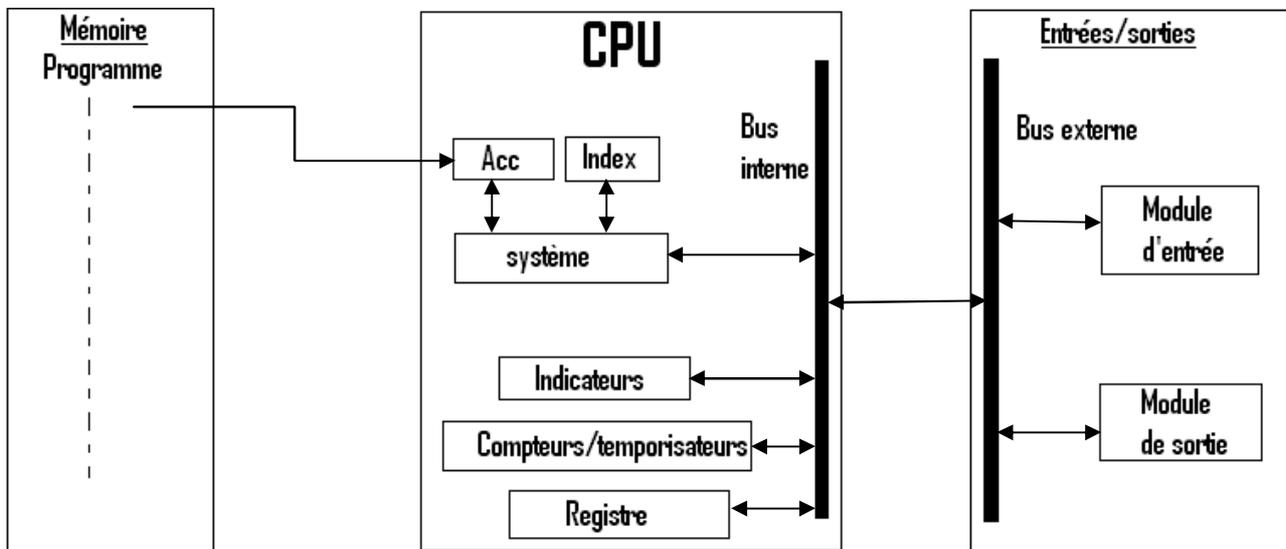


Figure II.2 : Structure interne d'un automate

### II.3 Choix d'un automate

Les critères de choix essentiel d'un automate programmable industriel sont :

- La capacité de traitement des processeurs (vitesse, donnée, opération, temps réel....)
- Le nombre d'entrées et sorties
- La nature des entrées et sorties (numérique, analogique)
- La nature de traitement (temporisation, comptage .....
- La qualité de service après vente
- Le langage de programmation et la communication avec d'autres automates

## II.4 Présentation du micro automate S7-200

### II.4.1 Définition

La famille S7 200 est constituée de micro-automates programmables utilisables dans des applications d'automatisation variée. Sa forme compacte, ses possibilités d'extension, son faible prix et son important jeu d'opération en font une solution idéale pour la commande de petites applications. La figure (II.3) présente un micro-automate S7 200



**Figure II.3:** micro-automate S7 200

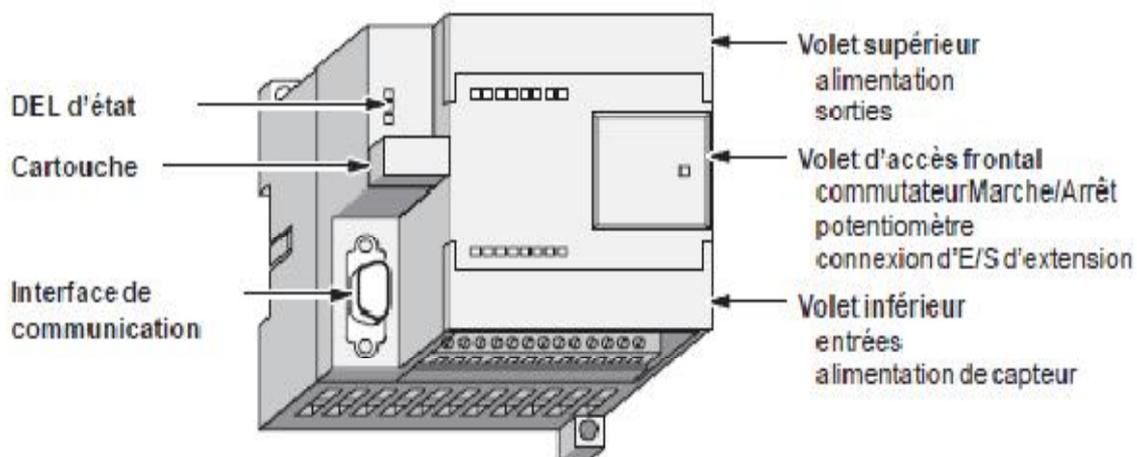
### II.4.2 Composantes principales de micro-automate S7 200

Un automate programmable S7 200 consiste en une CPU S7 200 seule ou complétée de divers modules d'extension facultatifs, ce dernier peut être modulaire ou compacte.

- **CPU S7 200**

- Ø La CPU S7 200 est un appareil autonome compact comprenant une unité centrale, une alimentation et des entrées/sorties discrètes.
- Ø La CPU exécute le programme et sauvegarde les données.
- Ø Les entrées et les sorties TOR sont les éléments de commande du système : les entrées surveillent les signaux des appareils sur site (tels que capteurs) et les sorties commandent les pompes, moteurs et autres appareils dans un processus .

- Ø L'alimentation fournit de l'énergie électrique à la CPU et a tout module d'extension connecté
- Ø Les interfaces de communication permettent de connecter la CPU à une console de programmation ou à d'autres appareils
- Ø Possibilité d'ajout des entrées/sorties supplémentaires à la CPU par l'intermédiaire de module d'extension
- Ø Une cartouche EEPROM série enfichable(en option) permet de stocker des programmes CPU ou de transférer des programmes d'une CPU dans une autre
- Ø Une cartouche pile enfichable permet d'étendre la rémanence de la mémoire de données en mémoire vive.
- Ø Des DEL d'état donnent des informations visuelles sur l'état de fonctionnement de la CPU (marche-run ou arrêt-stop), l'état en vigueur des entrées/sorties locales et la détection éventuelle d'une défaillance système. La figure (II.4) montre la CPU S7 200.



**Figure II.4** : la CPU S7 200

- **Modules d'extension**

La CPU S7 200 comporte des entrées/sorties locales. Les modules d'extensions permettent d'ajouter des entrées/sorties à l'appareil de base.

## II.5 Automate programmable industriel S7 300

Automate S7 300 fabriqué par SIEMENS est une machine électronique destinée à des tâches d'automatisation moyenne gamme. C'est un système de traitement logique d'information dont le programme de fonction est effectué à partir d'instructions établies en fonction de processus à réaliser.

### II.5.1 Les caractéristiques du S7 300

L'automate S7 300 possède les caractéristiques suivantes :

- Ø Gamme diversifié de CPU.
- Ø Gamme complète de modules.
- Ø Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- Ø Bus de fond de panier intégré aux modules.
- Ø Possibilité de mise en réseau avec :
  - l'interface multi point(MPI) et PROFIBUS-DP.
  - industriel Ethernet.
- Ø Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil « configuration matérielle ».

### II.5.2 Modularité de S7 300

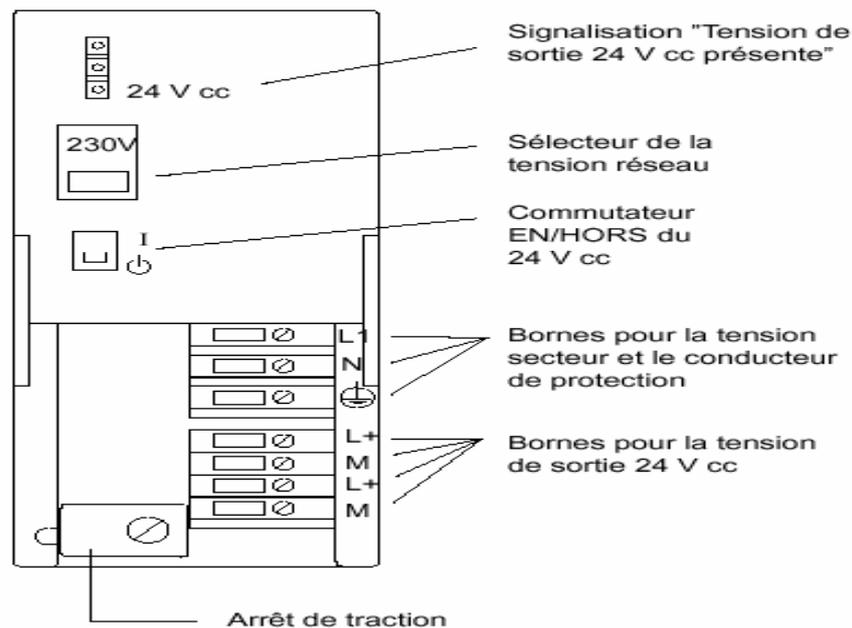
Le système d'automatisation S7 300 est modulaire, il dispose d'une vaste gamme de modules la figure (II.5) présente un S7 300 équipé de ses modules.



**Figure II.5** : les modules de S7-300

- **Module d'alimentation PS 307**

Le module d'alimentation PS 307 délivre un courant de sortie de 2A, et une tension nominale de sortie 24Vcc qui est stabilisée, tenue aux courts circuits et à la marche à vide. Il assure l'alimentation des capteurs et pré-actionneurs, comme il peut être raccordé à un réseau alternatif monophasé (tension nominale d'entrée 120/230V). La figure (II.6) présente l'alimentation PS 307.



**Figure II.6 :** l'alimentation PS 307

- **Unité central CPU 315-2DP**

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme utilisateur et commande les sorties. Elle contient un système d'exploitation, une unité d'exécution et des interfaces de communication.

- **Elément de commande et d'affichage de la CPU 315-2DP**

La figure(II.7) montre les éléments de commande et d'affichage de la CPU-2DP

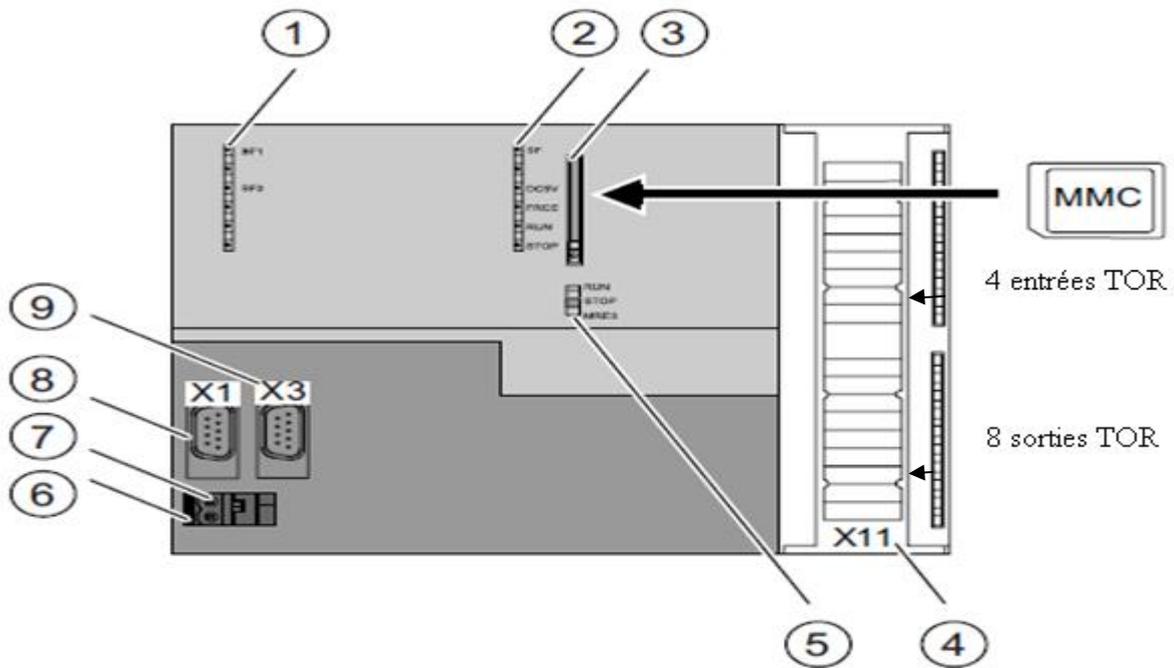


Figure II.7: éléments de commande et d’affichage

numérotation	Eléments de la CPU
1	Affichage d’erreur de bus
2	Affichage d’état et de défaut
3	Placement de la micro- carte mémoire MMC avec éjecteur
4	Raccordement de la périphérie intégré
5	Commutateur de mode de fonctionnement
6	Raccordement de la tension d’alimentation
7	Curseur de la mise a la terre
8	Interface X1 MPI/DP
9	Interface X3 DP (drive)

- **La microcarte mémoire MMC SIMATIC**

On utilise la microcarte MMC SIMATIC comme une cartouche mémoire .Les MCC sont utilisables comme mémoires de chargement et support de données amovibles.

### - Commutateur de mode de fonctionnement

Le mode de fonctionnement actuel de la CPU est réglé avec le commutateur de mode de fonctionnement.

Position	signification	Explication
RUN	Mode de fonctionnement RUN	la CPU traite le programme utilisateur
STOP	Mode de fonctionnement STOP	la CPU ne traite pas le programme utilisateur
MRES	Effacement générale	Position du commutateur de mode de fonctionnement pour l'effacement générale de la CPU

#### • Modules d'entrées/sorties TOR

Les modules d'entrées TOR convertissent le niveau des signaux TOR externe issus du processus (généraliser par des contacts, détecteurs de proximité) au niveau de signal interne.

Les modules de sorties TOR convertissent le niveau interne du S7 300 au niveau de signal requis par le processus.

#### • Modules d'entrées/sorties analogiques

Les modules d'entrées analogiques transforment les signaux mesurés analogiques (courant, tension, pression...) en valeurs numériques traitées dans le programme utilisateur.

Les modules de sorties analogiques transforment les valeurs numériques en grandeurs analogiques.

#### • Modules de communication

Ils permettent d'établir des liaisons homme-machine, ces liaisons sont effectuées à l'aide des interfaces de communications qui sont :

-PROFIBUS et Industriel Ethernet.

**II.6 Périphérique de communication extérieur****II.6.1 La console de programmation Field PG**

La PG est une console de programmation portable légère et compacte. Sa constitution et sa fonctionnalité en font l'utile idéal pour toute l'application intervenant dans un projet d'automatisme, elle permet :

- Traitement, la saisie et l'archivage des données.
- Introduction du programme.
- Teste et l'observation du programme.
- Maintenance et diagnostic.

**II.6.2 Multi panel 270**

Le MP 270 est un périphérique IHM conçue pour la surveillance et le pilotage confortable de la machine. Il permet une représentation graphique proche de la réalité et la commande de la machine ou de l'installation à surveiller.

## II.6.2.1 Constitution de MP 270

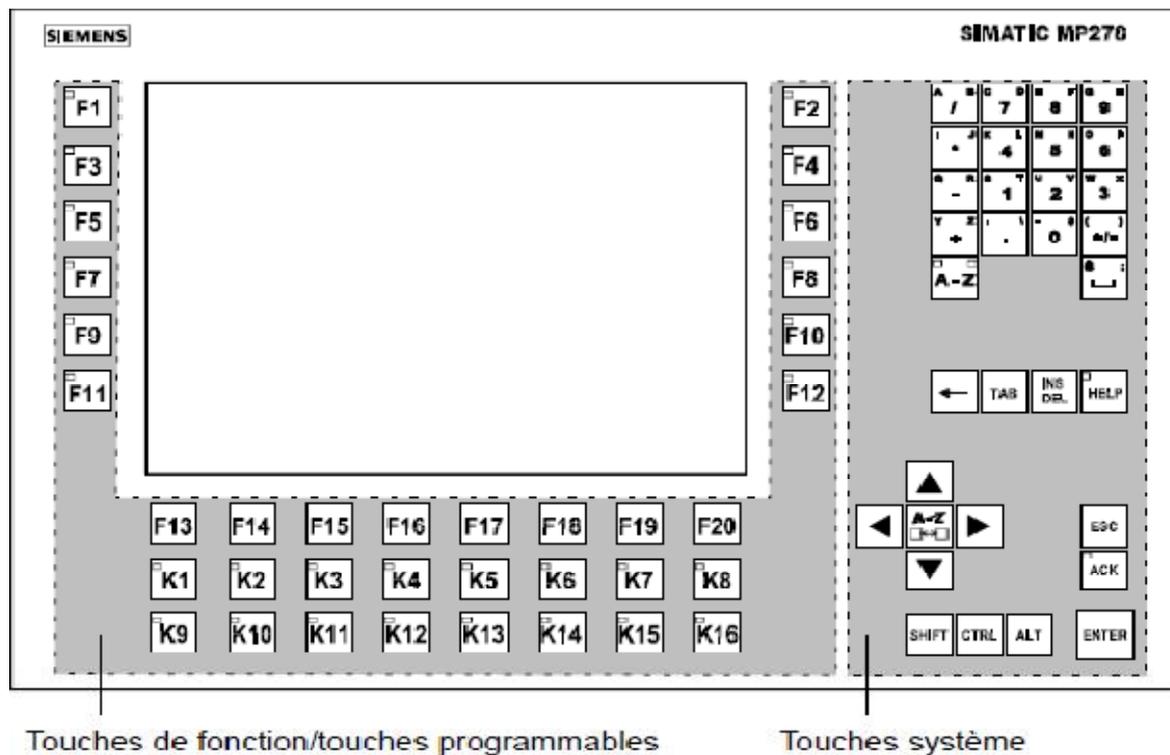


Figure II.8 : éléments de MP 270

- **Ecran du MP 270**

Il permet d'observer l'état de fonctionnement de la machine ou de l'installation à surveiller et d'intervenir directement dans le déroulement du processus par le biais de clavier.

- **Clavier intégré**

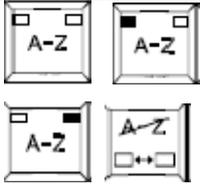
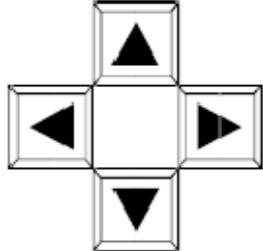
Le clavier du MP 270 se compose de deux pavées fonctionnelles voir figure(II.8).

Ø **Touche programmable/touche de fonction** : (Touche K1 à K16 et F1 à F20)

Une touche de fonction pour l'occupation globale d'une fonction déclenche toujours la même action sur le MP 270 ou dans l'automate .Il peut par exemple s'agir des actions suivantes :

- Ouvrir une image.
- Afficher les messages d'alarmes actuels.
- Démarrer l'impression de l'image.

Ø Touche système : Les touches systèmes permettent d'introduire des données sur le MP 270.

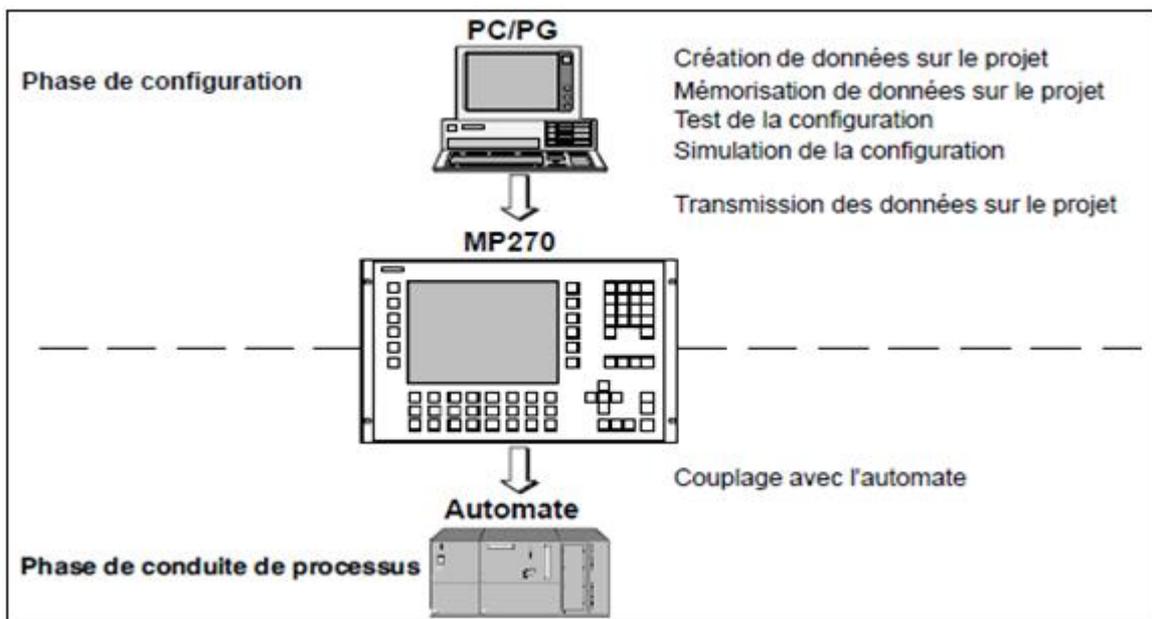
Touches	Fonction
	permute l'affectation des touches de saisie entre les chiffres et les lettres
	active le mode d'édition -efface des caractères isolés
	efface les caractères saisis pour une entrée de valeur et rétablit la valeur initiale-ferme la fenêtre active
	acquitte les messages d'alarmes
	affiche le texte d'aide
	-accepte et termine la saisie -ouvre un champ d'options symbolique
	sélectionne dans l'ordre configuré pour le tabulateur le prochain objet d'image manipulable
	efface les caractères se trouvant a gauche des curseurs
	permet le déplacement de curseur
	permet la permutation majuscules/minuscules
	fonction de contrôle générale

### II.6.2.2 Configuration avec PROTOOLS CS

Les graphiques, textes, fonctions personnalisées ainsi que les organes de commande et de visualisation devant s'afficher sur le MP 270 doivent au préalable être créés sur un ordinateur (PC/PG) doté de logiciel de la configuration SIMATIC PROTOCOL CS.

Pour transmettre la configuration au MP 270, il faut raccorder au MP 270 l'ordinateur de configuration (voir phase de configuration figure II.9), on peut établir la liaison soit directement, soit par exemple, par le biais d'un réseau MPI/PROFIBUS-DP.

Après transmission de la configuration, on peut coupler le MP 270 à l'automate. La communication entre le MP 270 et l'automate est à présent possible et le MP 270 peut réagir en fonction des séquences du programme dans l'automate selon les valeurs prédéfinies (voir phase de conduite de processus dans la figure (II.9)).



**Figure II.9** : phase de configuration et phase de conduite de processus

## II.7 Langage de programmation STEP 7

### II.7.1 Définition

C'est un langage de base pour la configuration et la programmation de système d'automatisation. C'est un logiciel le plus connu et le plus utilisé pour la programmation industriel.

### II.7.2 Eléments d'un programme utilisateur

Les programmes utilisateur se composent des éléments suivant :

- **Blocs d'organisation (OB1)**

Ce bloc constitue l'interface entre le système d'exploitation de la CPU et le programme utilisateur, l'ordre de traitement, il permet de gérer la mise en route de la CPU et les alarmes temporisées, cycliques et horaires.

- **Blocs fonctionnels FC et FB**

Les fonctions FC ne possèdent pas de bloc de données associés, elle nécessite toujours des valeurs d'entrées actuels lors de leur appel. Elles livrent leur résultat de fonction à chaque appel.

∅ Les blocs fonctionnels (FB) sont des blocs de code qui contiennent le programme proprement dit. Ils disposent d'un bloc de données associé, dans lequel sont mémorisées les données statique en plus des paramètres d'entrées et de sorties. Les FB conservent ainsi les valeurs traitées sur plusieurs cycles.

∅ On peut programmer nous même les FB et FC .Comme on peut empêcher l'affichage des blocs préprogrammés ceci peut être intéressant pour le constructeurs de machine soucieux de protéger leur savoir-faire. Les FB/FC se présentent alors sous forme de boite noire dont l'utilisateur n'a pas besoin de connaître la façon dont leur fonction a été réalisée.

- **Blocs de données (DB)**

Les blocs de données sont des zones contenant les données utilisateur. Ils peuvent être affectés à des blocs fonctionnels définis ou aux projets complets. Il existe des blocs de données

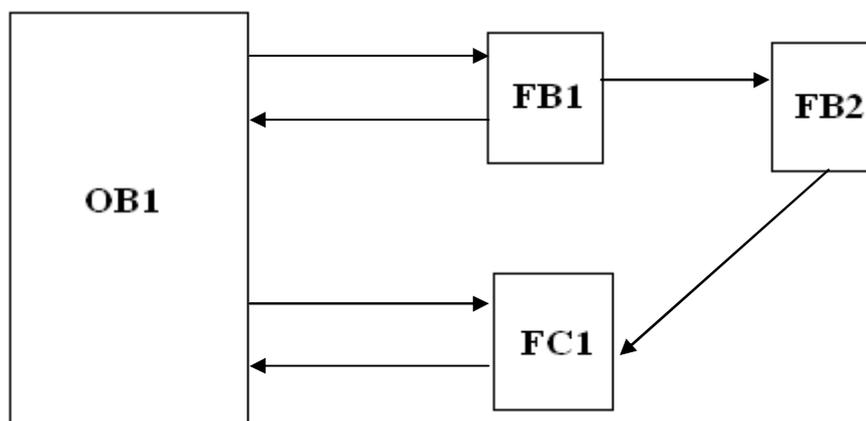
globales accessibles par tous les blocs de code, et des blocs de données d'instance associé à un appel particulier de blocs de données.

- **Bloc fonctionnels SFB et fonction systèmes SFC**

Certaines fonctions couramment utilisées intégrées au système d'exploitation des CPU S7 d'où elles peuvent être appelées. Il s'agit par exemple de fonctions de communication, pour la gestion de l'horloge et du compteur d'heure de fonctionnement ainsi que pour le transfert d'enregistrements logiques. Pour la programmation hors ligne, une bibliothèque de fonctions systèmes /blocs fonctionnels système est fournie avec STEP.

### II.7.3 structure du programme

Notre programme est structuré de la manière suivante.



**Figure II.10** : Structure du programme

Les fonctions réutilisables sont chargées dans différents blocs et l'OB1 fait appel à ces blocs et délivrent les données correspondantes.

On utilise souvent le programme structuré car il simplifie l'organisation et la gestion du programme. Le test du programme peut être exécuté section par section et facilite la mise en service.

**Conclusion**

L'étude de ce chapitre nous a permis de nous familiariser avec les automates programmables, leurs structures, leurs fonctionnements et leurs langages de programmations.

L'atelier SIMATIC et le logiciel STEP7 offrent un environnement d'ingénierie intégré, avec des outils performants adaptés aux méthodes de travail et aux tâches les plus diverses. Ce dernier nous a permis de faire une approche particulière afin de procéder à une étude sur le concept de régulation utilisée au niveau du STEP7 pour pouvoir faire une apparition sur les différents types de régulation utilisés au niveau de la station de pompage qui est le but de notre prochain chapitre.



*Chapitre III*

# **Les différentes boucles de régulation**

### III.1 Introduction

La régulation des procédés industriels regroupe l'ensemble des moyennes matérielles et techniques mises en œuvre pour maintenir une grandeur physique à régler, égale à une valeur désirée, appelée consigne.

Mais il est utile de souligner que les vieilles techniques de régulation classiques restent encore très utilisées dans l'industrie et elles ont encore de beaux jours devant elles car, la théorie en automatique avance bien plus vite que l'application et cela, parce que les moyens informatiques sont plus performant que la connaissance du système à traiter c'est-à-dire le modèle.

L'étude de ce chapitre est consacrée aux différentes boucles de régulations utilisées dans le PLC de la station pompage.

### III.2 Les différentes boucles de régulation

A la station de pompage il existe deux boucles de régulation (régulation monovar et régulation pompes) pour assurer le bon fonctionnement des pompes.

#### III.2.1 Régulation monovar

Dans cette boucle on fait la régulation de la position monovar, d'après le débit introduit. Si le débit augmente la vanne monovar va s'ouvrir toute en respectant le delta P qui est une différence de pression entre le refoulement et l'aspiration, et si débit diminue la vanne monovar va se fermer pour créer les pertes de charge.

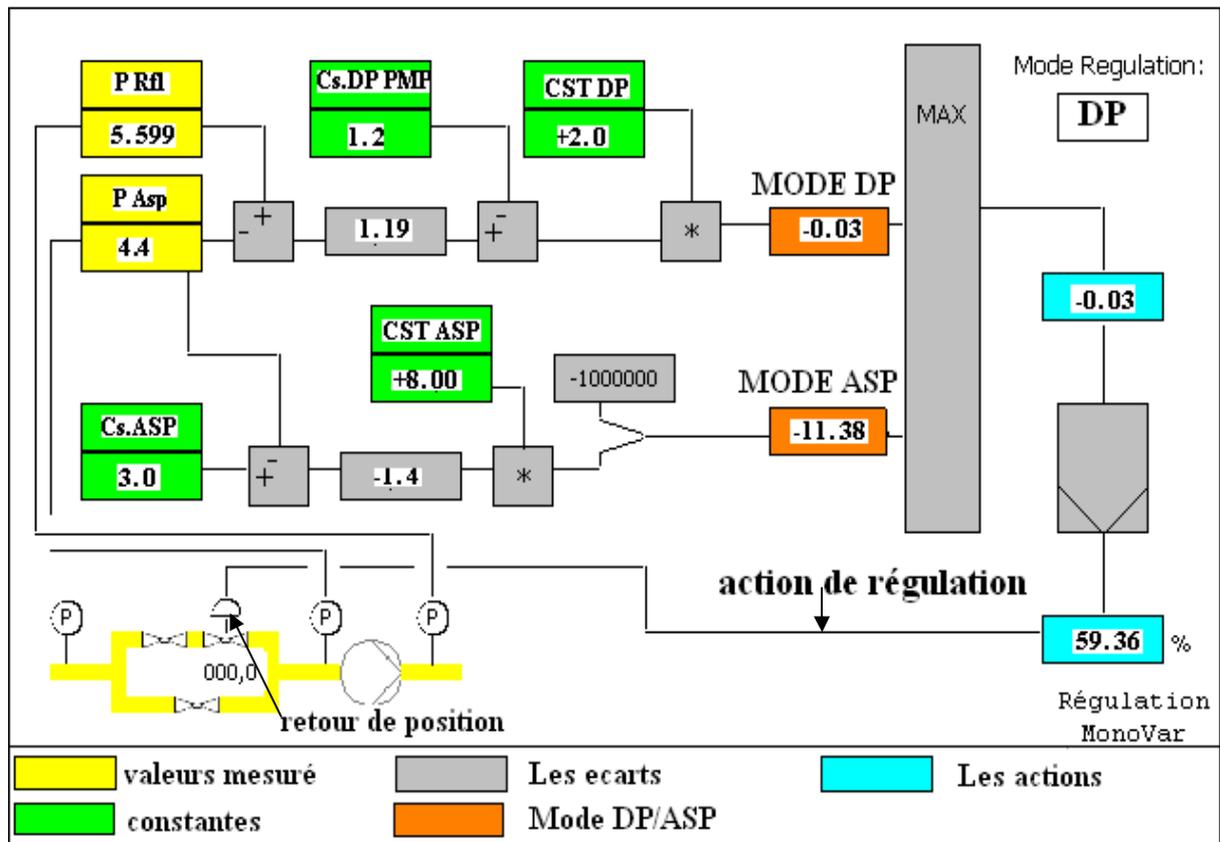


Figure III.1 : Schéma de régulation mono var

- Paramètres

**SP DP PMP** : le point de fonctionnement (consigne) pour la régulation du « delta p » généré par les pompes est normalement fixé à 1,2 bar (entre la pression sur le collecteur d’aspiration (après la chambre des vanne) et la pression sur le collecteur de refoulement).

**SP ASP** : seuil minimum de pression à l’aspiration est fixé à 0,8 bar. Cela signifie que le barrage est quasi vide (110mce (niveau barrage très bas)-109mce (axe pompes)=1mce, soit 0,8 bar. On stop la station juste avant que le barrage soit totalement vide.

- **Mesure**

**P<sub>aspiration</sub>** : c'est la mesure de la pression en amont des pompes (c'est-à-dire entre la vanne de régulation monovar et les pompes).

**P<sub>refoulement</sub>** : c'est la mesure de la pression en aval des pompes, soit sur le collecteur refoulement.

### III.1.1.1 Equipement de réglage

La vanne de réglage monovar peut réguler sur une position de 4%(fermé) à 94%(ouvert) son fonctionnement est requis lorsque la pression en amont des vannes est supérieur à 4,6 bar (configurable a travers MP270) ce qui correspond à une hauteur de barrage de 156mce (110mce (axe pompe) +46=156mce). Cette pression « pivote »détermine la configuration dans laquelle l'alimentation de la station se fera comme suite :

En dessous de 4,6bar, l'alimentation se fait via la conduite principale de DN2200 aucune perte de charge n'est nécessaire.

En dessus de 4,6bar, l'alimentation se fera via la vanne monovar pour pouvoir créer des pertes de charges a fin de briser la pression en amont des pompes (risque d'emballement des pompes).

### III.1.1.2 Basculement entre les deux modes (mono var /by-pass)

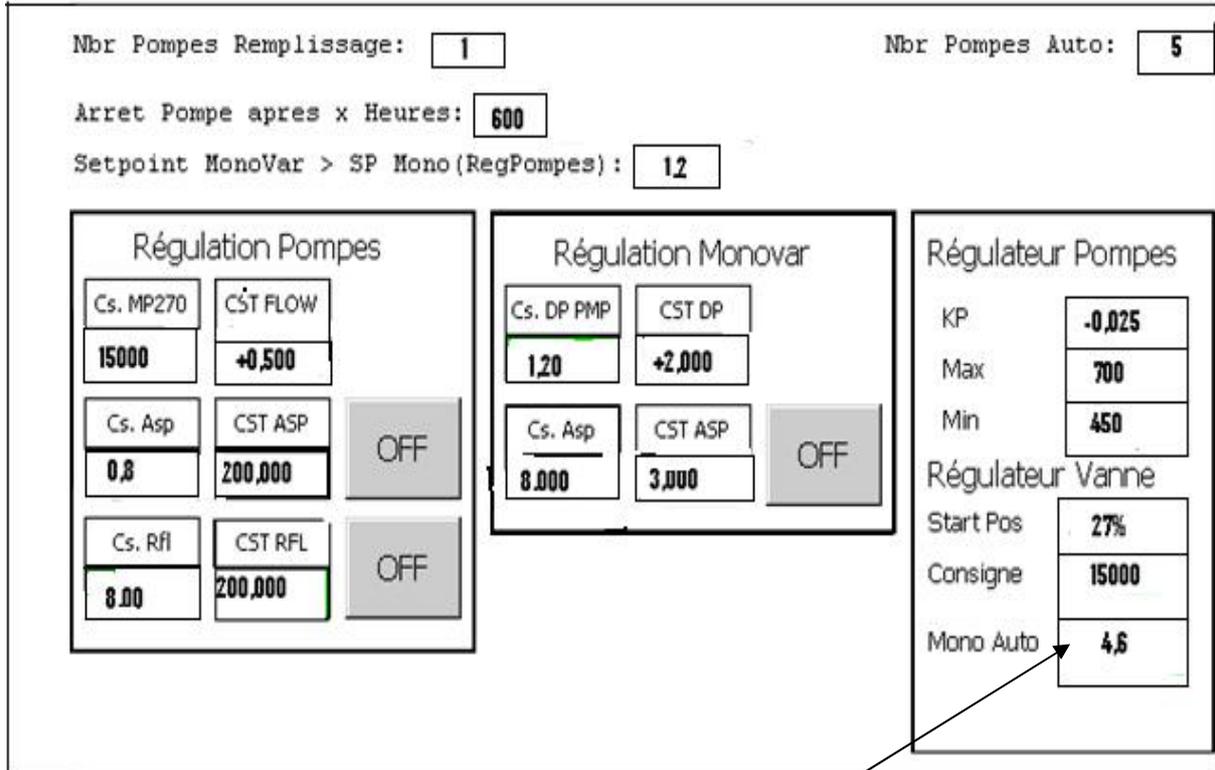
On est en mode monovar si  $P_{asp} > 4,6 \text{ bars}$

On passe au mode by-pass si  $P_{asp} \leq 4,6 \text{ bars}$ .

A chaque fois qu'on s'approche de la valeur de 4,6 bars soit a l'arrêt de production ou bien le nombres de pompes mise en route 1 ,2,3 ... etc. , il y aura un basculement entre les deux modes en provoquant un chevauchement car l'ouverture et la fermeture des vannes consomment de l'énergie et aussi créent des phénomènes transitoires de la conduite c'est pour cela il est judicieux d'apporter quelques corrections sur le programme existant :

- Programme existant

Mono auto(DB5.DBD206)=4,6bars, cette valeurs est introduite via le MP270 voir figure (III.2)

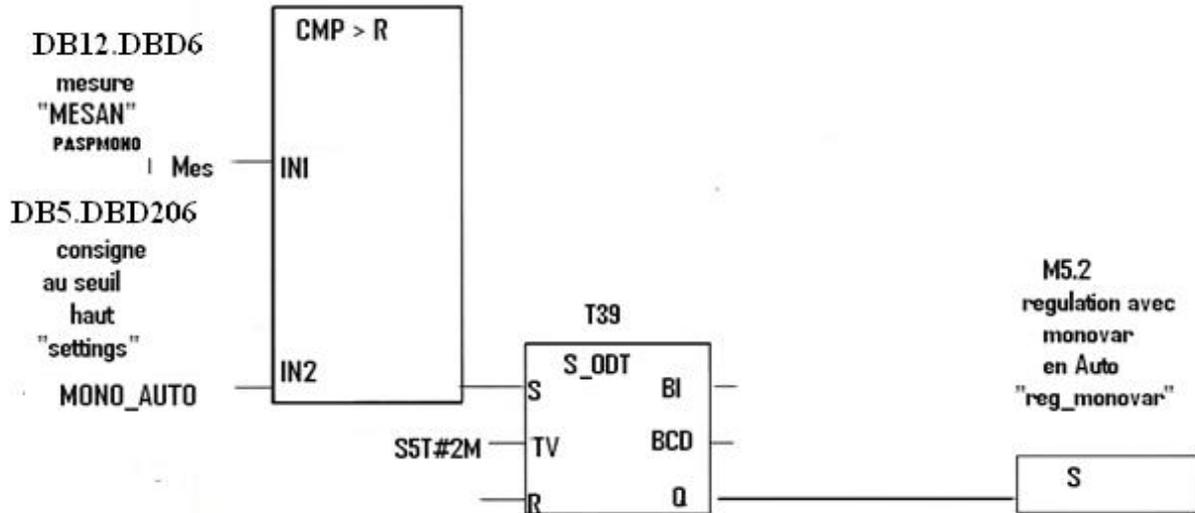


Mono Auto: 4,6bar

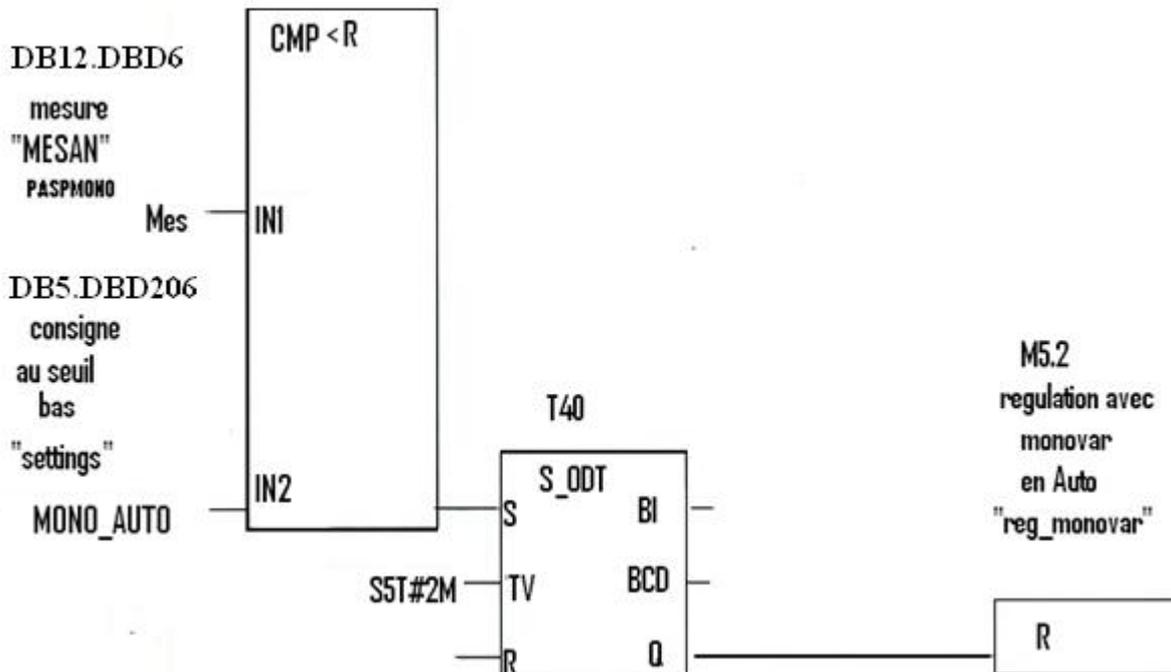
Figure III.2: Mono Auto

FC 20 existent

**Réseau 1 :** mono auto seuil de pression introduit dans MP270 qui est de 4,6bar pour le basculement entre les deux modes.

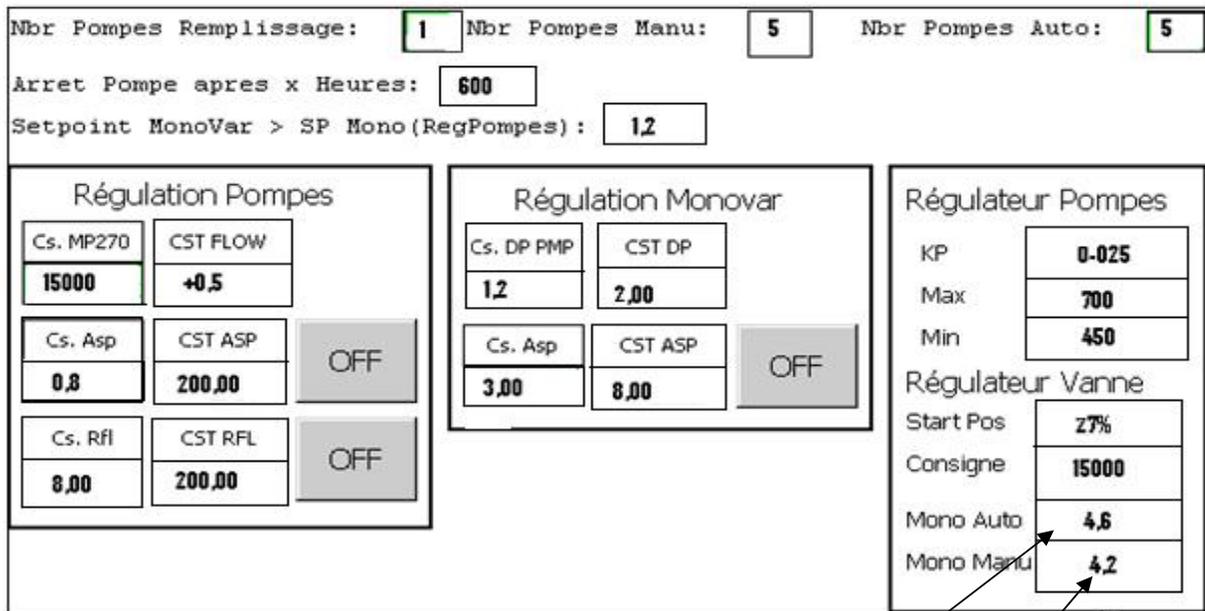


**Réseau2 :**



• Programme modifié (correction apportée)

Pour la modification du programme on a fait changer on introduisant deux valeurs l'une **mono auto** qui est de 4,6bar, et l'autre **mono manu** qui est de 4,2bar ces deux valeurs sont introduites via le MP270 voir figure (III.3).



Mono Auto (DB5.DBD206) =4, 6bars

Mono Manu (DB5 .DBD210) =4,2bars

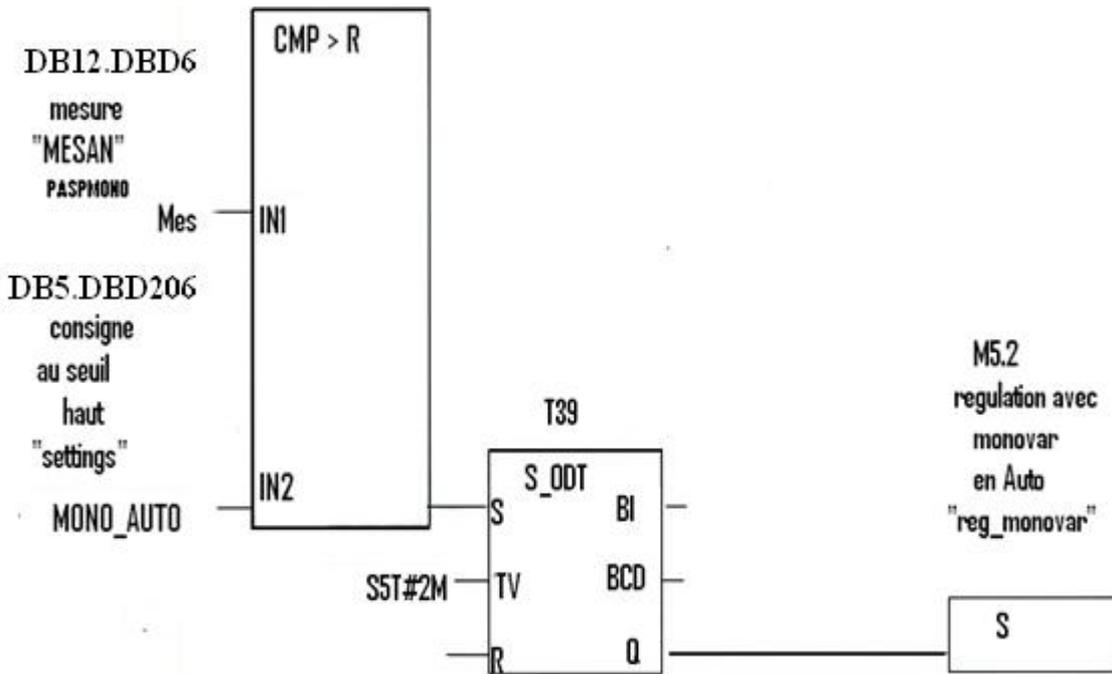
Figure III.3: Mono Auto et Mono Manu

FC20 modifié

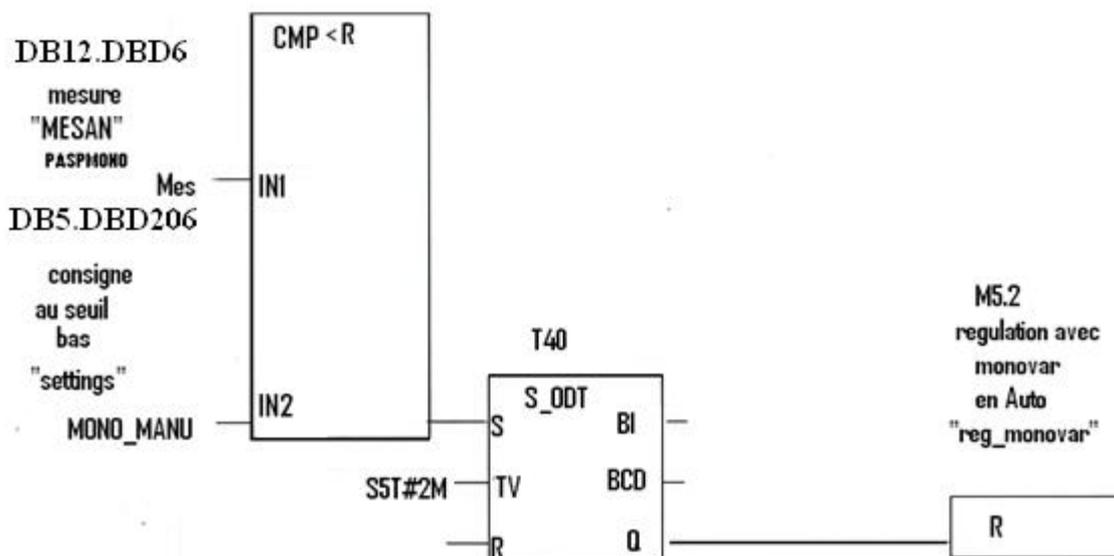
Le programme a été modifié à fin de prendre en considération les paramètres qu'on a cité précédemment à savoir :

- optimisation de l'énergie
- phénomènes transitoires de basculement entre les deux conduites.

**Réseau 1 :** mono auto et mono manu seuil des pressions préinscrites dans MP270 qui est 4,6bar et 4,2bar pour éviter le basculement entre les deux modes monovar et by-pass



**Réseau 4 :** mono auto et mono manu seuil des pressions préinscrite qui est 4,6bar et 4,2bar pour éviter le basculement entre mono var et by-pass



Si  $P_{asp} > 4,6$  bar le passage se fait via la conduite monovar, la pression d'aspiration diminue progressivement par exemple jusqu'à la valeur de 4,3 bar, mais on reste toujours au mode mono-var (SET) dès qu'il atteint le 4,2 bar, il bascule vers le mode by-pass (RESET).

Si  $P_{asp} \leq 4,2$  bar on est en mode by-pass, la pression d'aspiration augmente progressivement par exemple 4,4 bar mais on reste toujours au mode by-pass dès qu'il atteint 4,6bar, il bascule vers le mode monovar.

### III.1.1.3 Exemple d'explication

Basculement vers les deux modes monovar / by-pass

	Pression Utilisée pour basculement	Delta Pression			
	Pression Amont Mono var	Pression Aval monovar	Pression Refoulement	Delta P	Débit
Station Arrêt	<b>4,640 Bar</b>	4,601 Bar	5,602 Bar	1,001 Bar	0 m <sup>3</sup> /h
1 <sup>er</sup> Pompe	4,576 Bar	4,596 Bar	5,547 Bar	0,951 Bar	5100 m <sup>3</sup> /h
2 <sup>er</sup> Pompe	4,518 Bar	4,530 Bar	5,553 Bar	1,023 Bar	10110 m <sup>3</sup> /h
3 <sup>er</sup> Pompe	4,376 Bar	4,382 Bar	5,601Bar	1,219 Bar	16000 m <sup>3</sup> /h
Station en fonctionnement	<b>4,359 Bar</b>	4,384 Bar	5,625 Bar	1,241 Bar	15980 m <sup>3</sup> /h

Ecart entre la mesure de pression entre la station a l'arrêt et en fonctionnement est de 0,281bar on devra dans ce cas ajustée ces deux données qui sont Mono Auto de 4,6bar et Manu de 4,2bar a travers le MP270 d'un écart supérieur 0.281 bar pour éviter le basculement entre les deux modes à savoir mode by-pass et monovar continuellement .

#### III.1.1.4 Mode de fonctionnement

La pression dans le collecteur de refoulement est globalement constante est vaut 5,6bar (166mce cote d'arrivée à la station de traitement)-110mce (axe des pompes). La valeur « pivot » de commutation entre l'alimentation d'eau a travers la conduite principale DN2200 et via monovar est de **4,6bar** (156mce) ajustable à partir d'un système IHM.

##### III.1.1.4.1 mode d'alimentation conduite principale (DN2200)

La pression en amont de la chambre de vanne est inférieure à 4,6bar, soit de 4.0 bar par exemple .Alors la position des vannes sont les suivant :

Vanne d'isolement monovar DN1800 :100% fermé.

Vanne monovar reste dans sa position intermédiaire qui est de 27% .

Vanne d'isolement sur conduite principale DN2200 :100% ouverte.

Cela signifie que la différence de pression entre le refoulement des pompes et l'aspiration des pompes est de  $5.6\text{bar} - 4.0\text{bar} = 1.6\text{bar}$  supérieures a **1,2bars** requise pour le bon fonctionnement des pompes.

##### III.1.1.4.2 Mode d'alimentation by-pass (DN1800+mono var)

La pression en amont de la chambre de vanne est supposée supérieure à 4, 6bar soit par exemple 5.0bar dans ce cas les positions des vannes sont les suivantes :

Vanne d'isolement monovar DN1800 :100% ouvert.

Vanne monovar est dans sa dernière position d'ouverture.

Vanne d'isolement sur conduite principale DN2200 :100% fermée.

Cela signifie que la différence de pression entre le refoulement des pompes et l'aspiration des pompes est de  $5.6\text{ bar} - 5.0\text{ bar} = 0.4\text{ bar}$ , qui est bien une pression inférieur a 1.2 bar requis pour le bon fonctionnement des pompes. Dans le présent exemple, il s'agit de positionner la vanne monovar de sorte que la différence entre la pression d'aspiration en amont de la vanne monovar et la pression de refoulement soit de 1.2 bars .alors dans ce cas la

vanne monovar va légèrement se fermer à fin de créer des pertes de charge complémentaire et d'atteindre cette différence.

Afin d'atteindre notre objectif, on doit réguler, le « delta p » minimal à générer pour le bon fonctionnement des pompes. Selon la différence entre la pression refoulement et la pression aspiration doit être au moins 1,2 bars qui est la consigne fixé dans le MP270 pour cela on a réalisé une série de test en fonction de la consigne débit introduite.

### Test1

	<b>Pref (Bar)</b>	<b>Pasp amont (Bar)</b>	<b>Pasp aval (Bar)</b>	<b>Delta(P) consigne</b>	<b>Position monovar(%)</b>
<b>P<sub>pivot</sub> =4,6 Bar</b>	<b>5,6</b>	<b>5,1</b>	<b>4,8</b>	<b>1,2</b>	<b>48%</b>

$$P_{\text{refoulement}} - P_{\text{aval}} = 5,6 - 4,8 = 0,8 \text{ bar}$$

La différence est de 0,8 bar qui est inférieur à la consigne fixé, alors la vanne monovar va se fermé légèrement selon l'action du régulateur, pour pouvoir atteindre la consigne delta P.

### teste2.

	<b>Pref (Bar)</b>	<b>Pasp amont (Bar)</b>	<b>Pasp aval (Bar)</b>	<b>Delta(P) consigne</b>	<b>Position monovar(%)</b>
<b>P<sub>pivot</sub> =4,6 bar</b>	<b>5,6</b>	<b>5,1</b>	<b>4,3</b>	<b>1,2</b>	<b>51%</b>

$$P_{\text{refoulement}} - P_{\text{aval}} = 5,6 - 4,3 = 1,3 \text{ bar}$$

La différence est de 1,3 bar qui est supérieur à 1,2 bar, alors dans ce cas la vanne mono var va s'ouvrir légèrement pour pouvoir atteindre la consigne delta P.

### III.1.2 Régulation des pompes (optimisation de l'énergie)

Dans cette boucle on fait la régulation de la vitesse des pompes à l'aide des six masters drives, tout en essayant d'atteindre le débit demandé par la station de pompage. L'augmentation du débit implique l'augmentation de la vitesse, cette dernière agit sur le courant c.-à-d quand le débit augmente la vitesse augmente et le courant augmente.

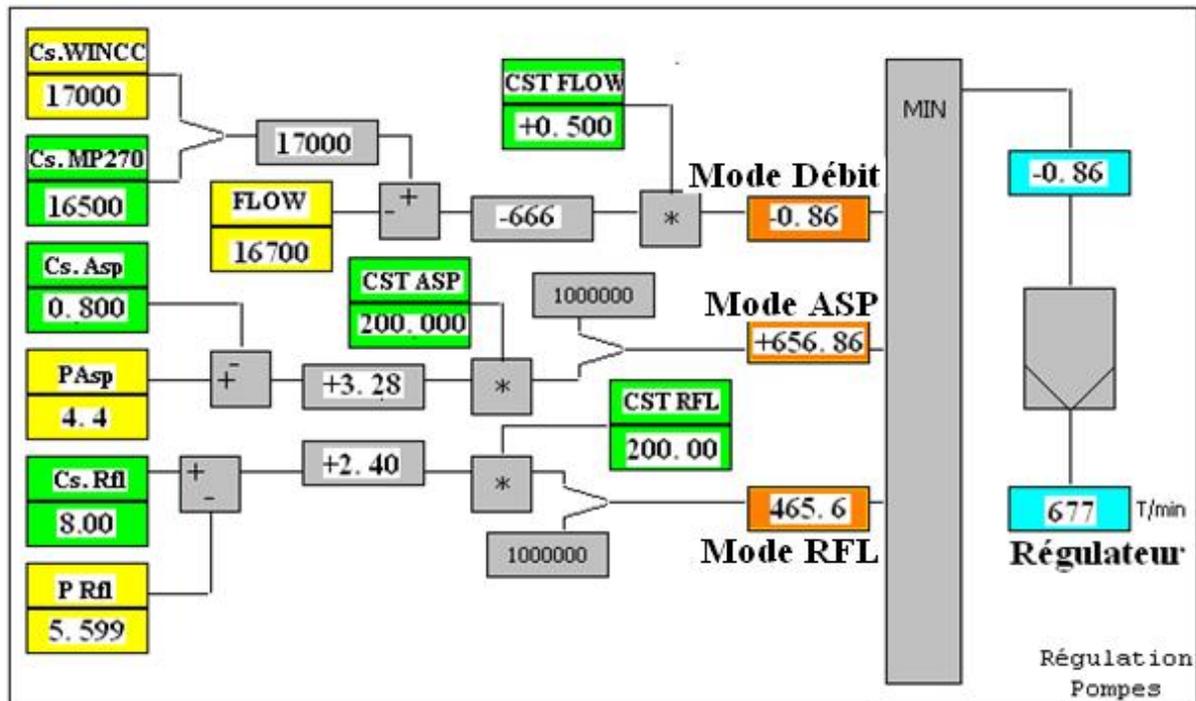


Figure III.4.:Schéma de régulation des pompes

- Paramètres

**Sp wincc** : la consigne de débit est transmise par le centre de dispatching /wincc (si la consigne est opérationnel).

**Sp MP270** : la consigne de débit est introduite via le MP270 (mode local)

**Sp asp** : il s'agit de la valeur nominal de pression à l'aspiration des pompes, c'est une consigne prédéfinie .Si cette « sous boucle »est active, elle permet de limiter les fluctuations du régulateur général.

**Sp rfl** : il s'agit de la valeur nominal de pression au refoulement des pompes, c'est une consigne prédéfinie .Si cette « sous boucle »est active, elle permet de limiter les fluctuations du régulateur général.

- **Mesures**

**Flow** : il s'agit de la valeur récupéré à partir de la boucle du courant.

**P asp**: il s'agit de la mesure de la pression à l'aspiration.

**p rfl** : il s'agit de la mesure de pression au refoulement.

### III.1.2.1 Equipement de réglage

La variation de vitesse des pompes à l'aide des masters drives (variateurs de fréquence) permet d'adopter le débit des pompes afin que le débit total sortant de la station de pompage s'approche de plus en plus du débit demandé à la station de traitement (la consigne).

### III.1.2.2 Fonctionnement

#### III.1.2.2.1 Boucle débit (boucle principale)

C'est la boucle principale, elle est toujours active on ne peut donc pas la désactiver. Lorsque le débit mesuré est plus petit que le débit demandé, le système accélère la vitesse des pompes afin d'obtenir un débit plus élevé. Lorsque le débit mesuré est plus élevé que le débit demandé par la station de traitement, le régulateur va décélérer la vitesse des pompes afin de diminuer le débit. Lorsque le débit demandé est égale au débit mesuré, on stabilise et on maintient la vitesse des pompes.

#### III.1.2.2.2 Sous Boucle à partir de la pression de l'aspiration

Cette sous-boucle permet d'éviter que la pression sur l'aspiration ne diminue pas trop, si on veut travailler en toute sécurité sans risque de déclenchement de la station sur le pressostat d'aspiration, il faut veiller à ce que la consigne aspiration soit juste au dessus du

seuil du pressostat (pressostat à 0,7 bar, consigne à 0,8 bar). Cette sous boucle peut être mise hors service.

Si la pression à l'aspiration des pompes est inférieure à 0,7 bar, on diminue la vitesse des pompes afin de réduire le débit et d'augmenter par la même occasion la pression à l'aspiration.

### III.1.2.2.3 Sous Boucle à partir de la pression de refoulement

Cette sous-boucle permet d'éviter que la pression au refoulement ne devienne trop grande, si on veut travailler en toute sécurité sans risque un déclenchement de la station sur le pressostat de refoulement, il faut veiller à ce que la consigne de refoulement soit juste en dessous du seuil du pressostat (pressostat à 10 bar consigne à 9 bar). Cette sous boucle peut être mise hors service.

Si la pression au refoulement des pompes est supérieure à 10 bars, on diminue la vitesse des pompes afin de réduire le débit et de diminuer par la même occasion la pression au refoulement.

### III.1.2.3 Modes de régulation

#### III.1.2.3.1 Régulation débit

La boucle débit (boucle principale) contrôle la vitesse des pompes et les autres boucles sont mises hors service ou les valeurs sont telles qu'elles n'ont pas d'influence.

#### III.1.2.3.2 Régulation à partir de l'aspiration

Lorsque la sous boucle à l'aspiration est en service, si la pression à l'aspiration des pompes est trop basse, cette sous boucle permet d'éviter de déclencher la station sur le seuil de pression minimum du pressostat placé sur le collecteur d'aspiration.

### III.1.2.3.3 Régulation à partir du refoulement

Lorsque la sous boucle de refoulement est en service, si la pression au refoulement des pompes est trop haute, cette sous boucle permet d'éviter de déclencher la station sur le seuil de pression maximum du pressostat placé sur le collecteur de refoulement.

## III.2 Interprétation des équations utilisées dans les différentes boucles

### III.2.1 Boucle Régulation Mono var

$$X1 : \text{mode DP} , X2 : \text{mode ASP} \quad (\text{III.1})$$

$$X1 = 2 * (( P_{ref} - P_{asp} ) - 1,2 ) \quad (\text{III.2})$$

$$X2 = 8 * (3 - P_{asp}) \quad (\text{III.3})$$

On prend la valeur max de ces deux valeurs c-a-d  $X_1 \geq X_2$  ce qui implique

$$P_{asp} \geq 4,4 - (P_{ref}/3) \quad (\text{III.4})$$

Généralement  $P_{ref}$  varie entre 5,6 et 5,8 qui est une pression dynamique ce qui donnera comme résultat suivant :

Mode Dp pour une pression d'aspiration  $\geq 2,53 \text{ bar}$

Mode Asp pour une pression d'aspiration  $< 2,53 \text{ bar}$

### III.2.2 Boucle Régulation Débit

$X1 : \text{mode Débit} , X2 : \text{mode ASP} , X3 : \text{mode RFL}$

$X1 = 0,5 * (CS, MP270-CS \text{ FLOW})$

$X1 = (P_{asp} - 0,8) * 200,000$

$$X_3 = (8 - P_{ref}) * 200,000$$

On prend Min de ces deux valeurs  $X_1 < X_3$  ce qui implique

$$\boxed{(\text{Flow-Csg}) \geq 400(8-P_{ref})} \quad (\text{III.4})$$

Généralement  $P_{ref}$  varie entre 5,6 et 5,8 qui est une pression dynamique ce qui donnera comme résultat suivant :

Mode Débit pour un écart  $(\text{Flow-Csg}) \geq 960$

Mode Rfl pour un écart  $(\text{Flow-Csg}) < 960$

### III.3 Partie pratique

On a fait de nombreuses essais au niveau de la station de pompage en changeant la consigne débit chaque une heure de temps. Ce débit est entré via le MP 270, les résultats obtenus à partir de la boucle régulation monovar et la boucle régulation pompes sont portés sur les tableaux ci-dessus :

#### III.3.1 La boucle mono var :

<b>Débit (m<sup>3</sup>/h)</b>	8000	12800	14000	15000	15500	16000
<b>P<sub>REF</sub> (bar)</b>	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
<b>P<sub>ASP</sub> (bar)</b>	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.0
<b>Régulation Mono var (%)</b>	43.84	48.76	51.85	56.02	56.02	56.02
<b>Delta (P)</b>	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6

Des tests ont été faits, en changeant le débit chaque une heure de temps on constate que la vanne monovar a tendance de s'ouvrir de plus en plus et la pression d'aspiration diminue progressivement. Cette dernière influe sur le delta(P), plus le débit est grand la

pression d'aspiration diminuée, et plus le delta (P) s'éloigne de la valeur de 1.2 bar qui est une valeur optimale.

### III.3.2 La boucle régulation pompe

Dans le tableau suivant on porte les valeurs des vitesses des pompes existant sur la boucle régulation pompes ainsi le nombre des pompes à partir du MP 270 en même temps on mesure les courants sur les masters drives

<b>Débit (m<sup>3</sup>/h)</b>	8000	12800	14000	15000	15500	16000
<b>Vitesse des pompes (tr/min)</b>	450	564.2	468	477	494	509
<b>Courant moy (A)</b>	634.3	770	643.2	664.2	675.2	706.3
<b>Nombre des pompes en service</b>	2	2	3	3	3	3

On remarque que le courant et la vitesse augmente avec l'augmentation du débit, mais dans le point de basculement par exemple de deux a trois pompes le courant se devise et diminue ainsi que la vitesse.

## Conclusion

Dans ce chapitre, une présentation générale de procédé de régulation de la station de pompage de TAKSEBT a été faite en présentant ces différentes boucles, son fonctionnement et ces équations, aussi quelques essais ont été effectués pour pouvoir interpréter ces résultats a fin de porter quelques modifications sur le programme existant pour l'amélioration de la consommation d'énergie. Pour rendre l'optimisation d'énergie d'une manière souple on introduit les blocs de simulation CFC qui sera l'objectif de notre prochain chapitre.



*Chapitre IV*

# Optimisation d'énergie avec les blocs CFC

## IV.1 Introduction

Suite aux excès de consommation d'énergie qui est l'inconvénient majeur de la station de pompage de TAKSEBT qui est client potentiel de SONELGAZ , dans ce chapitre, nous allons essayer de minimiser cet excès et cela en l'optimisant, pour ce faire on utilisera des blocs CFC qui est un outil d'ingénierie conçu spécialement par les programmeurs qui créent également le programme utilisateur de l'installation.

Le CFC permet de convertir facilement et en un minimum de temps des spécifications technologiques en programme d'automatisation directement exécutable.

## IV.2 Définition de CFC

CFC (Continuous Function Chart) est un logiciel optionnelle du STEP7, il permet d'élaborer une architecture logicielle globale pour une CPU à partir des blocs préprogrammés par le programmeur. Pour ce faire, les blocs sont insérés dans le diagramme fonctionnel et interconnectés.

Connecter signifie transmettre des valeurs d'une sortie de bloc, vers une ou plusieurs entrées de bloc.

## IV.3 Mise en route

### IV.3.1 Elaboration d'une régulation avec système réglé simulé

#### IV.3.1.1 Création d'un projet

- Ø Sélectionnez dans la barre d'outils l'icône  ou choisissez la commande **fichier** >**nouveau**. Entrez le nom du projet «CFC\_ TAKSEBT\_OUED AISSI »dans la boîte de dialogue « nouveau projet » est validez ce dernier avec « OK ».

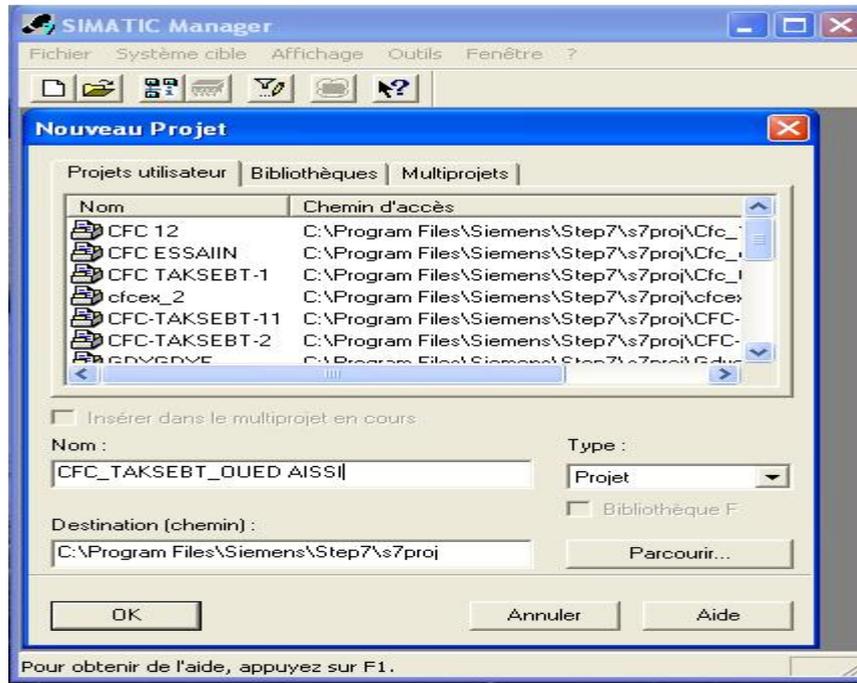


Figure VI.1 : création du projet

Ø sélectionnez le dossier du projet puis choisissez la commande **insertion** >**programme**>**programme S7**.Le programme S7est créé avec son dossier source, son dossier blocs et sa table des mnémoniques. Le projet doit se trouver dans la « vue des composants ».

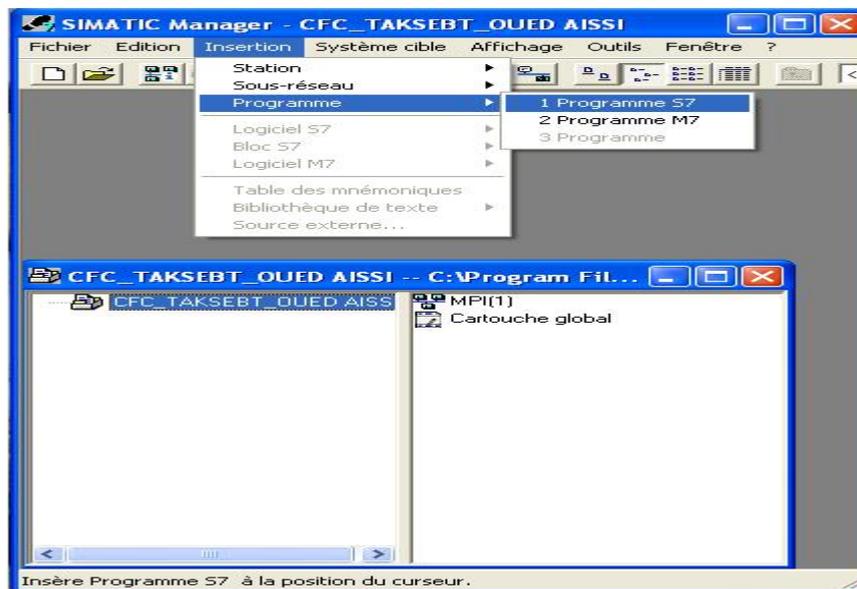


Figure IV.2: création d'un programme S7

- Ø sélectionnez le dossier programme S7 puis choisissez la commande **insertion>logicielle S7>dossier diagrammes** .Le dossier diagrammes est crée.
- Ø celui-ci étant sélectionné, choisissez la commande **insertion>logiciel S7>CFC**. Un diagramme « CFC »est créé, nommez-le.

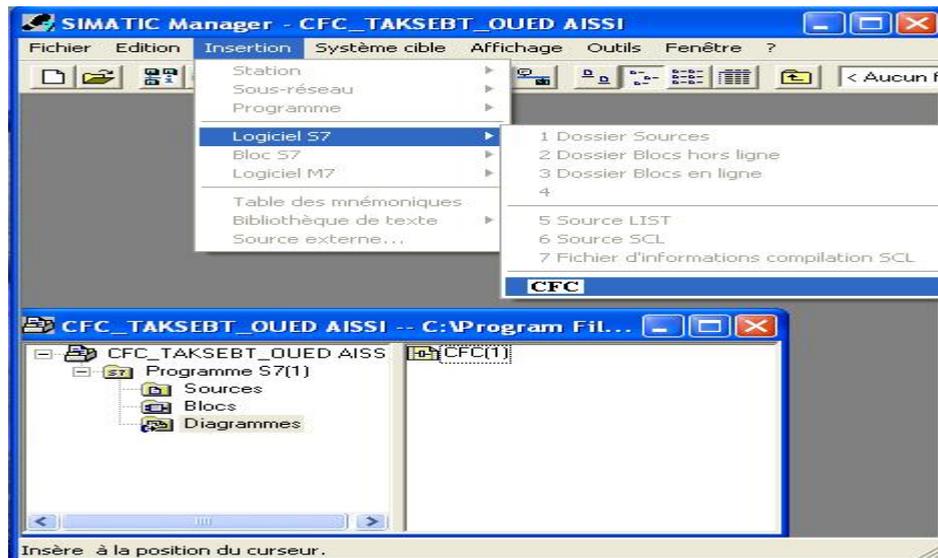


Figure IV.3 : création d'un diagramme CFC

- Ø cliquez deux fois sur diagramme CFC(1), toutes les conditions nécessaires au travail avec l'éditeur CFC sont maintenant réunies la fenêtre suivante apparait :

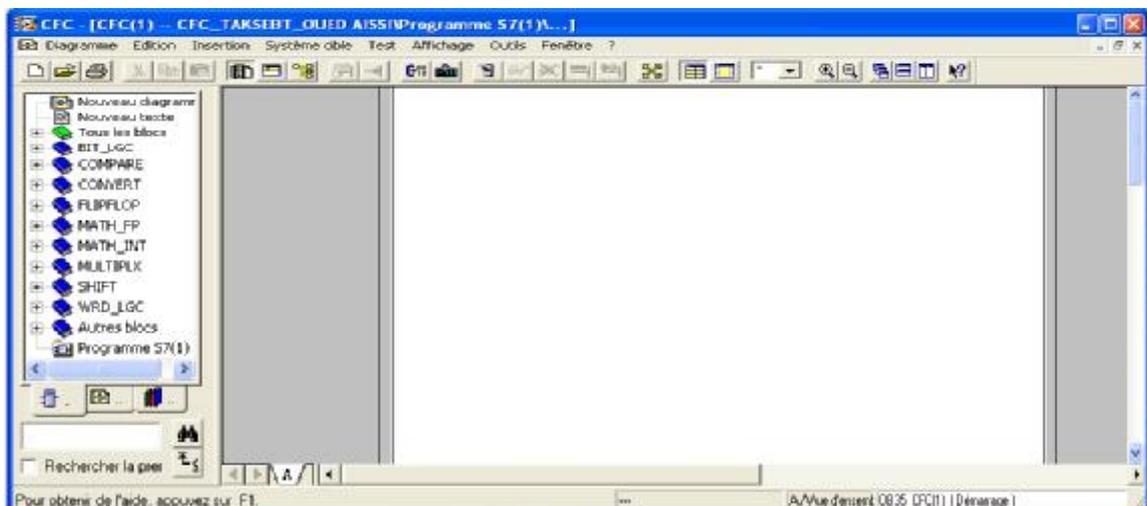


Figure IV.4: fenêtre de travail

### IV.3.2 Editeur d'un diagramme

#### IV.3.2.1 Enoncé du problème

Nous allons élaborer une régulation avec simulation du processus, le système réglé étant simulé par une valeur moyenne en virgule flottante. Nous avons utilisé deux blocs à cet effet, le bloc SAMP\_AVE et le bloc CONT\_C. Le bloc SAMP\_AVE calcule la moyenne d'un certain nombre de valeurs d'entrée et le bloc CONT\_C est un régulateur PID qui régule cette valeur moyenne.

#### IV.3.2.2 Insertion des blocs

- ∅ ouvrez le catalogue  , s'il n'est pas déjà ouvert (option par défaut).
- ∅ dans le catalogue, cliquez sur l'onglet  des bibliothèques, ouvrez la bibliothèque **CFC Library**. Vous y trouvez plusieurs bibliothèques de blocs.
- ∅ ouvrez ensuite le dossier **ELM\_300**.il s'agit d'une bibliothèque comprenant des blocs appropriés pour les CPU AS 3xx.
- ∅ cliquez sur le signe(+) devant le dossier «tous les blocs »pour ouvrir. Depuis la liste obtenue, vous pouvez insérez les blocs souhaités dans le diagramme par glisser-lâcher.
- ∅ cliquez sur **CONT\_C**, maintenez le bouton de la souris enfoncé et faites glisser le bloc dans le diagramme. Placez-le en haut à droite dans la feuille 1 du diagramme.
- ∅ puis cliquez sur le bloc **SAMP\_AVE** et placez-le à gauche du bloc CONT\_C.
- ∅ cliquez deux fois à proximité des deux blocs sur un emplacement libre pour passer en mode d'affichage par feuille (ou cliquez dans la barre d'outils sur  ). Dans l'affichage par feuille, le bloc est représenté sous la forme d'un objet graphique adroites) sont représentés comme des champs affichant le nom du connecteur et son type de données a l'aide de la commande **outils>paramètres>largeur Bloc /marge....**vous pouvez choisir dans la boite de dialogue la largeur étroit ou large. Si vous choisissez étroit(valeur par défaut),les blocs seront représentés de taille plus étroite et sans mention du type de données.

- ∅ Pour afficher dans une info-bulle les informations complètes sur un connecteur, positionnez le pointeur sur ce connecteur.

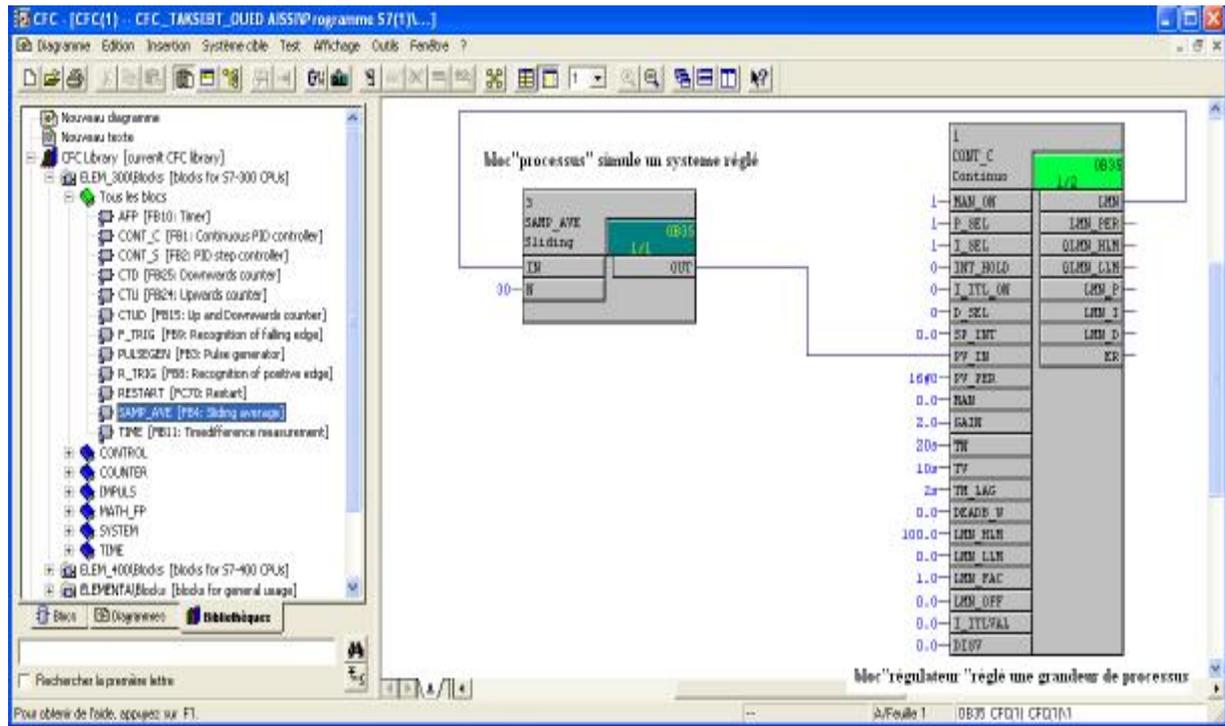


Figure IV.5 : élaboration d'une régulation avec une simulation

### IV.3.2.3 Compilation et chargement du diagramme

L'étape suivante est la compilation du diagramme en un programme.

- ∅ dans la barre d'outils de CFC, cliquez sur l'icone  ou choisissez la commande **diagramme>compiler>programme** dans la boîte de dialogue qui s'ouvre, sélectionnez « programme entier » pour le mode de compilation validez avec « OK ». La compilation est démarrée et son évolution est visualisée dans une boîte de dialogue. Validez le message de fin de compilation et les comptes-rendus S7avec « fermer » (vous pouvez ignorer l'avertissement qui y est contenu).

Ø Vous ne pouvez exécuter l'étape suivante que on a configuré une CPU du type AS 3xx ou AS 4xx et raccordé celle-ci à votre PC(ou bien dans un système d'automatisation simulé avec S7-PLCSIM).Le commutateur à clé de la CPU doit être en position RUN-P.

Ø pour charger le programme dans la CPU, cliquez sur l'icone  ou choisissez la commande **système cible>charger.....**

Sélectionnez le mode de chargement dans la boîte de dialogue (dans notre cas, déjà réglé : « programme entier »).

Avant le chargement et après un message demandant confirmation que vous acquittez avec « oui » la CPU est mise à l'état STOP et tous les blocs qui y sont éventuellement contenus sont effacés.la procédure de chargement est visualisée dans une nouvelle boîte de dialogue .Une fois le chargement réussi (sans erreur),un message demandant si vous désirez redémarrer la CPU vous est adressé .En répondant « oui »,on remet la CPU à l'état de fonctionnement« RUN ».

La CPU passe à l'état **RUN**. Le programme est maintenant chargé et prêt à être testé.

#### IV.3.2.4 Test du programme

Le mode test nous permet de visualiser les valeurs des connecteurs de bloc et modifier les valeurs des entrées de bloc. Les valeurs annoncées pour le test sont représentées sur fond jaune.

En changeant simplement quelques paramètres, vous pouvez observer le comportement de la régulation, par exemple comment la grandeur régnante se rapproche de la consigne et se stabilise.

#### IV.3.2.5 Commutation du mode de test

Avant d'activer le mode test, commutez d'abord en mode laboratoire (**test>mode laboratoire**).Ceci active automatique la visualisation pour tous les connecteurs de bloc.

**Remarque** : en mode processus, la visualisation n'est activée par défaut pour **aucun**

connecteur. Dans ce mode, vous devez sélectionner les blocs qui vous intéressent et les activer explicitement pour la visualisation (clic sur l'icône ).

#### IV.3.2.6 Activation du mode test

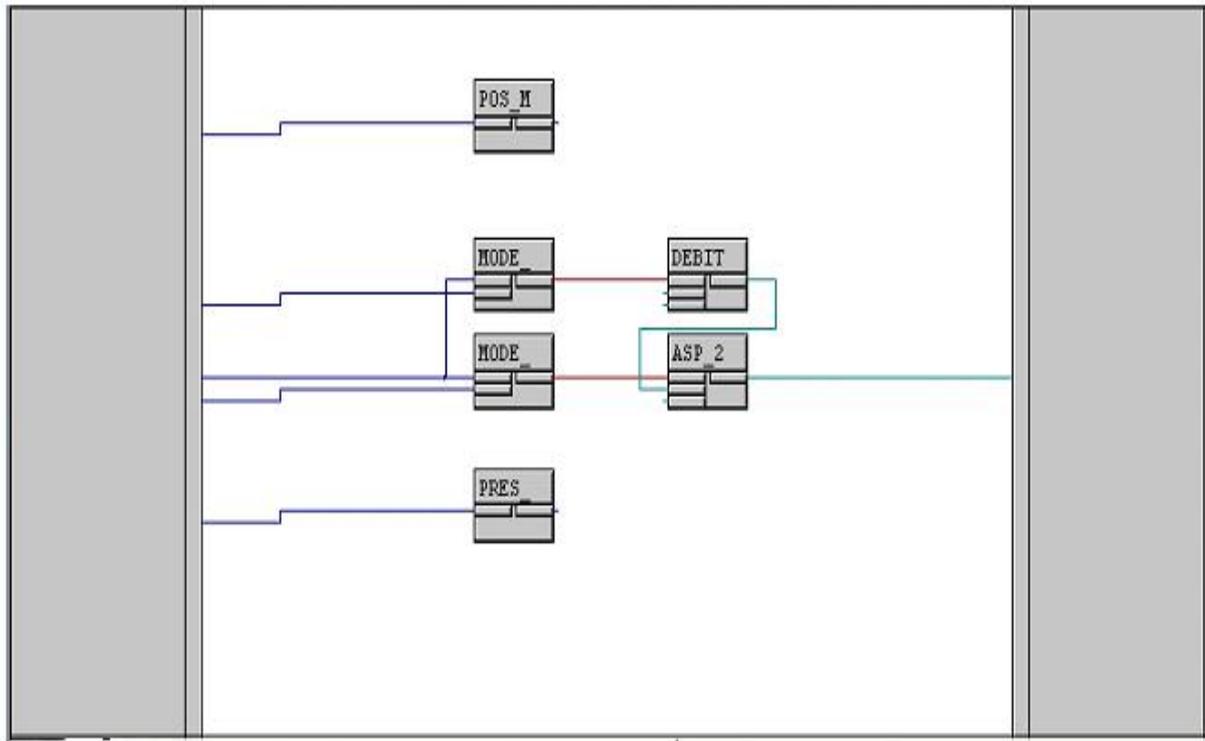
Cliquez sur  ou choisissez la commande **test>mode test**

Nous sommes familiarisée dans cette première partie avec les fonctions de base de l'outil de configuration CFC. Nous avons créé un projet dans SIMATIC Manager, créé un diagramme CFC et inséré des blocs d'une bibliothèque. nous avons interconnecté et paramétré ces blocs. Nous avons généré un programme exécutable et nous l'avons chargé dans la CPU. Nous avons également pu observer et modifier le comportement de la boucle de régulation en mode test.

#### IV.4 Les blocs CFC utilisés dans la station de pompage

Le diagramme est constitué des blocs CFC préprogrammés, paramétrés et interconnectés.

## IV.4.1 Blocs régulation monovar (CFC : REGUL\_MONO)

**Figure IV.6:** CFC REGUL\_MONO

Ce bloc est composé de deux boucles principales de régulation (Mode DP et le mode ASP), la valeur maximale calculée dans le CFC de ces deux dernières définit le mode de régulation (voir figure IV.6).

IV.4.2 Bloc régulation pompe (CFC : REGUL\_PMP)

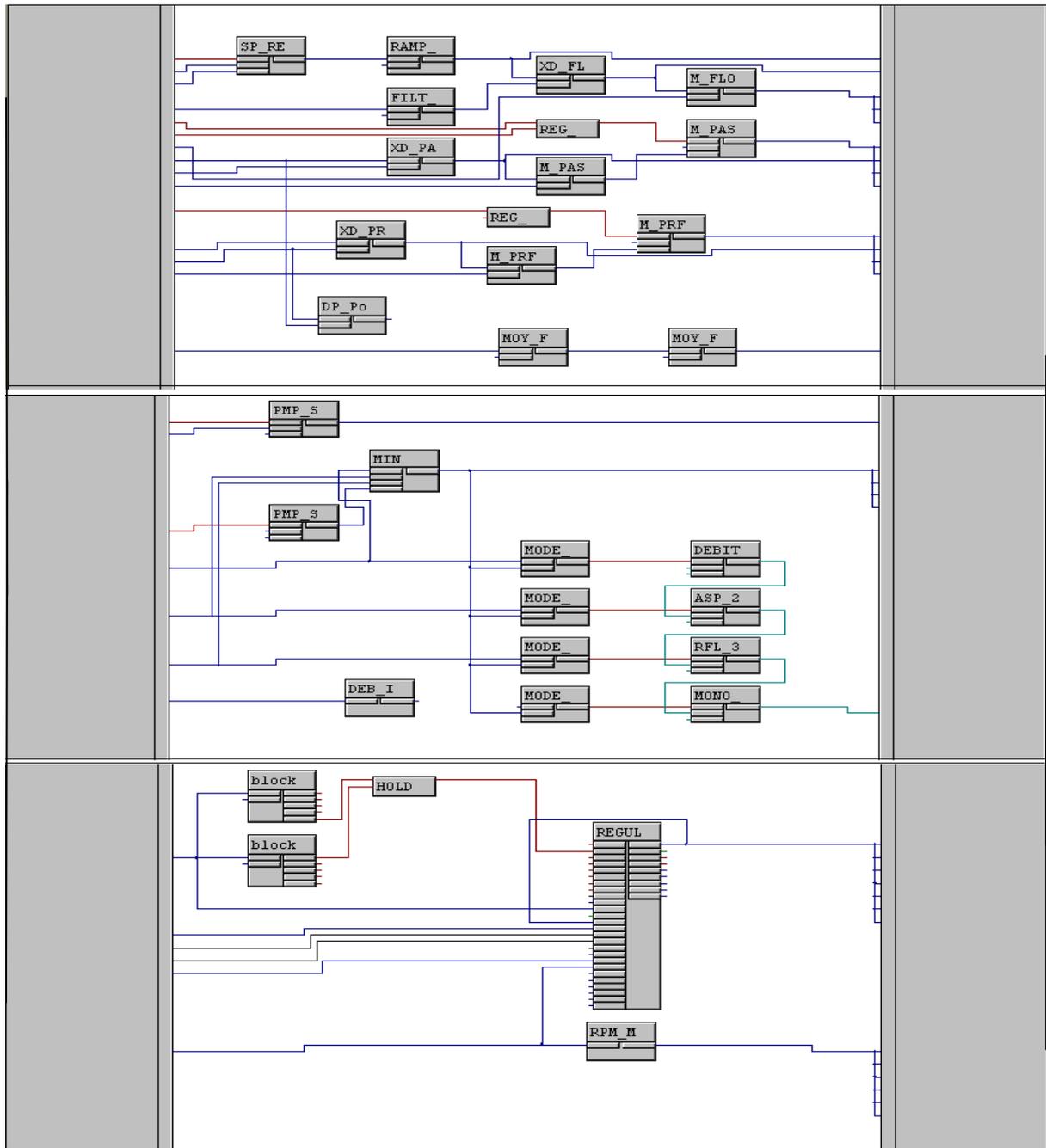


Figure IV.7 : CFC REGUL\_PMP

La fonction principale de ce bloc est d'introduire une consigne de débit via MP270 ou bien le WINCC à la sortie on aura la vitesse appliquée aux différentes pompes. Il est

composé d'une boucle principale (mesure débit) et de deux sous boucles de régulation (mesure refoulement et mesure aspiration) qu'on peut désactiver, la valeur minimale des trois boucles définit le mode de régulation (Mode Débit, ASP ou RFL), cette dernière est exploitée par le régulateur PID. Si cette valeur n'est pas atteinte, le débit augmente jusqu'à atteindre le débit mesuré (Mesure périphérique) avec l'augmentation de la vitesse, si cette dernière est comprise entre un seuil acceptable, le régulateur va figer la vitesse car le débit désiré est atteint. Cette dernière (la vitesse) sera transmise vers les différents master drives (lui-même va faire augmenter sa vitesse tout en au régulant son courant).

Quand le débit augmente, la vitesse augmente et le courant augmente.

IV.4.3 Bloc régulation débit (CFC : REGUL\_DEBIT)

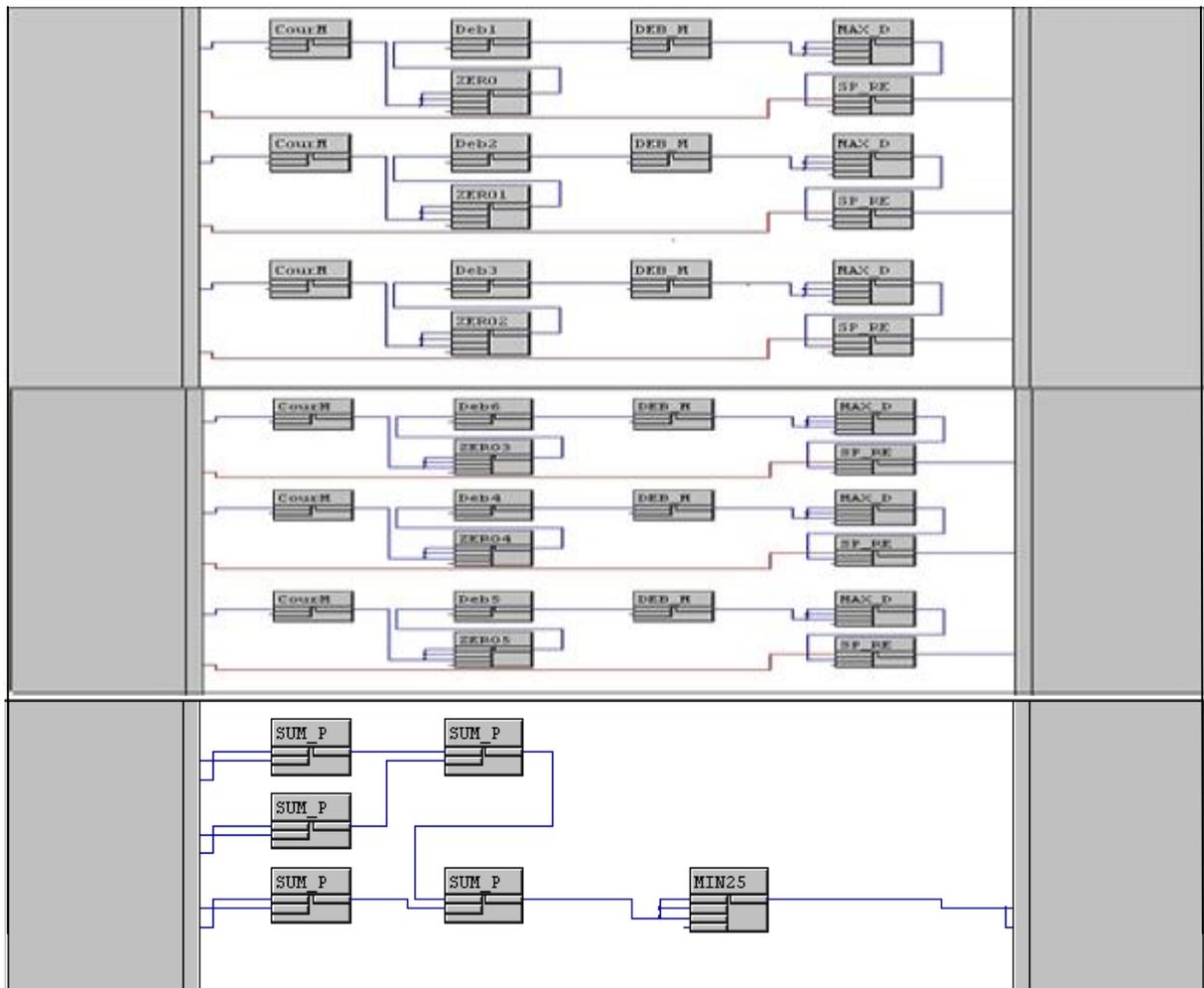


Figure IV.8 : CFC REGUL\_DEBIT

Le diagramme précédent est un bloc CFC de débit, à l'entrée on récupère via les masters drives un courant et à la sortie on estime un débit calculé par une boucle courant.

Des tests ont été effectués à la station de pompage pour plusieurs valeurs du débit et à donner comme résultat suivant (voir tableau) :

Nombres pompes	Int(A)	Consigne m <sup>3</sup> /h	Débit m <sup>3</sup> /h	P ASP (bar)	P REL (bar)	Valeurs	Vitesse tr/mn	Position % Mono var
3	720	17500	17499	4,146	5,642	1	528,27	63,2
						670		
						470		
	745	18000	17984	4,04	5,639	12	544,09	63,09
						650		
						471		
4	642	18500	18435	4,096	5,642	13	461,66	65,2
						659		
						470		
	660	19000	18940	4,026	5,65	2	473,74	65,17
						647		
						468		

Le tableau suivant montre la relation directe entre la valeur consigne débit et le débit calculé dans le CFC à partir de la boucle du courant. On constate que tout en augmentant le débit consigne la vitesse agit directement ainsi que le courant dans les différents masters drives (estimation se fait a travers certaines facteurs dans les blocs CFC).

IV.4.4 Bloc optimisation d'énergie (CFC : OPTI\_ENERG)

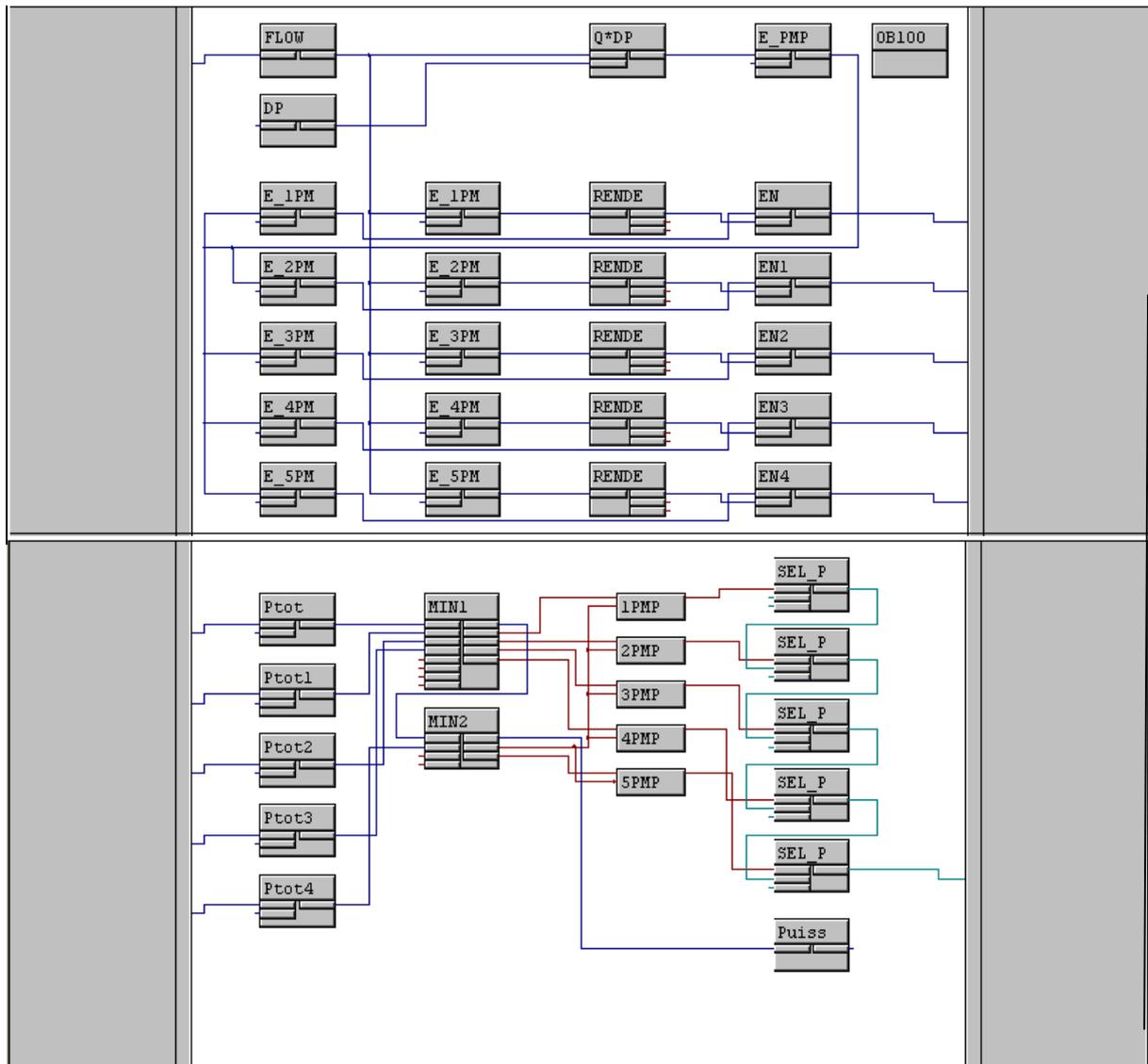


Figure IV .9 : CFC OPTI\_ENERG

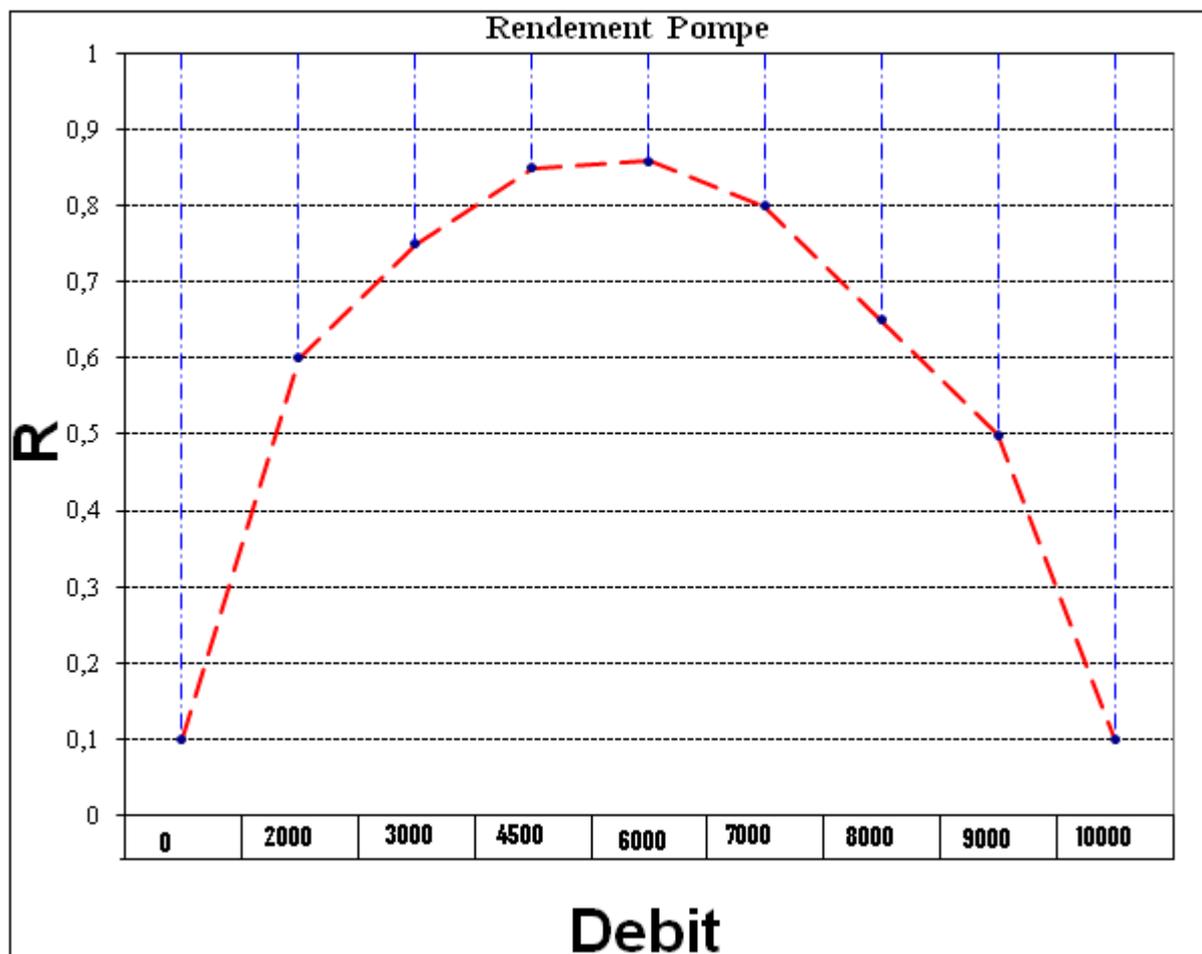
Le rôle de ce bloc est d'optimiser l'énergie c.-à-d. maximiser le rendement et minimiser l'énergie, tout en introduisant un débit à l'entrée comme consigne de débit et à la sortie on récupère le nombre de pompe demandé par le CFC voir tableau ci-dessous :

Débit m <sup>3</sup> /h	Rendement	Energie KW h	Puissance estimé KW h	Nombre CFC
12825	0.1	4333	518	2
	<b>0.83525</b>	<b>259</b>		
	0.835	173		
	0.76375	142		
<b>12830</b>	0.1	4335	<b>522</b>	<b>3</b>
	0.835	261		
	<b>0.836</b>	<b>174</b>		
	0.763	143		
18000	0.1	6081	708	3
	0.5	608		
	<b>0.86</b>	<b>236</b>		
	0.85	179		
<b>18470</b>	0.76	154	<b>732</b>	<b>4</b>
	0.1	6240		
	0.382	816		
	0.851	245		
	<b>0.856</b>	<b>183</b>		
0.8	157			

Tableau : le Nombres CFC.

Ces résultats sont calculés à partir de bloc CFC (OPTI\_ENERG ), en introduisant une consigne de débit par exemple de **12825** m<sup>3</sup>/h le nombre de pompes demandé par le CFC est de deux pompes pour une puissance estimé de 518 KW h et un rendement meilleur de 0.835, tout en augmentant le débit (on passe a un débit supérieur ) ex : 12830m<sup>3</sup>/h le nombre de pompes passe de 2 à 3 car le rendement de ces dernières commence à baisser avec l'augmentation de la puissance estimé, ces derniers provoquent le déplacement du point de fonctionnement de la pompe vers la droite ( voir figure IV 10.) , ce qui résulte l'usure de la pompe , pour cela le CFC demande une pompe de plus pour alléger les deux pompes qui sont

déjà en service .Ce qui donne comme résultat suivant : a un débit **12830** m<sup>3</sup>/h on a 3 pompes en service pour une puissance estimé de 522 KW h et un rendement meilleur de 0.86.



**Figure IV.10** : caractéristique du groupe motopompe

Débit unitaire de la pompe est de **5132** m<sup>3</sup>/h pour un rendement optimale de **0,86** avec des conditions optimales (HMT, DN de la conduite aspiration et refoulement ...etc.).

En conclusion, le nombre optimal de pompes demandé par le CFC qui permet de minimiser la consommation énergétique et donc d'optimiser le rendement global des pompes en service de la station de pompage.

**Conclusion**

Nous avons présenté une certaine approche pour comprendre le principe de fonctionnement des blocs CFC, on constate bien que ces derniers à pour ambition de garantir un bon fonctionnement des pompes tout en optimisant l'énergie, en imposant des ajustements suivant des lois d'évolution choisi par le concepteur. Pour atteindre c'est résultat, quatre blocs CFC essentielles peuvent être distingue bloc régulation monovar, régulation pompe, régulation débit et bloc optimisation d'énergie.

## *Conclusion générale*

## **Conclusion générale**

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'optimisation d'énergie au niveau des groupes électropompes de la station de pompage de TAKSEBT, il consiste à faire évaluer des blocs CFC et d'apporter quelques améliorations sur le programme existant au sein de cette station afin d'avoir une meilleure estimation d'énergie pour le bon fonctionnement de cette dernière . .

Après la description générale de la station de pompage de l'eau brute du Barrage de TAKSEBT, nous avons étudié les différentes boucles de régulation (régulation mono var et régulation pompe), ces dernières nous ont permis de connaître le mode de fonctionnement à partir des équations mathématiques. Ensuite, des essais ont été effectués afin d'apporter quelques améliorations sur le programme existant. Enfin, quatre blocs CFC ont été implantés et corrigés sur l'automate programmable, étant comme solution pour l'amélioration de la consommation et l'optimisation de l'énergie.

A la lumière des résultats obtenus à partir des blocs CFC, on peut affirmer que le nombre optimal de pompe demandé par le CFC ainsi que la puissance estimée par ce dernier permet de minimiser la consommation énergétique et donc d'optimiser le rendement global des pompes en service de la station de pompage.

# *Bibliographie*

# Bibliographie

## Ouvrage

[1] Documentation interne de la station de pompage

## Mémoire

[2] Etude et conception d'une commande par API de cinq stations de pompage d'eau potable de pont de Bougie ADE. Promotion 2005

[3] Commande d'un variateur de vitesse micro-master vecteur par profibus en communication avec un automate programmable S7 300. Promotion 2006

## Compact disk

Logiciel STEP 7 version 5.3

Logiciel CFC

Automation & Driver de Siemens

Simatic Manuel collection

Logiciel de simulation PLC SIM 5.2

Documentation Siemens en français

## Site internet

[www.siemens.com/automation/service & support](http://www.siemens.com/automation/service&support)

# *Annexe*

# Architecture des automates programmables

