

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



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

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

D'INGENIEUR D'ETAT EN AUTOMATIQUE

Thème

Conception d'une Solution de Commande
Programmable de la Bâche Alimentaire de la
Centrale Thermique de Cap Djinet

Proposé par : Mr ABID.A

Présenté par : OUKACI NADJIA
AOUCHER DALILA

Dirigé par : Mr CHARIF.M

Soutenu le : 09 /07 /2009 Devant le jury d'examen composé de :

Président : BENFDILA.A
Examinateur : HADDOUCHE.A
Examinatrice : BOUDJMAA

Promotion 2009

Sommaire

| | |
|----------------------------|---|
| Avant propos..... | 1 |
| Introduction générale..... | 2 |

Chapitre I : Description générale de la centrale thermique de cap djinet

| | |
|---|----|
| 1- Introduction..... | 3 |
| 2- Présentation de la centrale..... | 3 |
| 2-1- Généralités..... | 3 |
| 2-2- Constitution de la centrale..... | 5 |
| 2-2-1- Station de pompage..... | 5 |
| 2-2-2- Station d'électro-chloration..... | 5 |
| 2-2-3- Station de dessalement..... | 5 |
| 2-2-4- Station de déminéralisation..... | 5 |
| 2-2-5- Station de production d'hydrogène..... | 5 |
| 2-2-6- Poste de détente de gaz..... | 5 |
| 2-2-7- Poste de dépotage et transfert fuel..... | 5 |
| 2-2-8- Turbine à vapeur..... | 6 |
| 2-2-9- Condenseur..... | 6 |
| 2-2-10- Alternateur..... | 6 |
| 2-2-11- Générateurs de vapeur (chaudière)..... | 6 |
| 3- Cycle de production eau-vapeur..... | 9 |
| Conclusion..... | 10 |

Chapitre II : Etude de la bache alimentaire

| | |
|---|----|
| 1- Description de la bache alimentaire | 11 |
| 1-1- Définition | 11 |
| 1-2- Rôle de la bache alimentaire..... | 11 |
| 1-3- Caractéristiques statiques..... | 12 |
| 2- Acheminement du condensât | 12 |
| 2-1- Acheminement en amont de la bache alimentaire..... | 12 |
| 2-2- Acheminement en aval de la bache alimentaire..... | 13 |
| 3- Détermination du volume(v) totale en fonction de la hauteur(h)..... | 14 |
| 3-1- Détermination de la variation de volume(v) en fonction de la hauteur(h) du Cylindre | 14 |
| 3-2- Variation de volume dans les deux calottes sphérique | 15 |
| 3-3- Variation de volume en fonction de la hauteur h de la bache alimentaire..... | 17 |
| 4- Validation des calculs..... | 17 |
| 4-1- Volume total du corps cylindrique..... | 17 |
| 4-2- Volume total des fonds bombés..... | 17 |
| 4-3- Volume total de la bache alimentaire..... | 17 |
| 4-4- Le volume utile..... | 18 |
| 4-4-1- Calcule du volume normal..... | 18 |
| 4-4-2- Calcule du volume entre le niveau le plus haut et le niveau très bas..... | 18 |
| 5- L'évolution du volume (V) du cylindre en fonction de la hauteur (h)..... | 19 |
| 6- L'évolution du volume (V) des calottes en fonction de la hauteur (h)..... | 20 |
| 7- L'évolution du volume (V) totale en fonction de la hauteur (h)..... | 20 |
| 8- Interprétation de la caractéristique obtenue..... | 21 |

Chapitre III : Modélisation de la bache alimentaire et synthèse d'un correcteur

| | |
|--|----|
| 1- I introduction..... | 22 |
| 2- Régulation niveau bache alimentaire..... | 22 |
| 2-1- Schéma de régulation du niveau bache alimentaire..... | 22 |
| 3- Explication du fonctionnement de la boucle..... | 22 |
| 3-1- Régulation de niveau dans le condenseur..... | 22 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| 3-2- | Régulation du débit des pompes d'extraction..... | 22 |
| 3-3- | Régulation de la vanne RM61S001..... | 23 |
| 3-4 | Régulation de la vanne RM62S001..... | 23 |
| 4- | Structure d'un système de régulation automatisé..... | 25 |
| 4-1- | Détermination du modèle de la bache alimentaire..... | 25 |
| 4-2- | Modèle de la vanne RM61 S001..... | 29 |
| 5- | Résultat de la simulation du système en boucle ouverte..... | 30 |
| 5-1 | Calcul de l'écart entré –sortie..... | 30 |
| 5-2- | Calcul du temps de réponse du système t_r | 30 |
| 5-3- | Calcul du temps de montée t_m | 31 |
| 6- | Synthèse du correcteur..... | 32 |
| 6-1- | Schéma fonctionnel..... | 32 |
| 6-2- | Calcul de C(p)..... | 32 |
| 6-3- | Application numérique..... | 33 |
| 6-4- | Résultat Simulation du système en boucle fermé..... | 34 |
| 6-5- | Calcul de l'écart entré –sortie pour le système corrigé..... | 34 |
| 6-6- | Calcul du temps de réponse..... | 35 |
| 6-7- | Calcul du temps de montée..... | 35 |
| Conclusion..... | | 36 |

Chapitre IV : Développment de la solution programmable

| | | |
|--------|--|----|
| 1- | Introduction..... | 38 |
| 2- | Définition d'un système automatisé..... | 37 |
| 3- | Les automates programmables..... | 37 |
| 3-1- | Définition d'un API..... | 39 |
| 3-2- | Choix d'un API par rapport à d'autres solutions..... | 39 |
| 3-3- | Le choix de S7 300..... | 39 |
| 3-4- | L'automate industriel S7 300..... | 39 |
| 4- | Technique de programmation avec STEP7..... | 40 |
| 4-1- | Présentation du Le logiciel STEP7..... | 40 |
| 4-1-1- | Définition..... | 40 |
| 4-1-2- | Configuration matérielle..... | 41 |
| 4-1-3- | Structure du programme développé..... | 41 |

| | | |
|----------|--|----|
| 4-1-3-1- | Type de programme développé..... | 42 |
| 4-1-3-2- | Blocs utilisés dans programme développé..... | 42 |
| 4-3- | Exemple d'une partie du programme développé..... | 49 |
| 4-3-2- | la fonction FC5..... | 49 |
| 4-3-2- | La fonction FC7..... | 50 |
| 4-3-2- | Programmation et paramétrage du régulateur continu FB41..... | 52 |
| 4-3-4- | Table des mnémoniques..... | 53 |
| 5- | Validation du programme de conduite développé..... | 53 |
| 5-1 | Définition..... | 53 |
| 5-2 | Exemple de simulation du programme développé..... | 53 |
| 5-2-1- | La fonction FC5..... | 53 |
| 5-2-2 - | La fonction FC7..... | 54 |
| 5-4-4- | Régulation de niveau(FB1)..... | 55 |
| 6- | Conclusion..... | 57 |

Chapitre V : Développement d'une plate forme de supervision

| | | |
|------|---|----|
| 1- | Introduction..... | 58 |
| 2- | Constitution d'un système de supervision..... | 58 |
| 2-1- | Module de visualisation..... | 58 |
| 2-2- | Module d'archivage..... | 58 |
| 2-3- | Module de traitement..... | 58 |
| 2-4- | Module de Communication..... | 58 |
| 3- | Apport de la supervision..... | 59 |
| 3-1- | Apport pour le personnel..... | 59 |
| 3-2- | Apport pour l'entreprise..... | 59 |
| 3-3- | Logiciel de supervision Win CC..... | 59 |
| 4- | Positionnement dans l'environnement IHM..... | 60 |
| 5- | Différents niveaux de performance..... | 61 |
| 6- | Composants du système..... | 61 |
| 6-1- | Structure du système..... | 61 |
| 6-2- | Systèmes de base Win CC..... | 61 |
| 6-3- | Option Win CC..... | 62 |
| 7- | Configurations typiques..... | 62 |
| 7-1- | Flexibilité..... | 62 |
| 7-2- | Configurations..... | 62 |

| | |
|--|----|
| 8- Intégration dans l'environnement SIMATIC..... | 62 |
| 8-1- Communication..... | 62 |
| 8-1-1- Fonction de la communication..... | 62 |
| 8-1-2- Communication avec les automates programmables..... | 63 |
| 8-1-3- Unités de canal, liaison logiques, variables de process..... | 63 |
| 9- Utilisation directe de mnémoniques STEP 7 sous Win CC..... | 63 |
| 9-1- Déroulement de la communication au runtime..... | 64 |
| 9-2- Présentation..... | 64 |
| 10- Application disponible sous Win CC..... | 65 |
| 11- Supervision du système de régulation de niveau de la bêche alimentaire sou.67 | |
| 11-1 Procédure de programmation..... | 67 |
| Conclusion générale..... | 73 |

Liste des annexes

Annexe 01 : Le programme

Annexe 02 : La liste des mnémoniques

Annexe 03 : Liste les figures

Liste des tableaux

Tableau II-1 : Calcule du volume du cylindre

Tableau II- 3 : Calcule de volume total de la bêche

Tableau II- 2 : Représentation des calottes

Tableau IV-1 : Paramétrage des entrées du régulateur continu

Tableau IV-2 : Paramétrage des sorties du régulateur continu

Liste de Figures

Chapitre I

Figure 1-1 : Schéma synoptique de la centrale thermique

Chapitre II

Figure II-1 : Schématisation de la bêche alimentaire

Figure II-2 : Acheminement du condensât en amont de la bêche alimentaire

Figure II-3 : Acheminement du condensât en aval de la bêche alimentaire

Figure II-4 : Acheminement du condensât en aval de la bache alimentaire

Figure II-5 : Représentation du volume dans la bache alimentaire

Figure II-6 : Caractéristique volume – hauteur du cylindre

Figure II-7 : Caractéristique volume - hauteur des calottes

Figure II- 8 : Caractéristique Volume –Hauteur la bache alimentaire

Figure II-9 : Schéma des niveaux bache alimentaire

Chapitre III

Figure III-1 : Boucle de régulation

Figure III- 2 : Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation.

Figure III-3 : Position de la vanne RM61S001

Figure III-4 : Simulation du système en boucle ouverte

Figure III-5 : Schéma de régulation

Figure III-6 : Simulation du système en boucle fermé

Chapitre V

Figure IV-1 : Structure d'un système automatisé

Figure IV-2 : Structure d'un API S7-300

Figure IV-3 : Configuration matérielle

Figure IV-4 : Schéma fonctionnel du régulateur CONT-C

Figure IV-5 : Arborescence du programme

Figure IV-6 : La fonction FC5

Figure IV-7 : La fonction FC5 (appel dans OB1)

Figure IV- 8 : La fonction FC7 (appel dans OB1)

Figure IV-9 : La fonction FC7

Figure IV-10 : Le régulateur FB41 « CONT-C »

Figure IV- 11 : Une partie de la table des mnémoniques

Figure IV-12 : Simulation de la fonction FC5

Figure IV-13 : Simulation du bloc FC7

Figure IV-14 : Simulation du bloc FB41

Figure IV-15 : Simulation du bloc FB1 (appel dans OB1)

Chapitre V

Figure V-1 : Déroulement de la supervision

Figure V-2 : Communication de Win CC avec les API3

Figure V-3 : Déroulement de la communication de Win CC avec L'API au runtime

Figure V-4 : Schéma de fonctionnement d'un système de base Win CC

Figure V-5 : Création du projet « Bâche _ Alimentaire »

Figure V-6: Configuration des paramètres du système

Figure V-7 : Les vues de la station de supervision

Figure 5-7 : Vue d'accueil

Figure V-9 : Vue générale de la bâche alimentaire.

Figure V-10 : Vue RM 61 SOO1

Figure V-11 : Vue RM 62 S001

Avant propos

Ce mémoire est consacré à l'étude de la bache alimentaire du générateur de vapeur de la centrale thermique de cap djinet, en vue de proposer une solution de commande programmable sécurisée.

La centrale en question a été installée en 1980 dans la wilaya de boumerdes, commune de cap djinet à 80 Km d'Alger, s'étend sur une superficie de 35 hectares et mise en service en 1986, en vue de renforcer le réseau électrique du pays.

Elle est considéré comme l'une des plus importantes centrale de production d'énergie en Algérie, elle est composé de 5 stations (pompage, dessalement, déminéralisation, d'électro-chloration, hydrogène) et de 4 groupes identique de type thermo-vapeur d'une puissance de 176 MW chacun.

Introduction générale

L'évolution de la technologie exige de plus en plus la production d'énergie sous différentes formes pour satisfaire le besoin industriel.

Sachant que l'énergie électrique n'est pas directement exploitable donc il est nécessaire de la produire en utilisant d'autres sources d'énergie appelé « énergie primaire » telle que l'énergie : hydraulique, solaire, nucléaire, thermique, éolienne... etc.

Du fait que la commande électrique et la surveillance des équipement de la centrale thermique de cap djinet s'effectuent par un système à base de la logique câblée, présente un inconvénient majeur pour la maintenance et l'entretien de ces équipements .

De plus la non disponibilité des cartes de rechange du circuit de commande sur le marché, nécessite une solution de commande programmable adéquate.

Afin d'éviter les inconvénients cité précédemment, notre objectif consiste à concevoir une solution de commande programmable sécurisée du système de régulation du niveau bêche alimentaire à base d'un automate programmable plus performant de type S7-300,

Notre travail est réparti en 5 chapitre, dont le premier décrit d'une manière générale la centrale thermique de cap djinet et le deuxième chapitre consiste à l'étude de la bêche alimentaire, le Chapitre trois traite la modélisation de la bêche alimentaire et synthèse d'un correcteur ensuite le quatrième chapitre présente le développement d'une solution de commande programmable sécurisée et dans le dernier Chapitre on développe des vues de supervision, enfin notre travail se termine par une conclusion générale.

Chapitre I

1- Introduction

Souvent les centrales thermiques sont implantées à proximités des rivières ou des lacs pour assurer une quantité d'eau suffisante pour leur fonctionnement.

Comme la centrale thermique de cap djinet a été conçue pour fonctionner à base d'eau donc elle a été construite près de la mer.

Dans Ce chapitre on traite la description générale de la centrale thermique et le cycle de production eau-vapeur.

2- Présentation de la centrale

2-1- Généralités sur la centrale

L'énergie électrique est produite dans des usines génératrices dites centrales, comportent un ou plusieurs groupes tournants, chacun est constitués d'une machine motrice entraînant un alternateur, celui-ci produit un courant électrique triphasé 50HZ et une tension composé entre 5 et 15.5 KV, cette tension est insuffisante pour être transportée, elle est donc élevée à une valeur comprise entre 63 et 235KV par les transformateur (élevateurs de tension), situés dans un poste de départ.[1]

Dans la centrale thermique de cap djinet, l'énergie électrique provient de la transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique qui se produit de la manière suivante :

L'usine comporte un foyer ou chambre de combustion fonctionnant au carburant (gaz ou fuel).

La chaleur dégagée par cette combustion est utilisée pour chauffer de l'eau en vue de recueillir de la vapeur à haute pression et haute température.

La détente de cette vapeur dans les aubages de la turbine produit un couple moteur que l'on utilise pour faire tourner l'alternateur.

2-2- Constitution de la centrale

2- 2-1- Station de pompage

La station de pompage joue un rôle important car elle assure la quantité d'eau nécessaire au bon fonctionnement de la centrale.

L'eau pompée est divisée en deux parties, une partie est utilisée pour le refroidissement du condenseur et l'autre partie sera refoulée vers la station de dessalement.

2-2-2- Station d'électro-chloration

Dans cette station on produit du HCL qui sert au nettoyage et la protection des conduites d'eau de mer contre tout encrassement pouvant être causé par les micro-organismes marins.

2-2-3- Station de dessalement

Le rôle de cette station est la production de l'eau dessalé par un procédé thermique et qui sera stocké dans deux bâches de 2700m³ chacune.

2-2-4- Station de déminéralisation

Deux chaînes de déminéralisation de 40m³/h chacune, terminent le traitement de l'eau avant son utilisation dans le cycle eau vapeur. Le stockage de l'eau déminé se fait dans deux réservoirs de capacité de 1500m³ chacun.

2-2-5- Station d'hydrogène

Cette station produit l'hydrogène nécessaire au refroidissement des 4 alternateurs de la centrale.

2-2-6- Poste de détente de gaz

Il est composé de deux lignes de filtration gaz et de trois lignes de régulation pour la détente du gaz de 60 à 6 bars.

2-2-7- Poste de dépotage et transfert fuel

Il est composé de deux (02) bâches de stockage de capacité 10.000 m³.

2- 2-8- Turbine à vapeur

La turbine transforme l'énergie thermique contenue dans la vapeur provenant de la chaudière en un mouvement de rotation de l'arbre.

Le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur.

Elle est constituée de 3 corps : HP, MP, BP, elle tourne à une vitesse nominale de 3000tr/min.

2-2-9- Condenseur

Il a pour rôle de condenser la vapeur grâce à la circulation d'eau froide venant de la mer dans des tubes qu'il renferme à l'intérieur.

L'eau froide sort pour être rejeté à la mer et la vapeur sera récupérée dans le puits du condenseur.

2-2-10- Alternateur

L'énergie disponible sur l'arbre de la turbine est communiquée à l'alternateur qui réalise la transformation de l'énergie calorifique en énergie électrique.

2-2-11- Générateurs de vapeur (chaudières)

Les générateurs de vapeur sont au nombre de 4, ils ont pour rôle de transformer l'eau en vapeur sèche (à haute pression).

Ils sont constitués de :

a- Circuit eau-vapeur

a-1- Circuit eau

Comportant principalement :

➤ L'économiseur

Qui est une tuyauterie en forme de serpentin, il se trouve en fin de parcours du gaz de combustion. Ce tube est un échangeur de chaleur, il sert à réchauffer l'eau d'alimentation pour éviter les chocs thermiques que provoquerait l'arrivée d'eau froide dans le ballon chaud.

➤ Le ballon chaudière

C'est un ballon dont le rôle est de séparer naturellement la phase vapeur de la phase liquide pour faciliter la circulation naturelle dans les tubes vaporisateur, et d'assécher la vapeur saturée.

Le niveau d'eau dans le ballon reste constant pendant tout le temps de fonctionnement de la chaudière.

Il est soumis à une surveillance multiple par :

- **Un indicateur de niveau d'eau.**
- **Une soupape de trop plein.**
- **Deux systèmes de télésurveillance.**

➤ Colonnes de descente et tubes écrans

Les colonnes de descentes sont raccordées à la partie inférieure du ballon et conduisent l'eau à l'écran vaporisateur ou elle va être chauffée par un rayonnement.

Les tuyaux vaporisateurs sont soudés et étanches, ils forment la seconde surface de chauffage après l'économiseur.

a-2- Circuit vapeur

Constitué principalement de :

➤ Surchauffeurs

Ils sont situés généralement dans le circuit de gaz de combustion. Ils servent à resurchauffer la vapeur provenant du ballon chaudière afin de la rendre sèche.

Ils sont au nombre de (03), placés de telle manière que les gaz chauds (fumées) de la combustion passent d'abord dans le surchauffeur secondaire HP (haute pression) et enfin dans le surchauffeur finale MP (moyen pression).

Le surchauffeur permet d'élever la température de la vapeur sans élever sa pression.

➤ Resurchauffeurs

deux resurchauffeurs sont prévus pour traiter la vapeur ayant subit une première détente dans le corps HP de la turbine, ils sont placés en amont du surchauffeur HP dans le circuit du gaz de combustion.

➤ Désurchauffeurs

Ils sont alimentés par une partie de l'eau refoulée par la pompe alimentaire qui est utilisée pour la stabilisation de la température de sortie de la vapeur.ils sont placés entre les surchauffeurs et les resurchauffeurs.

b- Circuit air-fumée

Le circuit air-fumée est constitué de deux circuits complémentaires

b-1- Circuit air

Il est constitué principalement de ventilateurs qui sont des roues à ailettes animées d'un mouvement de rotation communiqué par un moteur.

Les ventilateurs utilisés sont :

➤ Ventilateurs de soufflage (NG 21 – NG 32)

Ils provoquent la circulation de l'air comburant à travers les préchauffeurs d'air jusqu'à la chambre de combustion et assurent le refoulement des fumées vers la cheminé.

➤ Ventilateurs de recyclage (NG 11 – NS 12)

Ils ont pour rôle de recycler une partie de la fumée issue de la combustion afin de réguler la température à la sortie des resurchauffeurs.

b-2- Circuit fumée

La combustion du gaz au sein de la chaudière crée une fumée, une partie d'elle est récupérée par les ventilateurs de recyclage pour réguler la température des resurchauffeurs, le reste est évacué dans l'atmosphère par la cheminé.

c- Système de brûleurs

Le générateur de vapeur de la centrale est équipé de huit brûleurs mixtes répartis sur la face avant de la chambre de combustion.

Son rôle est d'assurer le mélange parfait combustible- comburant en vue d'une bonne combustion.

d- Chambre de combustion (foyer)

C'est là où se passe la combustion et les échanges de chaleur qui engendrent la vapeur.

Elle est équipée de :

Un regard sur les parois latérales et arrière pour contrôler la combustion de tous les brûleurs et avoir une vision totale de la flamme.

Deux caméras (chacune en face de 4 brûleurs) pour transmettre en salle de commande l'image des flammes des brûleurs.

Des postes de visite sur différentes étages de la chaudière.

3- Cycle de production eau-vapeur

But par le cycle eau-vapeur c'est la production d'électricité qui se fait par 2 procédés :

- ❖ **Le procédé thermique au niveau de la station de dessalement**
- ❖ **Le procédé chimique au niveau de la station de déminé**

Et par 3 transformations d'énergie :

- ❖ **Energie calorifique au niveau de la chaudière**
- ❖ **Energie mécanique au niveau de la turbine**
- ❖ **Energie électrique au niveau de l'alternateur**

Le cycle eau –vapeur ce fait de la manière suivante :

Une partie de l'eau pompée sert pour le refroidissement du condenseur. L'autre partie sera refoulée vers la station de dessalement où elle subit un procédé thermique pour qu'elle soit dessalée ensuite refoulée vers la station de déminéralisation où elle subit un procédé chimique

pour obtenir de l'eau déminée. Celle-ci sera envoyée vers la bêche tampon puis vers le condenseur.

L'eau du puits du condenseur sera aspirée par la pompe d'extraction et la refoule vers les réfrigérants d'hydrogène puis elle passe par 3 réchauffeurs BP ensuite sera acheminée jusqu'à la bêche alimentaire en passant par un dégazeur.

L'eau de la bache alimentaire sera aspirée par 2 pompes alimentaires avec une pression de 175 bars. Avant que l'eau arrive au ballon chaudière, passe par 2 réchauffeurs HP et l'économiseur pour augmenter sa température.

L'eau du ballon passe dans le circuit d'évaporation et grâce à la chaleur fournie par l'allumage des brûleurs, l'eau se transforme en vapeur qui occupera la partie supérieure du ballon et l'eau occupe la partie inférieure.

La vapeur produite est humide et de température 420°C, pour la rendre sèche traverse 3 surchauffeurs pour augmenter sa température, à sa sortie atteint les 540°C. Cette vapeur va vers le corps HP de la turbine avec $T=540\text{ °c}$ et $P=160$ bars ou elle subit une détente qui produit un couple moteur.

La vapeur sort du corps HP avec une $T=320\text{ °C}$ et une pression de 40 bar, pour augmenter de nouveau sa température afin d'éviter la condensation prématurée, elle passe dans les resurchauffeurs 1 et 2 puis traverse successivement les corps MP et BP ensuite la vapeur passe dans le condenseur ou elle se condense grâce à la circulation d'eau de mer et le cycle eau-vapeur reprend.

Conclusion

Dans cette partie nous avons décrit le fonctionnement général et les constituants de la centrale thermique de production d'énergie électrique de Cap Djinet.

Le prochain chapitre sera consacré à l'étude de la bache alimentaire afin de déterminer la zone de fonctionnement du système.

Chapitrell

1- Description de la bache alimentaire

1-1 - Définition

La bache alimentaire est un réservoir de stockage, constitué d'un cylindre posé horizontalement et possède à chaque extrémité une calotte sphérique, voir figure ci-dessous. [1]

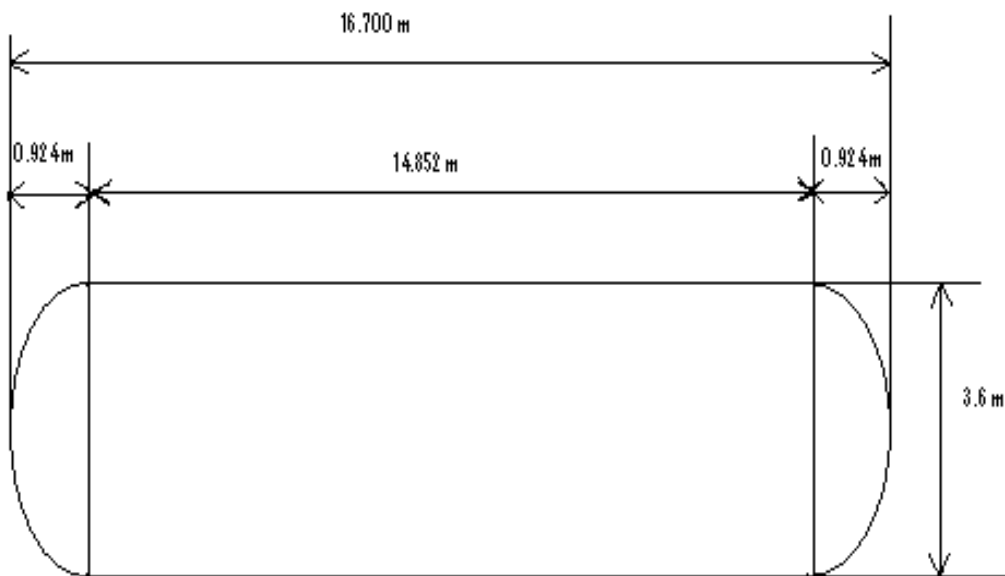


Figure II_1 Schéma de la bache alimentaire

La bache alimentaire est équipée d'un dégazeur qui sert à éliminer les gaz dans le condensat principale et des capteurs de niveau.

1-2- Rôle de la bache alimentaire

Elle joue un rôle très important pour le bon fonctionnement du circuit eau-vapeur, elle intervient en parallèle avec les autres organes (le condenseur, bache tampon, les réchauffeurs, etc....) pour assurer la régulation de niveau, pression, débit, température.

1-3- Caractéristiques statiques

| Puissance : 100 % | | Débit kg/s | Pression Bar (a) | Température °c | Enthalpie KJ/kg |
|-------------------|--|---------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| D | vapeur | 7.336 | | 281.6 | 3026.5 |
| G | Condensat primaire | 114.415 | - | 113.4 | |
| N | Condensat secondaire du réchauffeur HP | 23.589 | - | 161.3 | 681.6 |
| Z | Eau déminéralisé d'appoint | - | | | |
| s | Eau alimentaire | 145.340 | 4.9393 | 151.4 | 638.1 |

| | | |
|-------------------|--------------------|----------------------------|
| Bâche alimentaire | | |
| V1 | Volume utile | 107.1 m³ |
| V2 | Volume total | 160.6 m³ |
| D _{int} | Diamètre intérieur | 3572 mm |

2- L'acheminement du condensât

2-1 Acheminement en amont de la bâche alimentaire [1]

Cet acheminement commence à la sortie du condenseur et se poursuit jusqu'au dégazeur de la bâche alimentaire en passant par les pompes d'extractions, les réfrigérants d'été, réfrigérant d'alternateur, le réfrigérant des buées, les éjecteurs de vapeur de service et les réchauffeurs basse pression.

Le condensat est aspiré du condenseur par une des pompes d'extractions RM 21 D001 et RM 22 D002 (pompes centrifuge à 3 étages). Elles acheminent le flux du condensât à travers les organes d'arrêt et les clapets de retenue, dans le collecteur RM 32. Celui-ci alimente

le réfrigérant d'alternateur avec une partie de l'écoulement enivrante 50%, qui peut être amené directement ou à travers les réfrigérants d'été.

L'autre partie de l'écoulement s'achemine par la conduite RM 30, munie d'une soupape de réglage. Plus loin dans la conduite RM 30 est placé le réfrigérant des buées.

Le condensât traverse après cela : les condenseurs montés en parallèle et les éjecteurs de vapeurs de service par les conduites RM 37 et RM 38.

Le collecteur RM 40 amène le flux du condensat en passant par un orifice de mesure, des soupapes de réglage et des clapets de retenue, jusqu'à l'entrée du réfrigérant du condensât RH 10 W002. De la sortie de celui-ci, les conduites RM 51, RM 52, RM 53 mènent aux trois (03) réchauffeurs basse pression RH 10 W001, RH 20 W001 et RH 30 W001 qui peuvent être verrouillés par une vanne actionnée par moteur et peuvent être contournée par le by-pass RM 50.

Le condensât réchauffé arrive par la vanne à moteur RM 50 S003 et des organes d'arrêt dans la bache alimentaire RH 40 B001 avec une température de 114°C. Voir Figure II-2 dans l'annexe.

2-2 Acheminement en aval de la bache alimentaire

La chaudière est chargée en eau d'alimentation pour la génération du procédé vapeur.

L'extraction de l'eau d'alimentation commence aux buses d'aspiration de la bache alimentaire jusqu'à l'entrée de la chaudière en passant par les pompes alimentaires et les réchauffeurs haute pression.

L'eau d'alimentation est prise de la bache alimentaire RH40B001 par les trois conduites RL 11/21/31 et afflue par déclivité aux pompes nourricières en passant par les vannes d'arrêt RL 11/21/31 S001.

Les pompes nourricières augmentent la pression de l'eau d'alimentation de 5 bars à 11 bars et sont de type centrifuge à 1 étage. Les conduites RL 12/22/32 forment la jonction avec les pompes principales (pompes centrifuge radial à 6 étages), les pompes principales augmentent la pression de l'eau d'alimentation à 117 bars.

Le flux des trois pompes d'alimentation est regroupé dans la conduite RL 40 et amené jusqu'à la vanne d'arrêt rapide RL 40 S001.

L'eau d'alimentation arrive par la conduite RL 42 à travers les deux réchauffeurs haute pression RF 50 W001 et RF 60 W001 aux soupapes de retenue d'arrêt rapide RL 50 S001.

Il est possible de contourner l'installation de réchauffage haute pression par la conduite RL41.

L'eau d'alimentation réglée suivant le niveau du ballon de la chaudière s'écoule vers l'entrée de la chaudière par la soupape de réglage RL 50 S003 et la soupape de retenue RL 50 S008. Voir Figure II-3,II-4

3- Détermination du volume(v) totale en fonction de la hauteur(h)

Le calcul de la variation de volume en fonction de la hauteur, se fait de la manière suivante : [8],[9].

3-1- Détermination de la variation de volume(v) en fonction de la hauteur(h) du cylindre

On a :

$L = 14,852$ m : la longueur du cylindre.

$D = 3.572$ m diamètre intérieur du cylindre

$r = 1,786$ m : le rayon intérieur du cylindre.

h : hauteur du liquide dans le cylindre.

Avec : $0 \leq h \leq 2r$

V : volume du liquide.

La variation de volume se calcule par la formule suivante :

$$V(\text{liquide}) = A(\text{base}) * L$$

$$A(\text{base}) = \text{air du secteur } OAB - \text{air du triangle } AOB$$

$$A(\text{base}) = (\hat{\alpha} * r^2) - \left(\frac{AB * OH}{2} \right)$$

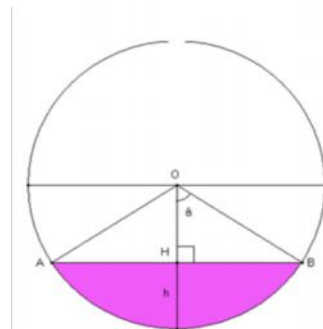


Figure II-5 représentation du volume dans la bache alimentaire

Avec :

$$AB = 2 * r * \sin \hat{\alpha}$$

$$OH = r * \cos \hat{\alpha}$$

$$\cos \hat{\alpha} = \frac{r - h}{r}$$

$$\hat{\alpha} = \arccos \left(\frac{r - h}{r} \right)$$

Le volume du liquide pour : $0 \leq h \leq r$.

$$V(h) = (l * r^2) \left(\arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) - \left(\sin\left(\arccos\left(\frac{r-h}{r}\right)\right) * \cos\left(\arccos\left(\frac{r-h}{r}\right)\right) \right) \right) \quad (1)$$

Le volume du liquide pour $r < h < 2r$.

$$V(h) \text{ pour } (r < h < 2r) + V(h) \text{ total} \quad (2)$$

Pour $h=2r$:

$$V(\text{total}) = l * r^2 * \pi$$

$$V(\text{total}) = 14.852 * (1.786)^2 * 3.14 = 148.757 \text{ m}^3$$

Pour $h=r$:

$$V(h=r) = \frac{\pi}{2} * l * r^2$$

$$V(h=r) = \left(\frac{3.14}{2}\right) * 14.852 * 1.786^2 = 74.378 \text{ m}^3$$

En remplaçant h dans les formules (1) et (2) on obtient le tableau1 représenté dans l'annexe suivant : $0 \leq h \leq 3.572 \text{ m}$.

3-2- Variation de volume dans les deux calottes sphérique

Soit :

D=3.572 m : diamètre intérieur de la base de la calotte

r=1.786 m : le rayon intérieur de la base de la calotte

p : profondeur intérieur de la calotte

$$p(\text{intérieur}) = p(\text{extérieur}) - s$$

S : épaisseur de la bâche alimentaire

H : la hauteur du liquide

$$0 \leq h \leq 2r$$

$$p(\text{intérieur}) = 0.924 - 0.016 = 0.908 \text{ m}$$

R : le rayon de la sphère (virtuelle) de la calotte

Avec :

$$R = \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\left(\frac{r^2}{p}\right) + p\right)$$

$$R = \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\left(\frac{1.786^2}{0.908}\right) + 0.908\right) = 2.21 \text{ m}$$

Soit A(x) l'air de la coupe de la calotte par le plan d'altitude

x (-r ≤ x ≤ r).

Sur cette coupe, la calotte est représentée sur un cercle de rayon :

$$\sqrt{R^2 - x^2}$$

En utilisant la méthode habituelle de calcul de la surface d'une portion de disque par intégration donne

$$A(x) = 2 * \int_{R-p}^{\sqrt{R^2-x^2}} \sqrt{R^2 - x^2 - y^2} dy$$

Avec un changement de variable :

$$y = \sqrt{R^2 - x^2} * \sin \theta$$

$$A(x) = 2 * (R^2 - x^2) * \int_{\arcsin\left(\frac{R-p}{\sqrt{R^2-x^2}}\right)}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \theta$$

Après intégration on aura :

Donc le volume d'une calotte est :

$$V(h) = \int_{-r}^{-r+h} [(R^2 - x^2) \left(\left(\frac{\pi}{2}\right) - \left(\arcsin\left(\frac{R-p}{\sqrt{R^2-x^2}}\right)\right) - \left(\left[\frac{R-p}{\sqrt{R^2-x^2}}\right]\right) * \sqrt{1 - \left(\frac{(R-p)^2}{R^2-x^2}\right)} \right)] dx$$

Le volume des deux calottes est :

$$V(h) = 2 \int_{-r}^{-r+h} [(R^2 - x^2) \left(\left(\frac{\pi}{2}\right) - \left(\arcsin\left(\frac{R-p}{\sqrt{R^2-x^2}}\right)\right) - \left(\frac{R-p}{\sqrt{R^2-x^2}}\right) * \sqrt{1 - \left(\frac{(R-p)^2}{R^2-x^2}\right)} \right)] dx \quad (3)$$

Avec $0 \leq h \leq 2r$

On a :

$$R^2 = (2.21)^2 = 4.884 \text{ m}$$

$$(R - p) = 2.21 - 0.908 = 1.302 \text{ m}$$

$$(R - p)^2 = 1.695 \text{ m}$$

En remplaçant dans l'équation (3) les valeurs de la hauteur h, on obtient le tableau suivant :

3-3- Variation de volume en fonction de la hauteur h de la bache alimentaire

$$V(\mathbf{h}) \text{ de la bache alimentaire} = V(\mathbf{h}) \text{ du cylindre} + 2V(\mathbf{h}) \text{ de la calotte}$$

Le tableau II-3 représenté dans l'annexe, montre la variation de volume en fonction de h :

4- Validation des calculs

Dans les documents de la centrale thermique de cap djinet on a les valeurs des volumes suivant :

4-1- Volume total du corps cylindrique

$$V(\text{cylindre}) = 148.832 \text{ m}^3$$

4-2- Volume total des fonds bombés

$$V(\text{fonds bombés}) = 11.792 \text{ m}^3$$

4-3- Volume total de la bache alimentaire

$$V(\text{bache}) = 148.832 + 11.792 = 160.624 \text{ m}^3$$

En comparant ces résultats avec résultats qu'on a trouvés

On a :

- ❖ $V(\text{cylindre}) = 148.832 \text{ m}^3$ il correspond parfaitement
- ❖ $V(\text{fonds bombés}) = 9.89 \text{ m}^3 \simeq 11.792 \text{ m}^3$
- ❖ $V(\text{bache alimentaire}) = 158.722 \text{ m}^3 \simeq 160.624 \text{ m}^3$

Dans les documents de la centrale le calcul du volume utile (V') s'est fait de la manière suivante :

4-4- Le volume utile

Il est défini entre le niveau très bas qui correspond à une hauteur de 0.596 m (arrêt des pompes alimentaire)= RH 40 L004 et le niveau normal qui correspond à une hauteur de 2.616 m.

Désignations

$$H = \text{diamètre intérieur} = 3.572 \text{ m}$$

$$H'1 = 2.616 \text{ m niveau normal}$$

$$H'2 = 3.572 - 0.596 = 2.976 \text{ m}$$

4-4-1- Calcule du volume normal

$$\frac{H'1}{H} = \frac{2.616}{3.572} = 0.7324$$

$$\frac{V'}{V} = 0.782$$

$$V'1 = 0.782 * V = 0.782 * 160.624 = 125.608 \text{ m}^3$$

4-4-2- Calcule du volume entre le niveau le plus haut et le niveau très bas

$$\frac{H'2}{H} = \frac{2.976}{3.572} = 0.8331$$

$$\frac{V'2}{V} = 0.885$$

$$V'2 = 0.885 * V = 0.885 * 160.624 = 142.152 \text{ m}^3$$

Le volume utile

$$V' = V'1 - (V - V'2) = 125.608 - (160.624 - 142.152) = 107.136 \text{ m}^3$$

| |
|----------------------------|
| $V' = 107.136 \text{ m}^3$ |
|----------------------------|

Calcule du volume utile en utilisant les équations de variation de volume en fonction de la hauteur de la bache alimentaire qu'on a déterminé

On a le volume utile = le volume au niveau normale – le volume au niveau très bas

1- La valeur de $V(h)$ pour $h=0.596$ m (niveau très bas) :

$$V(h) = 16.331 + 0.555 = 16.886 \text{ m}^3$$

2- La valeur de $V(h)$ pour $h=2.616$ m (niveau normal) :

$$V(h) = 116.808 + 8.364 = 125.172 \text{ m}^3$$

Donc le volume utile $=V' = 125.172 - 16.886 = 108.2 \text{ m}^3$

| |
|--------------------------|
| $V' = 108.2 \text{ m}^3$ |
|--------------------------|

5- L'évolution du volume (V) du cylindre en fonction de la hauteur (h)

La figure suivante montre la caractéristique obtenue

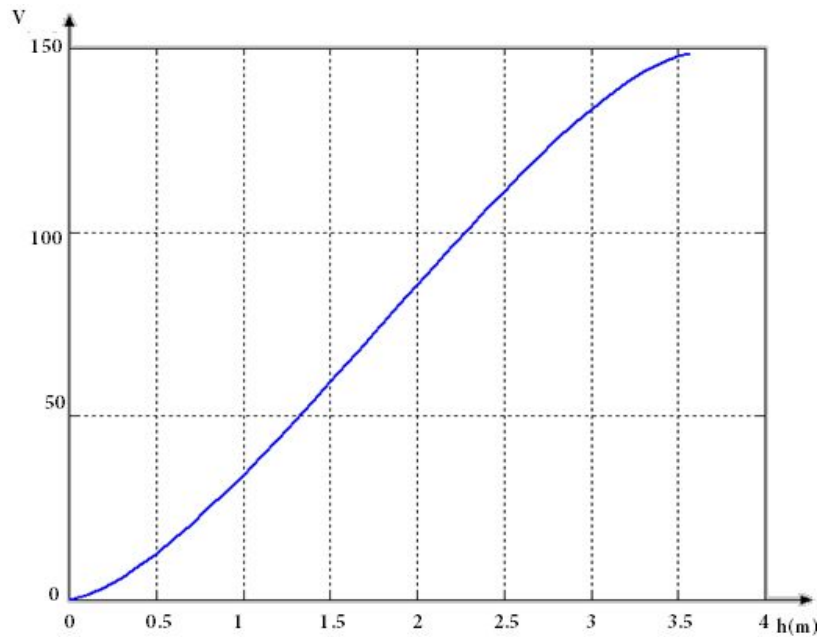


Figure II-6 Caractéristique volume – hauteur du cylindre

6- L'évolution du volume (V) des calottes en fonction de la hauteur (h)

La figure suivante montre la caractéristique obtenue

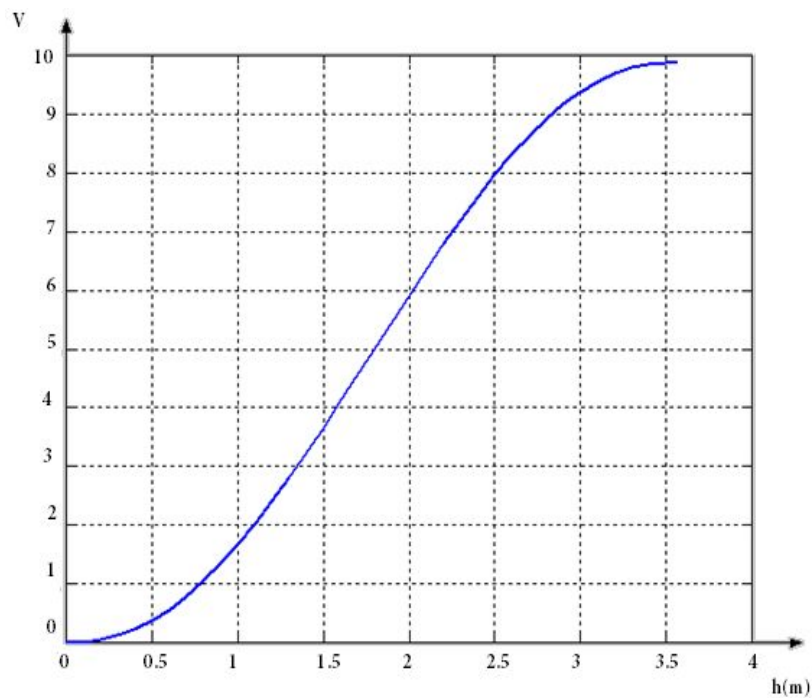


Figure II-7 Caractéristique volume - hauteur des calottes

7- L'évolution du volume (V) totale en fonction de la hauteur (h)

La figure suivante montre la caractéristique obtenue

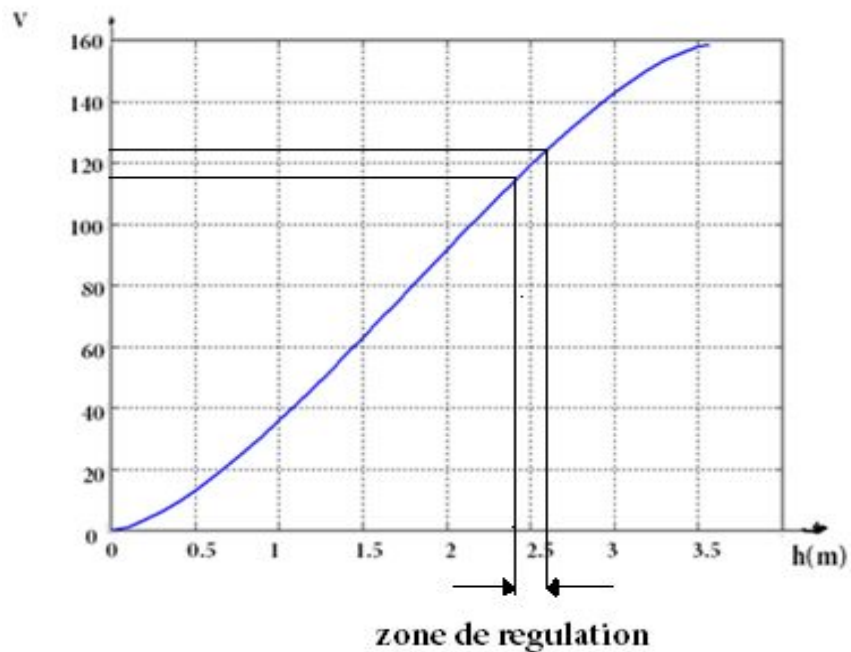


Figure II- 8 Caractéristique Volume –Hauteur la bêche alimentaire

8- Interprétation de la caractéristique obtenue (figure II-8)

Cette caractéristique présente deux zones non linéaire et une zone linéaire dans laquelle on montre la zone de fonctionnement du système.

Selon la documentation technique de la centrale la zone de régulation est comprise entre 2.436m et 2.681m, sachant que la bêche est initialement remplie à 2.551m qui correspond 80% de sa capacité totale.

Chapitre III

1- I introduction

Un modèle est une description mathématique d'un processus réel, élaboré dans un but précis, qui peut être :

- ❖ **L'étude du comportement du système**
- ❖ **Régulation autour du point de fonctionnement**
- ❖ **Synthèse d'un correcteur pour améliorer les performances du système.**

Dans ce chapitre notre étude consiste à déterminer le modèle de la bache alimentaire et de synthétiser un correcteur dans le but d'améliorer ses performances [1, 4].

2- Régulation niveau bache alimentaire

Avant de commencer le procédé de génération de vapeur, la bache alimentaire doit être remplie à 80%.

La régulation de niveau de la bache alimentaire commence à partir de $h=2.436$ m jusqu'à $h=2.681$ m.

3- Explication du fonctionnement de la boucle de régulation

La figure III-1 illustre le schéma de la boucle de régulation étudiée (voir l'annexe).

3-1- Régulation de niveau dans le condenseur

Le capteur SD11L012 dont l'étendue de mesure est de 0 à 300 mm, indique la valeur de niveau dans le condenseur qui sera convertie en tension. Cette dernière est comparée avec la valeur de référence K1 réglé au préalable et la position de la soupape de réglage RM40S001. La zone de position de la soupape (comprise de 0 à 100%) est réglée par le potentiomètre K2. La déviation résultante de la comparaison est indiquée sur le pupitre et convertie par un régulateur en impulsions de commande d'ouverture ou de fermeture.

Ces impulsions sont transmises à la partie commande du régulateur ou elles sont enchaînées et traitées puis convertie par un régulateur de puissance en impulsions de réglage pour le moteur d'entraînement de la soupape RM40S001.

Le déplacement de la soupape provoque une modification de niveau en direction de la valeur de référence.

3-2- Régulation du débit des pompes d'extraction

Cette régulation a pour fonction de maintenir le débit de condensat après les pompes d'extraction sur une valeur minimal afin d'éviter la course à sec des pompes.

Le capteur de débit dont l'étendue de mesure est de 0 à 620 t/h indique la valeur de débit qui sera convertie en tension puis comparée à la valeur de référence $K1=100$ t/h \cong 1,6 v.

La déviation est indiquée sur le pupitre de commande et convertie par un régulateur en impulsion de commande d'ouverture ou de fermeture.

Ces impulsions sont transmises à la partie commande du régulateur ou elles sont enchainées et traitées puis convertie par un régulateur de puissance en impulsions de réglage pour le moteur d'entraînement de la soupape RM41S001.

Le déplacement de la soupape provoque une modification de débit en direction de la valeur de référence K1.

La régulation de niveau de la bache alimentaire est réglé principalement par les deux vanne de réglage RM61S001 et RM62S002 selon que le niveau baisse ou monte par rapport aux limites fixées.

3- 3 Régulation de la vanne RM61S001

Le niveau dans RM40L002 compris entre 0 - 1250 mm est comparé avec la valeur de référence SW1 réglé sur 202,8 mm \cong 1,62 v et la position de la soupape de réglage RM61S001 qui est multipliée par un facteur d'erreur égal à 0,04. La zone de position de la soupape (de 0 à 100%) est réglée par le potentiomètre K2. La déviation est indiquée sur le pupitre de commande et convertie par un régulateur en impulsions de commande d'ouverture ou de fermeture.

Ces impulsions sont transmises à la partie commande du régulateur ou elles sont enchainées et traitées puis convertie par un régulateur de puissance en impulsions de réglage pour le moteur d'entraînement de la soupape RM61S001.

Le déplacement de la soupape provoque une modification de niveau en direction de la valeur de référence K1.

3-4- Régulation de la vanne RM62S002

Le niveau dans RM40L002 compris entre 0 - 1250 mm est comparé avec la valeur de référence SW2 réglé sur 132 mm \cong 1,05 v et la position de la soupape de réglage RM62S002 qui est multipliée par un facteur d'erreur égal à 0,04. La zone de position de la soupape (de 0 à 100%) est réglée par le potentiomètre K2. La variation est indiquée sur le pupitre de commande et convertie par un régulateur en impulsions de commande d'ouverture ou de fermeture.

Ces impulsions sont transmises à la partie commande du régulateur ou elles sont enchainées et traitées puis convertie par un régulateur de puissance en impulsions de réglage pour le moteur d'entraînement de la soupape RM62S002.

Le déplacement de la soupape provoque une modification de niveau en direction de la valeur de référence K1.

❖ Indicateur de niveau

L'indicateur de niveau a pour but d'indiquer en pourcentage ou en volume le niveau d'un réservoir.

❖ Transmetteur de niveau

Il est alimenté en tension continue et délivre une tension proportionnelle au niveau au pont de mesure

❖ Flotteur

Organe mobile qui se déplace sur le tube du guidage, il renferme un aimant annulaire dont le champ magnétique actionne à travers la paroi du tube de guidage des interrupteurs à lames souples (contacts Reed) qui prélèvent sur une chaîne de résistances (montées en série) une tension proportionnelle au niveau.

L'exécution standard comporte 66 résistances et contacts par 1000mm d'étendue de mesure le pas de mesure étant de 15mm.

Dans le cas d'une exécution spéciale prévue pour de faibles hauteurs comporte 198 résistances et contacts pour 1000mm d'étendue de mesure le pas étant de 5mm.

❖ Comparateur à seuil

Il permet le contrôle d'un manque d'eau, d'un trop plein ou la régulation d'un niveau à travers un relais de sortie.

Le signal issu du pont de mesure est injecté dans le comparateur à seuil.

4- Structure d'un système de régulation automatisé

On peut représenter une régulation de la manière suivante voir la figure dessous:

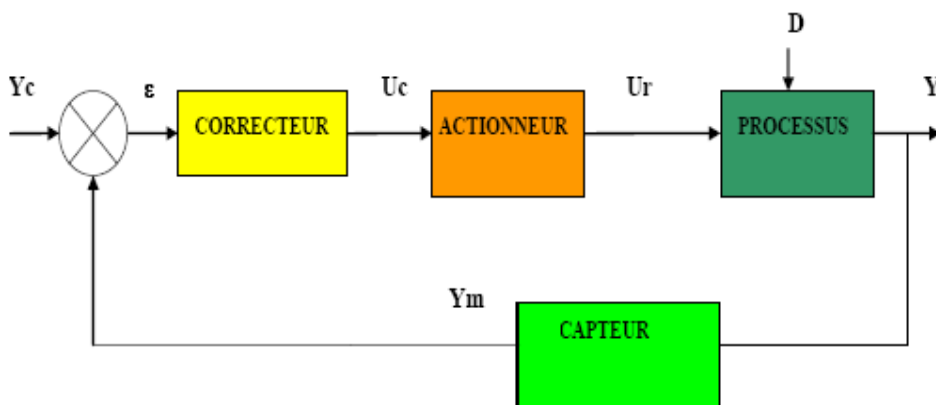


Figure III- 2 Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation.

Avec :

Yc : Consigne.

ϵ : Écart de régulation.

Uc : Signal de commande.

Ur : Grandeur de réglage.

Y : Variable de sortie.

D : Perturbation.

Ym : Grandeur physique à la sortie du capteur.

4-1- Détermination du modèle de la bêche alimentaire

Equation de continuité pour le réservoir

$$Qe - Qs = S \frac{dH}{dt} \quad (1)$$

La condition d'équilibre (h reste constante)

$$\frac{dH}{dt} = 0 \Rightarrow Qe - Qs = 0 \Rightarrow Qe = Qs$$

Loi de Bernoulli conduit à la relation suivant

$$Qs = k\sqrt{H}$$

$$\Rightarrow S \frac{dH(t)}{dt} + Qs(t) = Qe(t) \quad (2)$$

A l'équilibre le niveau se stabilise à $Qs = Qe = k\sqrt{H} \Rightarrow H = \frac{Qe^2}{k^2}$

$$\frac{dH}{dt} + k \frac{\sqrt{H}}{S} = \frac{Qe}{S} \quad (3)$$

Linéarisation

Point d'équilibre :

$$Qe = Qeo$$

$$Q_s = Q_{so} = k\sqrt{H_o}$$

Au point d'équilibre pas de variation $\Rightarrow Q_{so} = Q_{eo}$

$$(1) \Rightarrow Q_{eo} - k\sqrt{H_o} = 0 \quad (4)$$

$$H_o = \left(\frac{Q_{eo}}{k}\right)^2$$

L'équation autour du point d'équilibre :

$$Q_e(t) = H_o + h$$

$$\frac{d(H_o + h)}{dt} = \frac{1}{s}(Q_{eo} + q_e) - \frac{k}{s(\sqrt{H_o + h})}$$

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{s} Q_{eo} + \frac{1}{s} q_e(t) - \frac{k}{s} \sqrt{H_o \left(1 + \frac{h}{H_o}\right)}$$

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{s} Q_{eo} + \frac{1}{s} q_e(t) - \frac{k}{s} \sqrt{H_o} \sqrt{\left(1 + \frac{h}{H_o}\right)}$$

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{s} Q_{eo} + \frac{1}{s} q_e(t) - \frac{k}{s} \sqrt{H_o} \left(1 + \frac{h}{2 * H_o}\right)$$

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{s} Q_{eo} + \frac{1}{s} q_e(t) - \frac{k}{s} \sqrt{H_o} - \frac{k}{s} * \frac{h(t)}{2 * H_o} \quad (5)$$

A l'équilibre on a :

$$\frac{1}{s} Q_{eo} - \frac{k}{s} \sqrt{H_o} = 0$$

L'équation (5) devient comme suit :

$$\frac{dh(t)}{dt} + \frac{k}{2 * s * H_o} h(t) = \frac{1}{s} q_e(t) \quad (6)$$

C'est une équation différentielle linéaire du premier ordre

Avec :

$h(t)$ (La sortie) : le niveau d'eau dans la bache alimentaire.

$q_e(t)$ (L'entrée) : le débit d'entrée.

K : la constante de Bernoulli.

H_o : la hauteur à l'équilibre.

S : la section de la bache alimentaire à l'équilibre.

$$q_e(t) = 100 u(t)$$

Avec : $u(t)$ est un échelon unitaire.

4-1-5- Représentation sous forme opérationnelle

En appliquant la transformé de Laplace à l'équation différentielle (6) on aura :

$$p h(p) + \frac{k}{2sH_0} h(p) = \frac{1}{s} q_e(p)$$

$$h(p) \left(p + \frac{k}{2sH_0} \right) = \frac{100}{s} u(p)$$

$$\frac{h(p)}{u(p)} = \frac{\frac{100}{s}}{p + \frac{k}{2sH_0}}$$

$$\frac{h(p)}{u(p)} = G(p) = \frac{\frac{200H_0}{k}}{1 + \frac{2sH_0}{k}p}$$

$G(p)$: La fonction de transfère du système

$$G(p) = \frac{Gs}{1 + Ts * p} \quad (7)$$

Avec :

Gs : Le gain statique du système

$$Gs = \frac{200H_0}{k}$$

Ts : La constante du temps du système

$$Ts = \frac{2sH_0}{k}$$

4-1-6- Application numérique

À 70% qui correspondent à $H_0 = 2.5 \text{ m}$ (la hauteur d'équilibre) on a :

$$Q_{e0} = 119 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$S = 11.8 \text{ m}^2$$

$$k = \frac{Q_{e0}}{\sqrt{H_0}} = \frac{119.44}{\sqrt{2.5}} = 75.59 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

En remplace dans G_s et T_s on aura :

$$G_s = \frac{200 * 2.5}{75.59} = 6.61$$

$$G_s = 6.61$$

$$T_s = \frac{2 * 11.8 * 2.5}{75.59} = 0.78 s$$

$$T_s = 0.78s$$

On remplace G_s et T_s dans l'équation de transfert :

$$G(p) = \frac{6.61}{1 + 0.78 p}$$

4-2- Modèle de la vanne RM61 S001

La pente à la droite montré sur la figure ci-dessous représente le modèle de la vanne RM61 S001 (position en fonction de la hauteur de): [1]

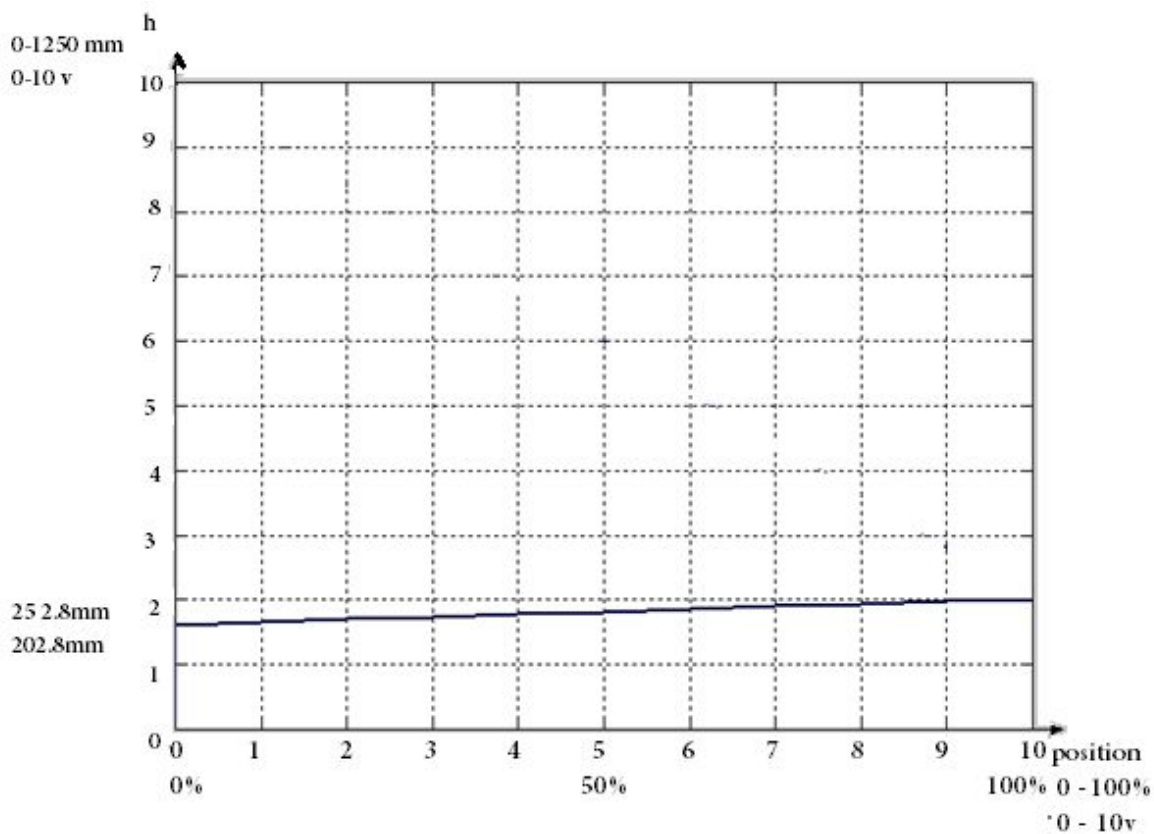


Figure III-3 Position de la vanne RM61S001

$$K_v = t_g \alpha = \frac{2.022 - 1.62}{10} = 0.04 \quad \boxed{K_v = 0.04}$$

5- Résultat de La simulation du système en boucle ouverte

La sortie et l'entrée du système en boucle ouverte sont représentées sur la figure suivante

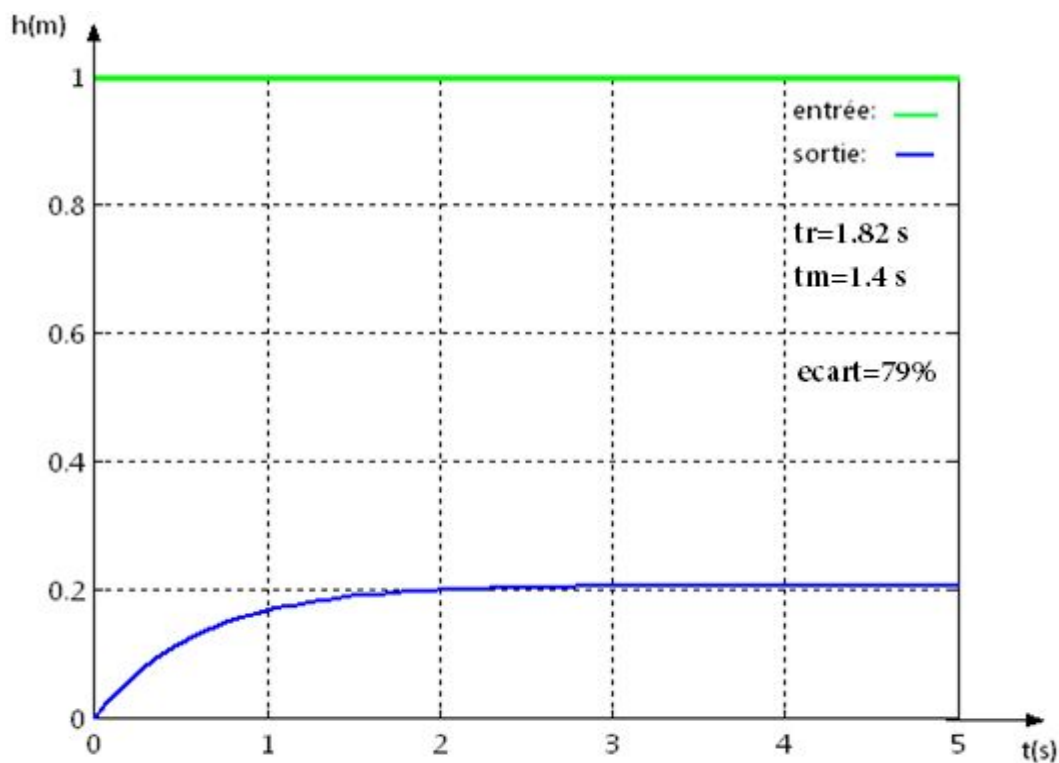


Figure III-4 simulation du système en boucle ouverte

5-1- Calcul de l'écart entré –sortie

La fonction de transfert en boucle ouverte non corrigé est :

On a :

$$\boxed{G(p) = \frac{0.264}{1 + 0.78p}}$$

$$\varepsilon = \frac{1}{1 + G(0)} = \frac{1}{1 + 0.264} = 0.79$$

$$\Rightarrow \boxed{\varepsilon = 79\%}$$

5-2- Calcule du temps de réponse du système (tr)

tr : Est le temps de réponse à plus au moins 5% de la valeur finale de la sortie ou bien c'est le temps à 95% de la valeur finale de la sortie.

Calcule de la fonction de transfert en boucle fermé :

$$F(p) = \frac{G'(p)}{1 + G'(p)}$$

$$F(p) = \frac{\frac{0.264}{1 + 0.78P}}{1 + \frac{0.264}{1 + 0.78P}} = \frac{0.208}{1 + 0.617P}$$

$$F(p) = \frac{G''}{1 + T''P}$$

On a $y(tr) = 95\% * y(\infty)$

Calcule de $Y(\infty)$

On a :

$$y(t) = G'' \left(1 - e^{\frac{-t}{T''}} \right)$$

$$\Rightarrow y(t) = 0.208 \left(1 - e^{\frac{-t}{0.617}} \right)$$

$$y(\infty) = 0.208$$

$$\Rightarrow y(tr) = 0.95 * 0.208 = 0.197$$

$$y(tr) = 0.208 - 0.208 e^{\frac{-tr}{0.617}} = 0.197$$

$$\Rightarrow \boxed{tr = 1.82 \text{ s}}$$

5-3- Calcule du temps de montée $t(m)$

$t(m)$: c'est le temps à 90% de la valeur finale de la réponse du système

On a :

$$y(\infty) = 0.208$$

$$\Rightarrow y(tm) = 0.90 * 0.208 = 0.187$$

$$y(tm) = 0.208 - 0.208e^{\frac{-tm}{0.617}} = 0.187$$

$$\Rightarrow \boxed{tm = 1.4 \text{ s}}$$

6- Synthèse du correcteur

6-1- Schéma fonctionnel

Le schéma de régulation est représenté comme suit :

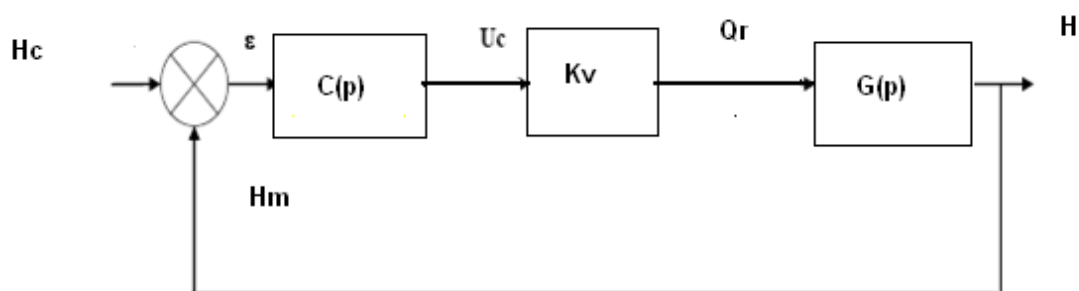


Figure III-5 Schéma de régulation

6-2- Calcul de C(p)

$$G'(p) = KvG(p)$$

On a

$$\varepsilon(p) = Hc(p) - H(p)$$

$$H(p) = C(p)G'(p)\varepsilon(p)$$

En éliminant $\varepsilon(p)$ de ces deux équations on aura :

$$H(p) = C(p)G'(p)[Hc(p) - H(p)]$$

$$H(p) = C(p)G'(p)Hc(p) - C(p)G'(p)H(p)$$

$$H(p) + C(p)G'(p)H(p) = C(p)G'(p)Hc(p)$$

$$H(p)[1 + C(p)G'(p)] = C(p)G'(p)Hc(p)$$

$$\frac{H(p)}{Hc(p)} = \frac{C(p)G'(p)}{1 + C(p)G'(p)} = F(p)$$

F(p) : la fonction de transfert en boucle fermée

$$\Rightarrow C(p) = (F(p)) / (G'(p)(1 - F(p)))$$

On choisit :

$$F(p) = \frac{1}{1 + Ts}$$

Qui nous garantit une précision parfaite et une stabilité absolue en réponse à l'échelon (écart nul car k=1 en BF)

$$\Rightarrow C(p) = \frac{Ts}{G's * T} \left(1 + \frac{1}{Ts} \right) = Gr \left(1 + \frac{1}{Ti} \right)$$

C(p) est un régulateur proportionnel intégral.

Avec :

$$Gr = \frac{Ts}{G's * T}$$

$$Ti = Ts$$

$$G's = Kv * Gs$$

On choisit : $T = \frac{Ts}{4}$

6-3- Application numérique

$$T = \frac{0.78}{4} = 0.195$$

| |
|-------------|
| T = 0.195 s |
|-------------|

$$G's = 0.04 * 6.61 = 0.264$$

| |
|-------------|
| G's = 0.264 |
|-------------|

$$Gr = \frac{0.78}{0.264 * 0.195} = 15.15$$

| |
|------------|
| Gr = 15.15 |
|------------|

$$T_i = T_s = 0.78 \text{ s}$$

$$\Rightarrow C(p) = 15.15 \left(1 + \frac{1}{0.78p}\right)$$

6-4 Résultat de Simulation du système en boucle fermé

La sortie et l'entrée du système en boucle ouverte sont représentées sur la figure suivante

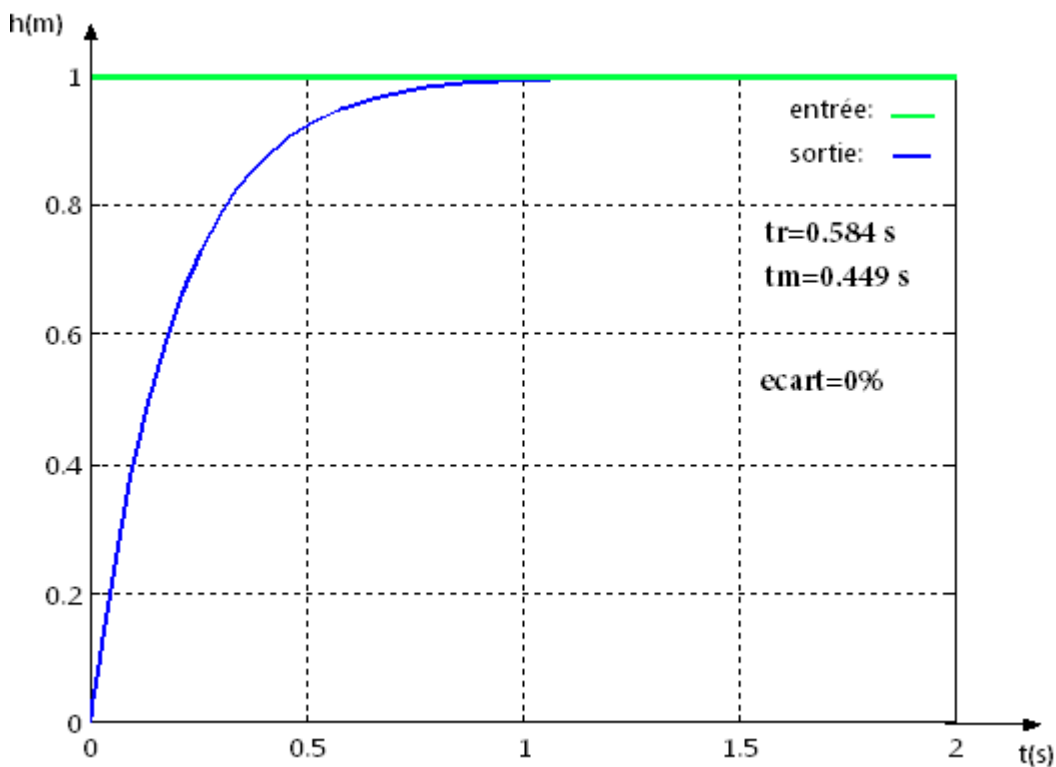


Figure III-6 simulation du système en boucle fermé

6-5- Calcul de l'écart entré –sortie pour le système corrigé

La fonction de transfert en boucle ouverte du système corrigé est :

$$G_c(p) = 15.15 \left(\frac{0.78P + 1}{0.78P} \right) * \left(\frac{0.264}{1 + 0.78P} \right)$$

$$G_c(0) = \infty$$

$$\varepsilon = \frac{1}{1 + G_c(0)} = \frac{1}{1 + \infty} = 0\%$$

$\varepsilon = 0\%$

6-6- Calcule du temps de réponse :

$$\text{On a : } y(tr) = 0.95 * y(\infty)$$

Calcule de y(t)

On a :

$$F(p) = \frac{1}{1 + 0.195} \quad (\text{fonction de transfert du système corrigé})$$

$$\Rightarrow y(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}}$$

$$\Rightarrow y(t) = 1 - e^{-\frac{t}{0.195}}$$

$$\Rightarrow y(\infty) = 1$$

$$\Rightarrow y(tr) = 0.95 * 1 = 0.95$$

$$y(tr) = 1 - e^{-\frac{tr}{0.195}} = 0.95$$

$$\Rightarrow \boxed{tr = 0.584 \text{ s}}$$

6-7- Calcule du temps de montée

On a :

$$y(\infty) = 1$$

$$y(tm) = 0.90 * 1 = 0.90$$

$$y(tm) = 1 - e^{-\frac{tm}{0.195}} = 0.90$$

$tm = 0.449 \text{ s}$

⇒

Le régulateur proportionnel intégral a éliminé complètement l'écart statique du système donc il lui a assuré une précision parfaite grâce à son action intégral et a amélioré sa rapidité grâce à l'action proportionnelle.

Quel que soit l'augmentation du gain du régulateur, il ya pas risque d'instabilité car le système corrigé est un premier ordre absolument stable.

Conclusion

Dans cette partie nous avons commencé par la description de la chaine de régulation actuelle de la bache alimentaire. L'étude de cette architecture de commande a base de cartes électroniques soulève le problème de la non disponibilité des cartes de rechange ce qui nous a poussé a proposer une nouvelle solution de commande à base de logique programmable, après modélisation de la bache alimentaire nous avons utilisés la méthode de réglage pour le paramétrage du régulateur. Dans la suite nous allons nous intéressés a l'implantation de cette commande sur support physique S7-300.

Chapitre VI

1- Introduction

Les automates programmables sont apparus aux USA vers 1969 grâce à MODICON qui créa en 1968 le premier automate programmable. Son succès donna naissance à une industrie mondiale qui s'est considérablement développée depuis.

De ce fait on trouve sur le marché différents constructeurs (SIMATIC, TOCHIBA, SCHNEIDER...etc.) produisant différentes variétés d'automates qui utilisent des langages de programmation différents.

En Algérie, l'automatisation SIMATIC trouve sa place presque dans toutes les entreprises nationales. [3, 6, 7].

2- Définition d'un système automatisé

Un système automatisé de production (S.A.P) est un ensemble de moyens (matériel et logiciel) constituant la partie automatisée, communication et production d'une installation industrielle.

L'automate programmable et ses périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement s'intégrer à un système d'automatisme industriel, et être facilement utilisés dans toutes leurs fonctions prévues. La figure ci-dessous présente l'insertion d'un API dans un contexte industriel.

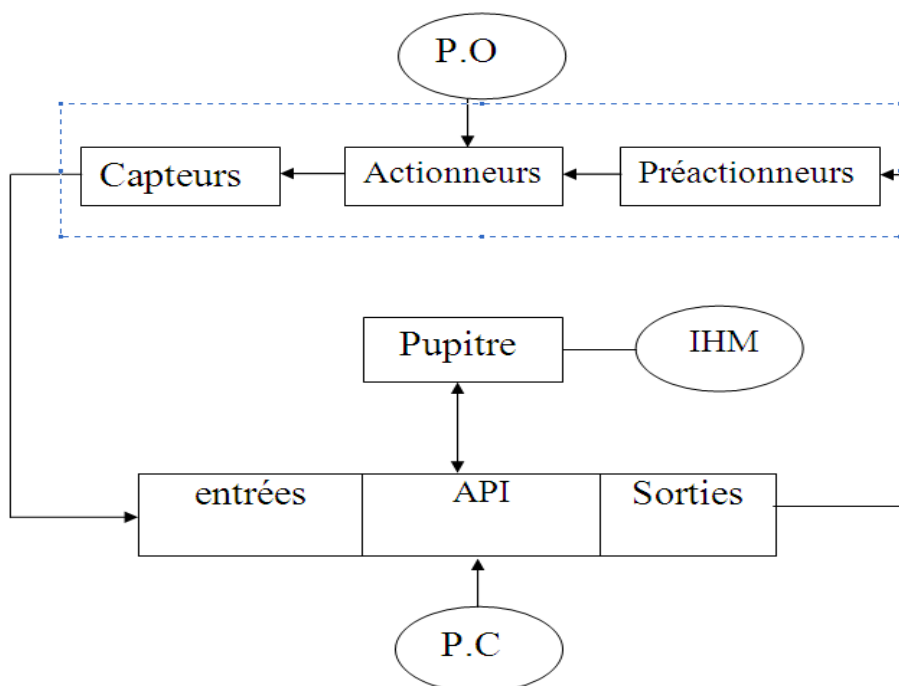


Figure IV-1 Structure d'un système automatisé

3- Les automates programmables

3-1- Définition d'un API

L'automate programmable industriel(API) est un appareil électronique adapté a l'environnement industriel, composé de trois parties : le processeur, la zone mémoire et les interfaces entrée/sortie. Il réalise des fonctions d'automatisme afin d'assurer la commande des pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques qu'il reçoit à ces entrées et en suivant un programme inscrit dans sa mémoire.

3-2- Choix d'un API par rapport à d'autres solutions

La structure interne d'un API se situe entre le microcontrôleur et l'ordinateur. En plus du micro contrôleur qui possède globalement un processeur et des mémoires, présentant l'inconvénient du non extensibilité, l'API est une entité capable de dialoguer avec d'autre système, auquel on peut ajouter facilement des modules d'entrée sortie, pouvant gérer des périphériques évolués, grâce à son PC/PG de programmation ou de communication.

3-3- Le choix de S7 300

Après avoir établi le cahier des charges de notre installation dans les chapitres précédents, et vu le nombre d'entrées (tous ce qui est capteurs, boutons poussoirs...) et le nombre de sorties tous ce qui est actionneurs tels que : les pompes, les vannes, ...) ainsi que leur natures (numériques, analogiques, logiques...), le choix d'un API performant intégrant plus de module d'entées/sorties s'impose.

Aussi on a opté pour l'API S7 300 qui répond parfaitement a cette flexibilité d'une part et l'existence d'une unité de simulation au laboratoire d'automatismes industriels au niveau de département d'automatique de l'université de TIZI OUZOU (UMMTO) d'autres parts.

3-4- L'automate industriel S7 300

L'automate programmable S7 300 de siemens, fabriqué par la famille SIMATIC, est de type modulaire. Il offre des performances élevées pour les installations et les machines, ne nécessitant pas d'entretien, disposant de nombreuses fonctions intégrées et permet un vaste choix de modules.

La figure ci-dessous représente une vue d'ensemble d'un API S7 300 avec module intégrés.

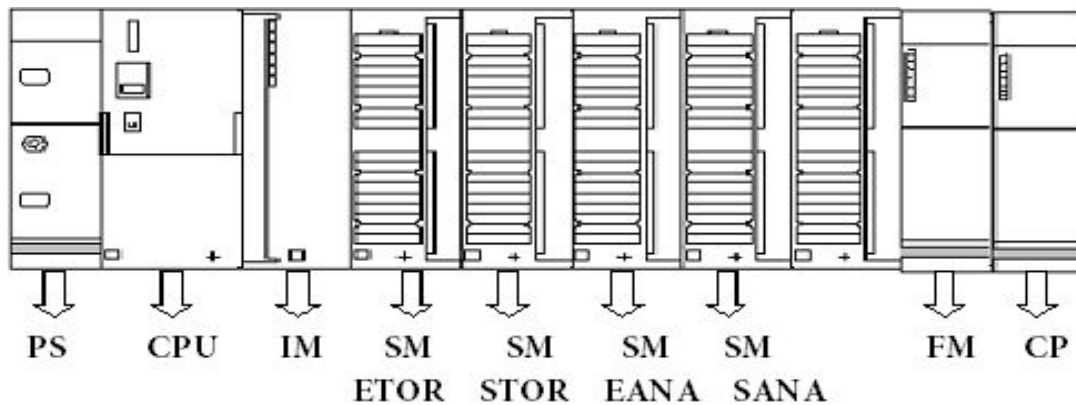


Figure IV-2 Structure de l' API S7-300

- Module d'alimentation (PS) : transforme la tension du secteur en tension de service.
- CPU : mémoire du travail elle est caractérisée par sa fréquence de résonnement et sa taille.
- Coupleurs (IM) : sont des coupleurs de périphérie pour les modules des signaux (SM), modules de fonction (FM) et processeurs de communication (CP).
- (SM) ETOR : module d'entrée tout ou rien appelé aussi entrée logique (DI) digital input. Ils sont de 8,16 ou 32 bits.
- (SM) STOR : module de sortie tout ou rien appelé aussi sortie logique (DO) digital output. Ils sont de 8,16 ou 32 bits.
- Module de communication (CP) : elle peut être une communication point à point, PROFIBUS ou industrial Ethernet.

4- Technique de programmation en Step7

4-1- Présentation du logiciel Step7

4-1-1- Définition

Le STEP7 est un logiciel de base pour la configuration et la conception des programmes pour les systèmes d'automatisation SIMATIC, existant en plusieurs versions telles que STEP7 –micro Win/Win 32 pour les applications du S7_300 et S7-400.

Il possède trois langages de programmation (CONT, LIST, LOG), assurant la conversion d'un mode à d'autre.

La stratégie suivie pour programmer dans le Step7 peut se résumer comme suit :

- **Création d'un projet S7.**
- **Configuration matériel.**
- **Création du programme.**
- **Transfère et test du programme dans la CPU.**

4-1-2- Configuration matérielle

La configuration matérielle consiste en la disposition des châssis (racks), de modules et d'appareils de la périphérie centralisée. Les châssis sont présentés par une table de configuration, dans laquelle on peut insérer un nombre défini de modules, comme dans les châssis réels.

La figure suivante donne une vue détaillée du profilé support ou châssis insérés. Les numéros de référence et les adresses des modules y sont énumérés sous forme de tableau.

| Emplacement | Module | ... | Référence | Firmware | Adresse MPI | Adresse d'entrée | Adresse d... | C... |
|-------------|-----------------|-----|---------------------|----------|-------------|------------------|--------------|------|
| 1 | PS 307 5A | | 6ES7 307-1EA00-0AA0 | | | | | |
| 2 | CPU313(1) | | 6ES7 313-1AD03-0AB0 | | 2 | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | DI32xDC24V | | 6ES7 321-1BL00-0AA0 | | | 0...3 | | |
| 5 | DI32xDC24V | | 6ES7 321-1BL00-0AA0 | | | 4...7 | | |
| 6 | DI16xDC24V | | 6ES7 321-1BH82-0AA0 | | | 8...9 | | |
| 7 | DO32xDC24V/0.5A | | 6ES7 322-1BL00-0AA0 | | | | 12...15 | |
| 8 | DO16xDC24V/0.5A | | 6ES7 322-1BH01-0AA0 | | | | 16...17 | |
| 9 | AO2x12Bit | | 6ES7 332-5HB81-0AB0 | | | | 336...339 | |
| 10 | AI8x16Bit | | 6ES7 331-7NF00-0AB0 | | | 352...367 | | |
| 11 | AO4x16Bit | | 6ES7 332-7ND00-0AB0 | | | | 368...375 | |

Figure IV-3 Configuration matérielle

Nous avons choisi une alimentation (PS 307 5A), une CPU 313(1), un module d'entrées analogique de 16 bit et un module de sorties analogique de 16 bit et des modules d'entrées/sorties logique.

4-1-3- Structure du programme

- Programmation linéaire :
 - Utilisée pour la résolution des tâches d'automatisation simple
 - Programmer tous les réseaux dans un seul bloc.

- **Programmation structurée :**

Elle consiste on la subdivision du programme en petites parties chaque tache est programmer dans un bloc. Ces taches sont indépendantes.

- **programmation structurée complexe :**

La structure complexe consiste en la subdivision du programme en petite parties, chaque tache est programmer dans un bloc, une tache peut faire appelle aux autre blocs.

4-1-3-1- Type de programme développé

La structure suivit pour la programmation de notre système est de type complexe qui correspondant aux fonctions (FC) qui peuvent être utilisé plusieurs fois en lui faisant appel dans le bloc organisationnel (OB). Ce qui rend notre programme simple, clair et facile à modifier. Par contre la programmation linéaire n'offre pas ces avantages.

4-1-3-2- Blocs utilisés dans le programme développé

- **Bloc d'organisation de traitement de programme cyclique (OB1)**

Le bloc d'organisation OB1 sert à l'exécution cyclique du programme utilisateur. On programme, dans celui-ci des appels correspondant aux fonctions FC et à d'autre type de structures. Voir figures IV-7.

- **Les fonctions (FC)**

Une fonction FC est un bloc de code « sans mémoire ». Un bloc de données d'instance lui sert de mémoire qui lui est associe et dans lequel les paramètres effectifs et les données statiques du bloc fonctionnel sont stockés. Voir figures IV-6.

- **Les fonctions (FB)**

A chaque FB on associe un ou plusieurs bloc de données qui sauvegardent les données statiques (il dispose d'une zone mémoire), il contient un programme qui est exécuté quant il est appelé par l'OB1, le FB facilite la programmation de fonctions complexes souvent utilisées voir figures IV-10.

- **Bloc de données (DB)**

Les blocs de données sont des zones mémoire qui permettent de mémoriser des données locales ou bien globale. Il existe deux types de bloc de données :

- ✓ **DB (globaux) :** servent à enregistrer les données utilisateur pouvant être utilisés par tous les autres blocs.
- ✓ **DB (instance) :** il est associe a chaque FB, un FB peut avoir plusieurs DB d'instance.

- Bloc fonctionnel de régulation PID

Les FB de régulation proposent une régulation purement logicielle, Les données nécessaire aux calculs cyclique sont stockées dans des blocs de données associes ce qui permet aux FB de les appeler plusieurs fois .les blocs FB de régulation PID comprennent les blocs pour la régulation continue (CONT-C), pour la régulation pas à pas (CONT-S), ainsi que le bloc pour la modulation de largeur d'impulsion (PULSEGEN). Pour la régulation de notre système on a utilisé Le bloc FB41 "CONT_C" qui sert à régler 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 réglé.

L'algorithme PID travaille dans l'algorithme de position. Les parties proportionnelle, intégrale (INT) et dérivée (DIF) sont en parallèle et peuvent être activées ou désactivées séparément. Ceci permet de paramétrer des régulateurs P, PI, PD et PID et aussi des régulateurs I et D pur

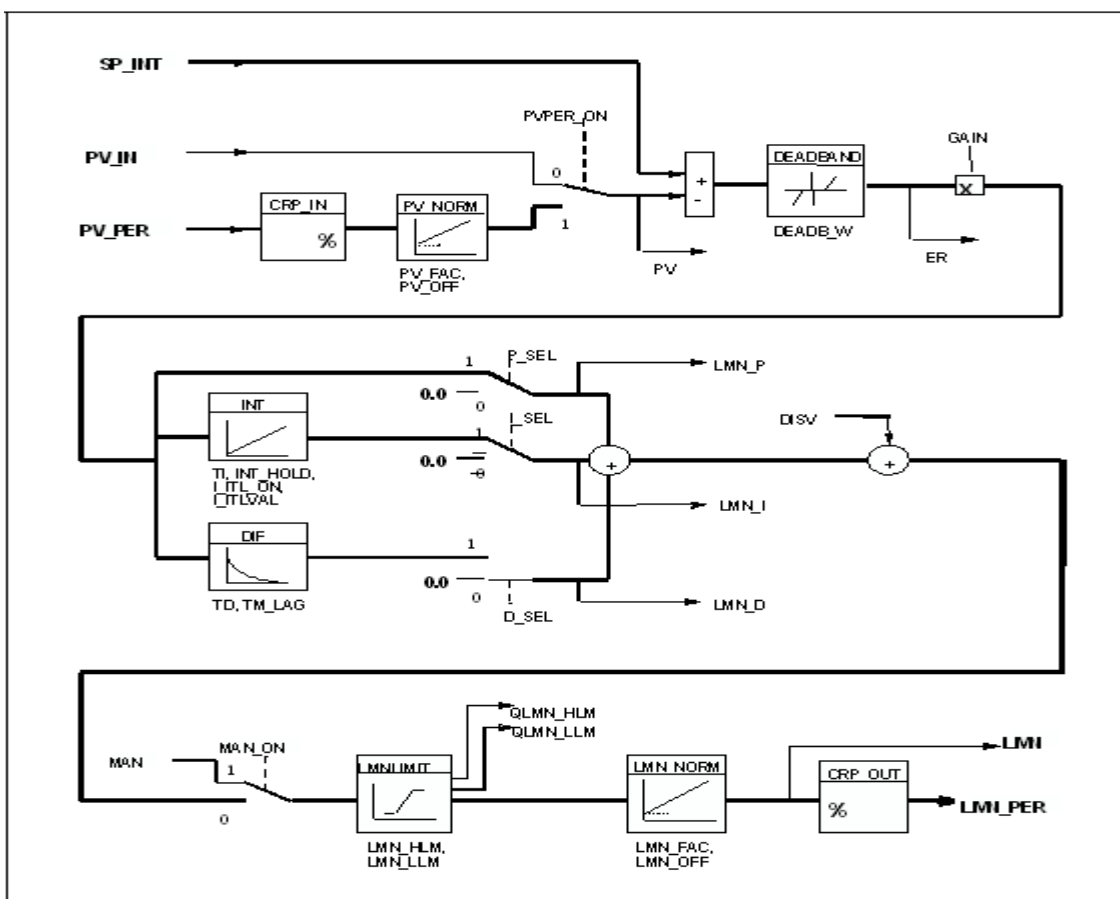


Figure IV-4 Schéma fonctionnel du régulateur CONT-C

Le tableau ci-dessous présente la description des paramètres du régulateur utilisés. la suite du tableau est dans l'annexe

Paramètres d'entrées

| paramètres | Types de données | Valeurs admises | Par de faut | description |
|------------|------------------|---|-------------|--|
| P_SEL | BOOL | | TRUE | PROPORTIONAL ACTION ON/ Activation de l'action proportionnelle. dans l'algorithme PID il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action P est active quand cette entrée est à 1. |
| I_SEL | BOOL | | TRUE | INTEGRAL ACTION ON/ Activation de l'action par intégration. dans l'algorithme PID il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action I est active quand cette entrée est à 1. |
| D_SEL | BOOL | | FALSE | DERIVATIVE ACTION ON/ Activation de l'action par dérivation. Dans l'algorithme PID il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action D est active quand cette entrée est à 1 |
| SP_INT | REAL | | 0,0 | INTEGRAL SETPOINT/ Consigne interne. Cette entrée sert à introduire une valeur de consigne. |
| PV_IN | REAL | | 0,0 | PROCESS VARIABLE IN/ Mesure d'entrée. cette entrée permet de paramétrer une valeur de mise en service ou d'appliquer une mesure externe en virgule flottante. |
| GAIN | REAL | | 2,0 | PROPORTIONAL GAIN/ Coefficient d'action proportionnelle. cette entrée indique le gain du régulateur. |
| TI | TIME | | T#20s | RESET TIME/ Temps d'integration. Cette entée détermine la réponse temporelle de l'intégrateur. |
| LMN_HLM | REAL | LMN_LLM à 100,0(%) ou grandeur physique | 100,0 | MANIPULATED VALUE HIGH LIMIT/ Limite supérieure de la valeur de réglage. la valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et une limite inférieure. cette entrée indique la |

| | | | | |
|---------|------|---|-----|--|
| | | 2 | | limite supérieure. |
| LMN_LLM | REAL | | 1,0 | PROCESS VARIABLE FACTOR/ Facteur de mesure. cette entrée est multipliée par la mesure. elle sert à adapter |

Tableau IV-1 Paramètres d'entrée

- Paramètres de sorties

| PARAMETRE | TYPE DE DONNEES | PAR DEFAUT | PAR DEFAUT | DESCRIPTION |
|-----------|-----------------|------------|------------|---|
| LMN_PER | WORD | | W#16#0000 | MANIPULATED VALUE/ Valeur de réglage .cette sortie donne en virgule flottante la valeur de réglage agissant réellement. |
| QLMN_HLM | BOOL | | FALSE | MANIPULATED VALUE PERIPHERY / Valeur de réglage de périphérie. cette sortie fournit la valeur de réglage en format de périphérie. |
| QLMN_LLM | BOOL | | FALSE | HIGH LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED/Grandeur de réglage à la limite supérieure. La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et à une limite inférieure. Cette sortie signale le dépassement de la limite supérieure. |
| LMN_P | REAL | | 0,0 | LOW LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED/Grandeur de réglage à la limite inférieure. La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et à une limite inférieure. Cette sortie signale le dépassement de la limite inférieure. |
| PV | REAL | | 0,0 | PROCESS VARIABLE/ Mesure, cette sortie la mesure effective. |
| ER | REAL | | 0,0 | ERROR SIGNAL/ Signal d'erreur. cette sortie la mesure effective. |

Tableau IV-2 paramètres de sortie

Un régulateur du programme développé est représenté dans la figure IV-10.

Quant à la structure hiérarchique des blocs du modèle de conduite du système

À partir de la figure IV-5 qui représente l'arborescence du programme développé on a (09) blocs FC, (02) bloc FB et (04) bloc DB. Tous ces blocs sont appelés dans l'OB1 pour accomplir une tâche précise.

FC1 : Bloc fonction qui permet l'arrêt des pompes d'extractions.

FC2 : Bloc fonction contient le calcul de la mesure de la vanne régulatrice RM61S001 cette mesure sert comme entrée de mesure pour le régulateur FB1. Il fait appel à :

FC9 : Bloc fonction dont le quel on réalise la conversion des données acquises sur 16 bit en données sur 32bit.

FC3 : bloc fonction ou en programme les alarmes

FC4 : Bloc fonction qui permet de mettre la vanne RM61S001 en mode manuel.

FC5 : Bloc fonction qui commande l'ouverture ou la fermeture de la vanne trop plein RH44S001.

FC6 : Bloc fonction permet l'arrêt des pompes alimentaires.

FC7 : Bloc fonction contient le calcul de la mesure de la vanne régulatrice RM62S002 cette mesure sert comme entrée de mesure pour le régulateur FB2. Il fait appel à :

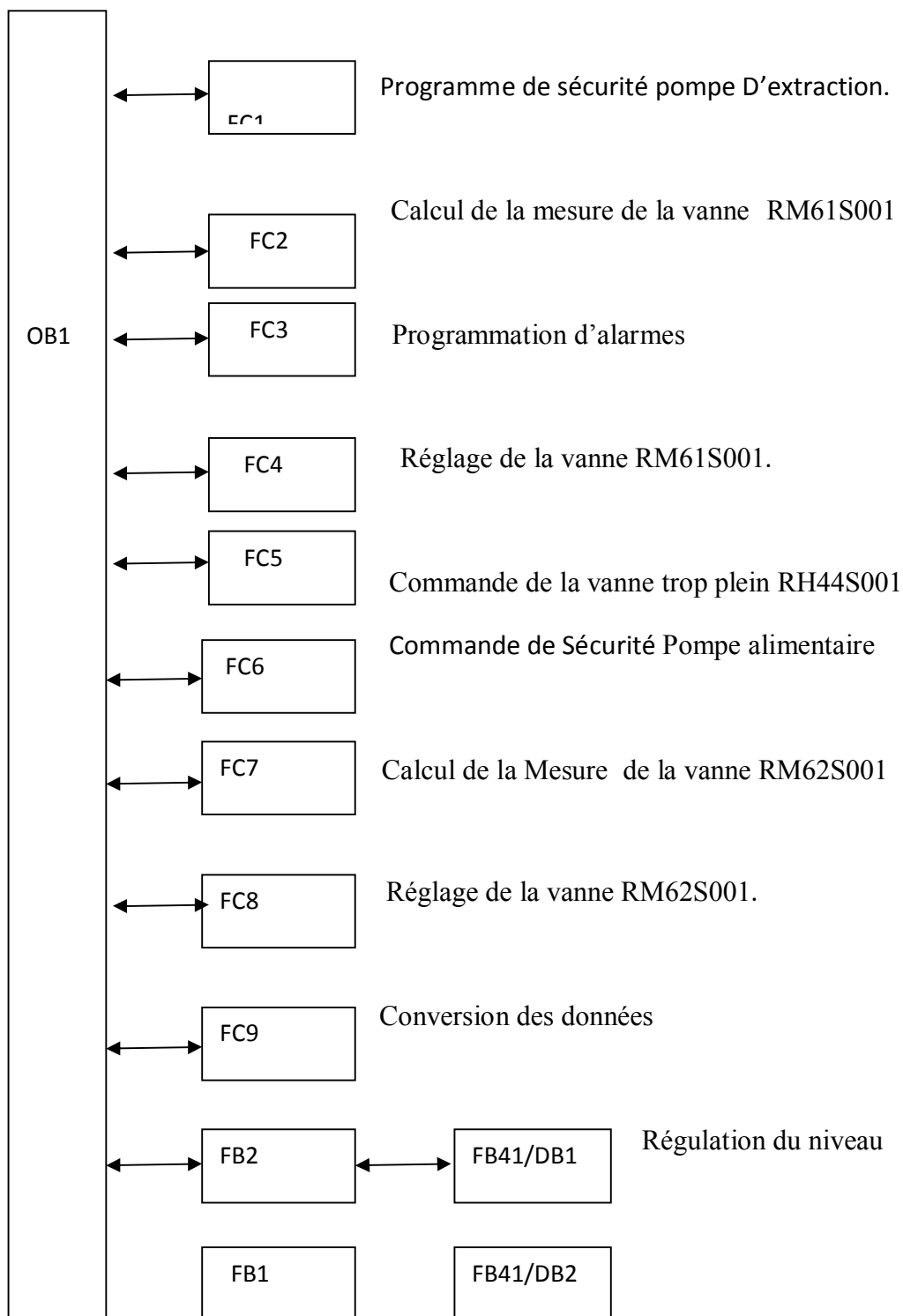
FC9 : Bloc fonction dont le quel on réalise la conversion des données acquises sur 16bit à 32bit.

FB1 : Bloc fonctionnel est le bloc qui contient le régulateur CONT-C qui s'occupe du réglage de la vanne RM61S001 qui fait appel à :

FC2 : Bloc fonction contient le calcul de la mesure de la vanne régulatrice RM61S001 cette mesure sert comme entrée de mesure pour le régulateur FB1.

FB2 : Bloc fonctionnel est le bloc qui contient le régulateur CONT-C qui s'occupe du réglage de la vanne RM62S002 qui fait appel à :

FC7 : Bloc fonction contient le calcul de la mesure de la vanne régulatrice RM62S002 cette mesure sert comme entrée de mesure pour le régulateur FB2.



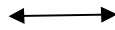
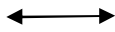
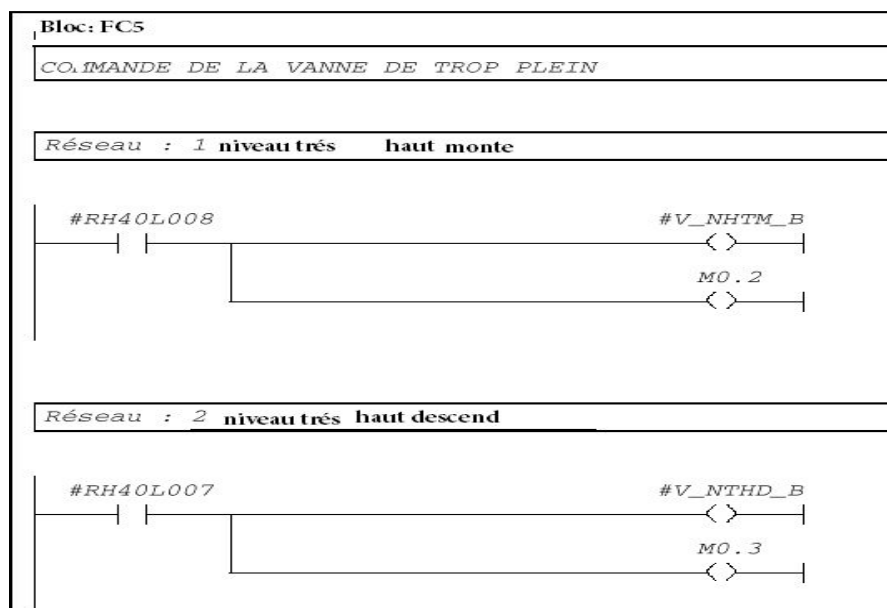


Figure IV-5 arborescence du programme

4-3- Exemple d'une partie du programme développé

4-3-2-1- La fonction FC5

L'exemple que nous allons expliquer est la programmation de l'ouverture ou fermeture de la vanne trop plein RH44S001 qui est représenté dans la fonction FC5. Pour avoir en sortie de la bascule l'ouverture ou la fermeture de cette vanne, il faut que le niveau dans la bache alimentaire atteigne le capteur de niveau très haut (monte) RH40L008 qui actionnera un memento se dernier provoquera l'ouverture de la vanne ou le capteur de niveau très haut (descend) RH40L007 soit atteint a son tour il actionnera un memento qui provoquera la fermeture de la vanne. Cette vanne a pour rôle d'évacuer le surplus d'eau dans la bache pour éviter le débordement. (Voir figures IV-6 et IV- 7).



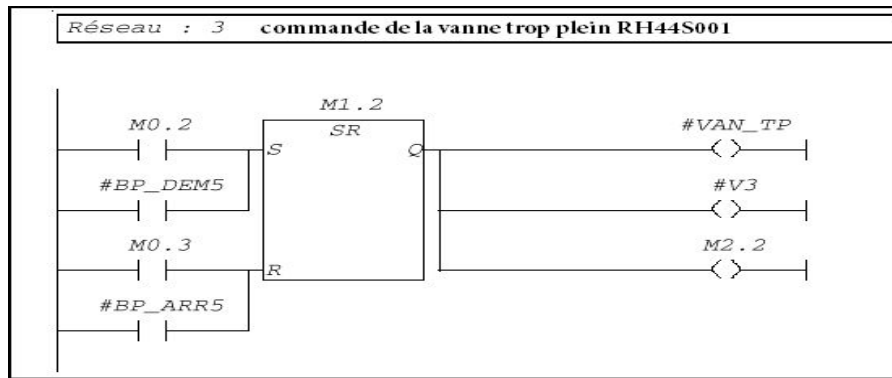


Figure IV-6 La fonction FC5

L'appel de la fonction FC5 dans le bloc organisationnel (OB1) est montré dans la figure suivante :

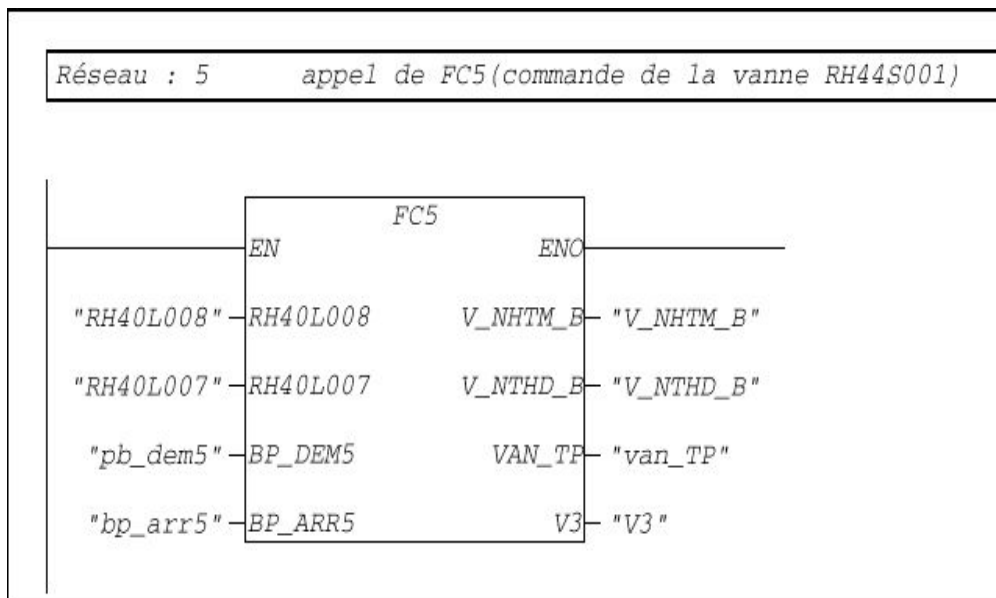


Figure IV-7 le bloc FC5 (appel dans OB1)

Dans ce bloc on voit les entrées et les sorties le programme est à l'intérieure du bloc FC5.

4-3-2-2- La fonction FC7

Le bloc fonction FC7 montre le programme qui calcule le signal de mesure de la vanne ice RM62S002. Pour avoir en sortie de la bascule la valeur de la mesure appliqué au régulateur PI, il suffit que la vanne soit en marche pour que le capteur indicateur de position transfère la donnée à traiter. Cette donnée est prise sur 16bit sur l'adresse PEW356 et qui sera convertie en une donnée sur 32bit(MD360) puis elle sera multipliée par un facteur d'erreur de (0.04) dans un multiplicateur des nombres réels. Le résultat de la multiplication(MD352) est additionné par la suite avec la valeur du niveau transmise par le capteur de niveau de la bache alimentaire sur l'adresse PEW354 après avoir été convertie de 16 bit à 32bit (MD364) tout comme la position de la vanne.

Le résultat de l'addition donne la mesure (MD360). (Voir Figure IV-8 et IV-9)

4-3-2-3- Programmation et paramétrage du régulateur continu FB41

On a paramétré ce régulateur selon le tableau représentatif des paramètres du régulateur CONT-C cité précédemment. (Voir figures IV-10).

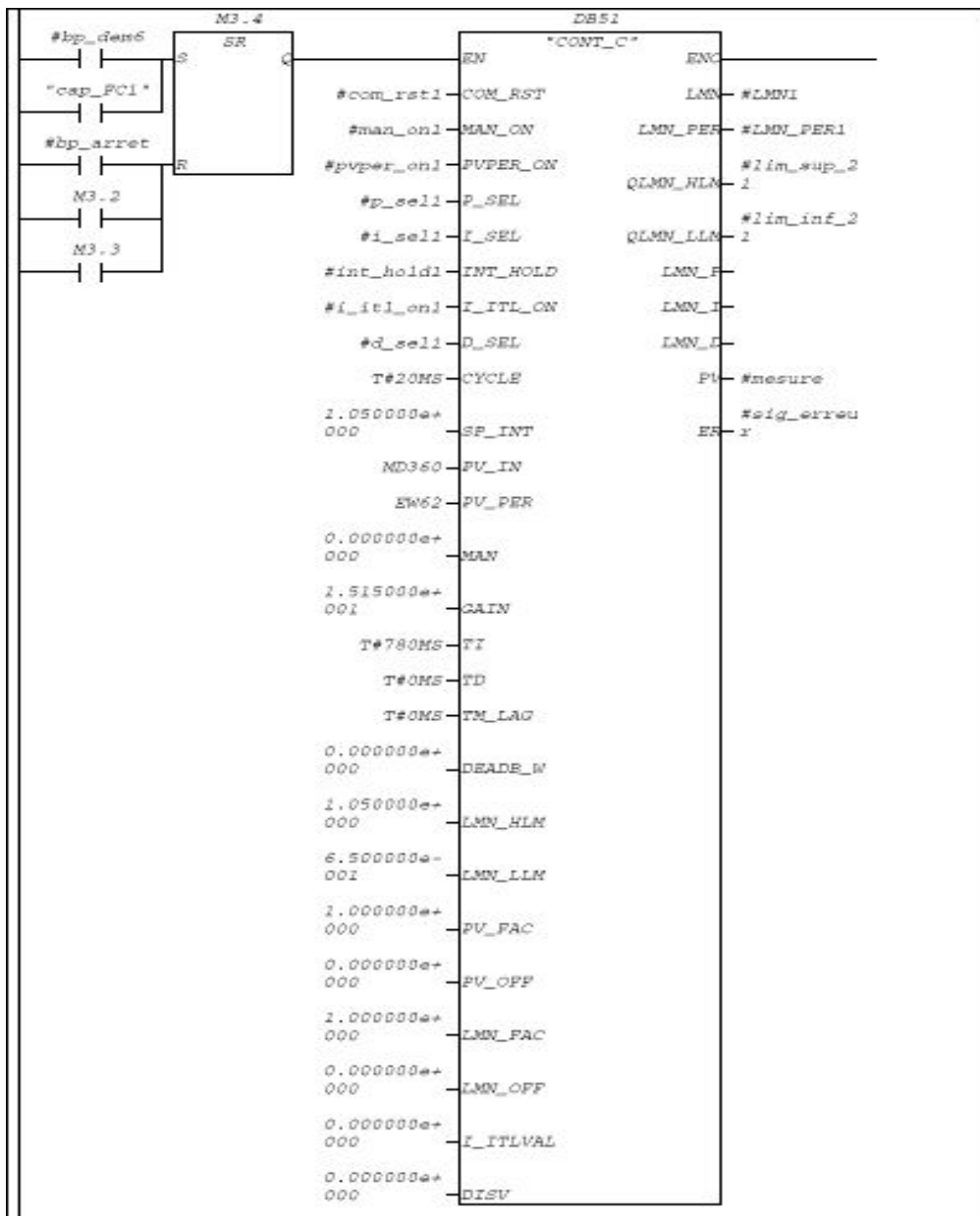


Figure IV-10 Le régulateur FB41 « CONT-C »

4-3-3- Table des mnémoniques

Un mnémonique est un nom que l'utilisateur définit en respectant les règles de syntaxe imposées. Il est destiné à rendre le programme utilisateur très lisible et aide donc à gérer facilement les grands nombres de variables couramment rencontrés dans ce genre de programme. Ce nom peut être utilisé pour la programmation et le contrôle commande, une fois son affectation déterminée (par exemple : variable, type de donnée, bloc).

Figure IV-11 illustre l'utilisation de la table des mnémoniques dans notre projet.

| | Mnémonique | Opérande | e de donn | Commentaire |
|----|------------|----------|-----------|---|
| 9 | cap_db | E | 0.3 BOOL | capteur de debit |
| 10 | rth_pex | E | 0.4 BOOL | relais thermique |
| 11 | ard_pex_ | E | 0.5 BOOL | arrêt d'urgence |
| 12 | bp_dem_pex | E | 0.6 BOOL | bouton poussoir de demarrage des pompe d'e |
| 13 | RH40LD05 | E | 0.7 BOOL | niveau très bas |
| 14 | bp_man1 | E | 1.0 BOOL | bouton poussoir manuel |
| 15 | bp_arr_man | E | 1.1 BOOL | bouton poussoir d'arrêt manuel |
| 16 | cap_FC | E | 1.2 BOOL | capteur de fin de course |
| 17 | cap_DC | E | 1.3 BOOL | capteur de debut de course |
| 18 | RH40LD08 | E | 1.4 BOOL | niveau très haut monte |
| 19 | RH40LD07 | E | 1.5 BOOL | niveau très haut descend |
| 20 | pb_dem | E | 1.6 BOOL | bouton poussoir de demarrage |
| 21 | bp_arr | E | 1.7 BOOL | bouton poussoir d'arrêt |
| 22 | RH40LD04 | E | 2.0 BOOL | niveau très très bas |
| 23 | bp_dem_P1 | E | 2.1 BOOL | bouton poussoir de demarrage de la pompe al |
| 24 | cap_db_B | E | 2.2 BOOL | capteur de débit bache alimentaire |
| 25 | bp_arr_P1 | E | 2.3 BOOL | bouton poussoir arrêt pompe alimentaire1 |
| 26 | cap_HL_BAL | E | 2.4 BOOL | capteur de niveau haut ballon chaudiere |
| 27 | bp_dem_P2 | E | 2.5 BOOL | bouton poussoir demarrage pompe alimentaire |
| 28 | bp_arr_P2 | E | 2.6 BOOL | bouton poussoir arrêt pmpoe alimentaire2 |
| 29 | bp_dem_P3 | E | 2.7 BOOL | bouton poussoir demarrage pompe alimentaire |
| 30 | bp_arr_P3 | E | 3.0 BOOL | bouton poussoir arrêt pompe alimentaire3 |

Figure IV- 11 Une partie de la table des mnémoniques

La suite de la table sera représentée dans l'annexe.

5- Validation du programme de conduite développé

5-1- Définition

Le logiciel de simulation des modules physiques SIMATIC S7-PLCSIM est l'application qui nous permet d'exécuter et de tester notre programme dans un automate programmable industriel (API) que nous simulons dans un ordinateur ou dans une console de programmation.

5-2- Exemple de simulation du programme développé

5-2-1- La fonction FC5

Ceci est un exemple concret de notre système dont le quel on procède à la simulation de la fonction FC5 (commande de la vanne trop plein RH44S001).

La figure ci-dessous comporte 3 réseaux, la commande de la vanne trop plein s'effectue en activant la bascule.

La détection du niveau très haut par le capteur RH40L008 active la bascule. La couleur verte indique les paramètres fonctionnels

La mise à zéro de la bascule est réalisée par l'excitation du capteur de niveau haut (descend) RH40L007.

Les figures IV-12 et IV 13 montrent les résultats obtenus après simulation de la fonction FC5.

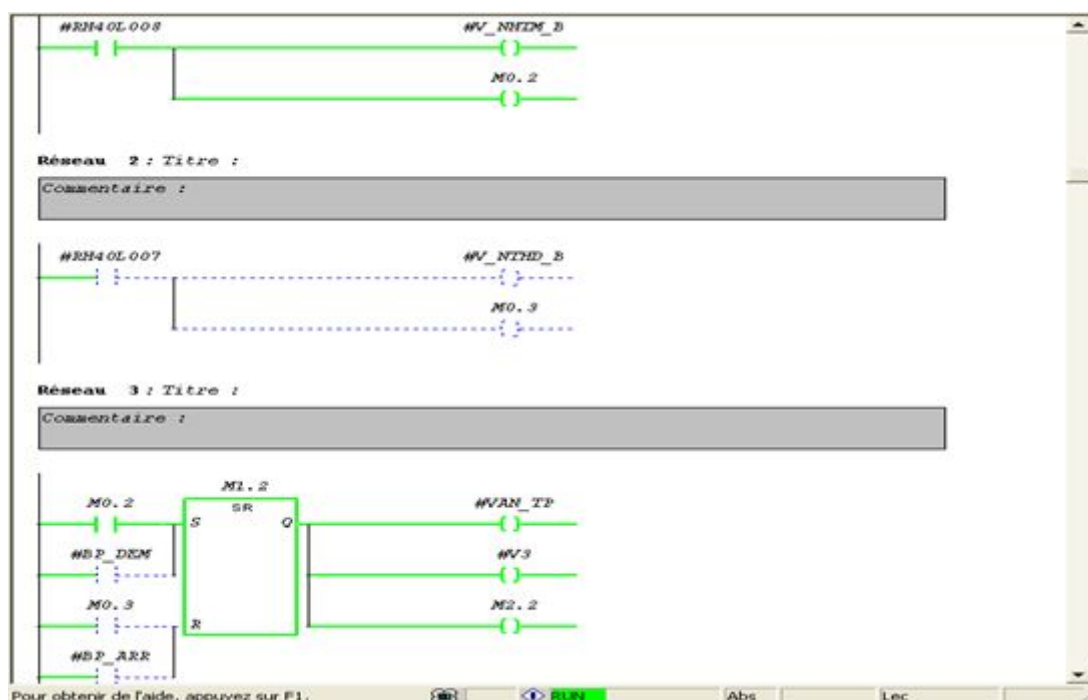


Figure IV-12 Simulation de la fonction FC5

5-4-3 - La fonction FC7

Dans la suite nous allons valider le bloc fonction FC7 qui permet le calcul de la valeur de mesure de la vanne RM62S002 (voir les figures IV-14).

La figure qui suit comporte 2 réseaux le premier réalise la multiplication des nombres réels le deuxième l'addition réel.

La valeur affichée sur les mémentos MD356 et MD364 sont déduites du résultat de la conversion réalisé dans le bloc FC9.

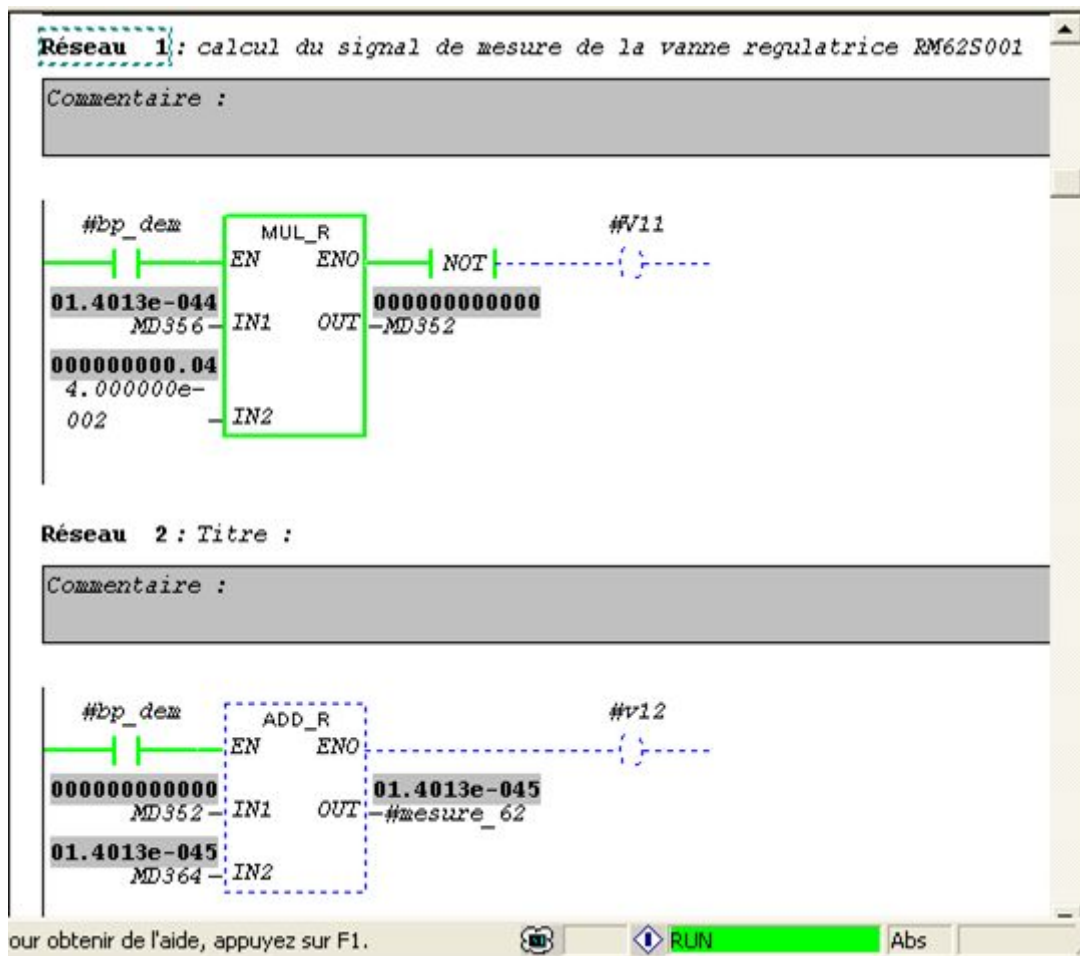


Figure IV-13 Simulation du bloc FC7

5-4-4 Régulation de niveau(FB1)

Pour avoir l'une des sorties limites du régulateur (soit la limite supérieure/ inférieure) et la valeur de réglage, il faut activer la bascule qui met à 1 le memento M2.2 et paramétrer notre régulateur en introduisant :

- ❖ La consigne (1.62e+000)
- ❖ L'entrée de mesure MD358
- ❖ Le temps d'intégration (0.78s)
- ❖ Le gain de l'action proportionnelle 15.15

Les figures IV-15 montrent un exemple de simulation de régulateurs qui commande la vanne RM61S001.

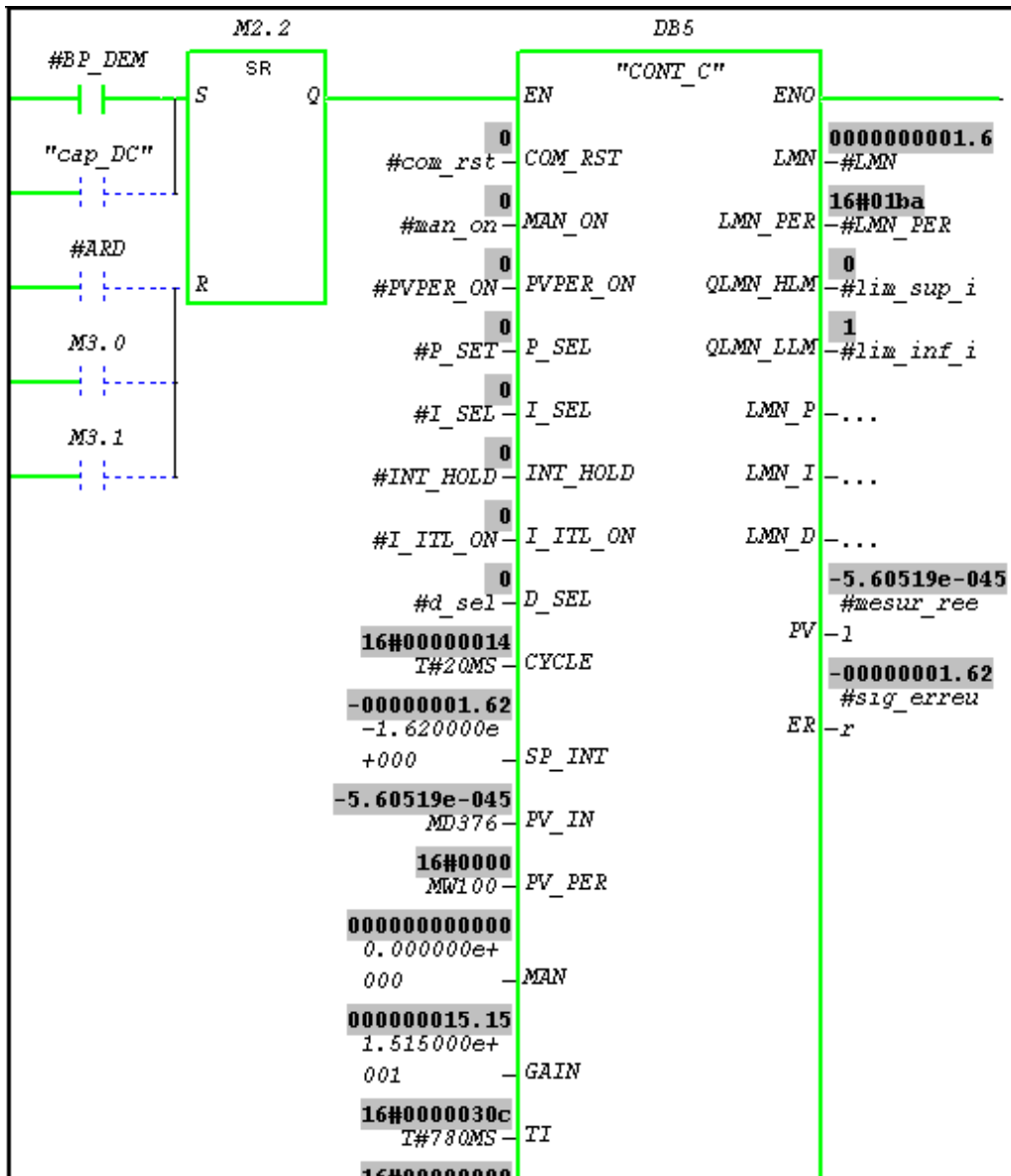


Figure IV-14 Simulation du régulateur FB41 de la vanne régulatrice RM61S001

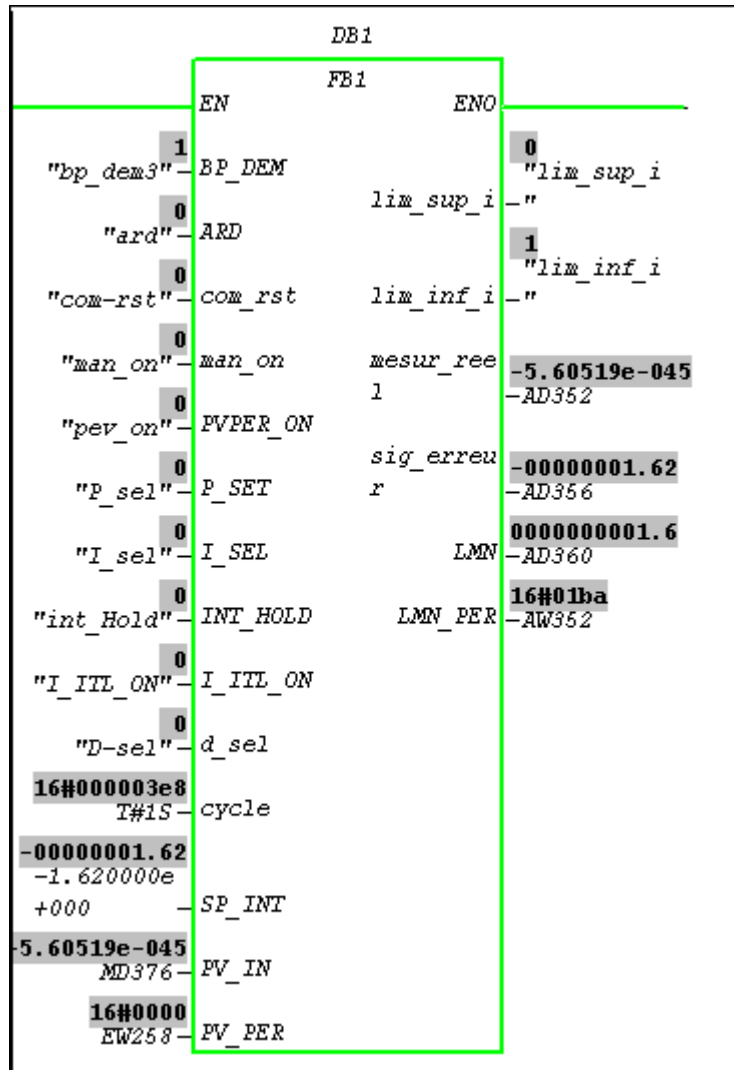


Figure IV-15 Simulation du bloc FB1 (appel dans OB1)

6- Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue d'ensemble de l'automate programmable industriel que nous avons adopté pour le pilotage de notre station ainsi que son logiciel de programmation SIMATIC STEP7.

La validation des programmes de conduite que nous avons développée a été effectuée sous le logiciel de simulation des modules physiques et testée dans l'automate S7-300.

Cette procédure nous a permis d'apporter les corrections nécessaires a nos programmes développés.

Chapitre V

1- Introduction

Le logiciel de supervision est une entité capable de présenter à l'opérateur des informations utiles, afin qu'il prenne à temps les bonnes décisions pour la conduite du procédé. Il a essentiellement pour mission de collecter les données (acquisition et stockage) et de les mettre en forme (traitement).

La supervision se situe au plus haut niveau dans la hiérarchie des fonctions de production ; il est donc essentiel de présenter à l'opérateur sous forme adéquate les informations sur le procédé nécessaire pour une éventuelle prise de décision. [5]

Cette présentation passe par des images et objets animés par l'état des organes de commande et les valeurs transmises par les capteurs.

Outre le synoptique, on trouve aussi des vues d'alarmes, de statistiques, de régulations...etc.

2- 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.

2-1- 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.

2-2- 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.

2-3- 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.

2-4- Module de communication

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

3- Apport de la supervision

La supervision a un impacte considérable sur le monde industriel, tant pour les exploitants que pour les entreprises.

3-1- Apport pour le personnel

La supervision permet de dégager les exploitants des taches délicates, surtout dans des milieux hostiles ; elle permet aussi de rendre le travail moins contraignant pour celui qui l'exécute et améliore les conditions de travail.

Elle offre à l'opérateur la possibilité de suivre le fonctionnement du procédé et d'effectuer des taches de routine (vérification des paramètres, inspection des installations.....).

En situation d'exception (incendie, danger, situation à risque...), les actions à entreprendre sont cernées et bien décrites ; dans ce cas le système de supervision sert d'interface entre le procédé et l'exploitant pour le diagnostique et l'aide à la décision.

3-2- Apport pour l'entreprise

L'effet de la supervision sur l'entreprise est considérable, elle permet entre autre de :

- **Respecter les délais en diminuant le nombre de panne, car le suivit de l'entreprise dépend du respect des délais impartis.**
- **Améliorer et maintenir la qualité de production, qui passe par le maintient des équipements en bon état de fonctionnement.**
- **Réduire les coûts d'exploitation en diminuant les pertes de production liées aux pannes.**

3-3- Logiciel de supervision Win CC

Le Win CC (Windows Control Center) est un système IHM (Interface Homme Machine) ; autrement dit l'interface entre l'homme (l'opérateur) et la machine (le processus).

Il permet à l'opérateur de visualiser et de surveiller le processus par un graphisme à l'écran.

Win CC constitue la solution de conduite et de supervision de procédés sur ordinateur, pour système monopostes et multipostes.

Il fonctionne sous MICROSOFT WINDOWS, autorise des solutions basées sur le Web et permet le transit des informations sur internet.

Il offre une bonne solution de supervision en raison des fonctionnalités adaptées aux exigences courantes des installations industrielle qu'il mette à la disposition des opérateurs.

Les étapes de déroulement de la supervision sous Win CC sont résumées dans la figure suivante :

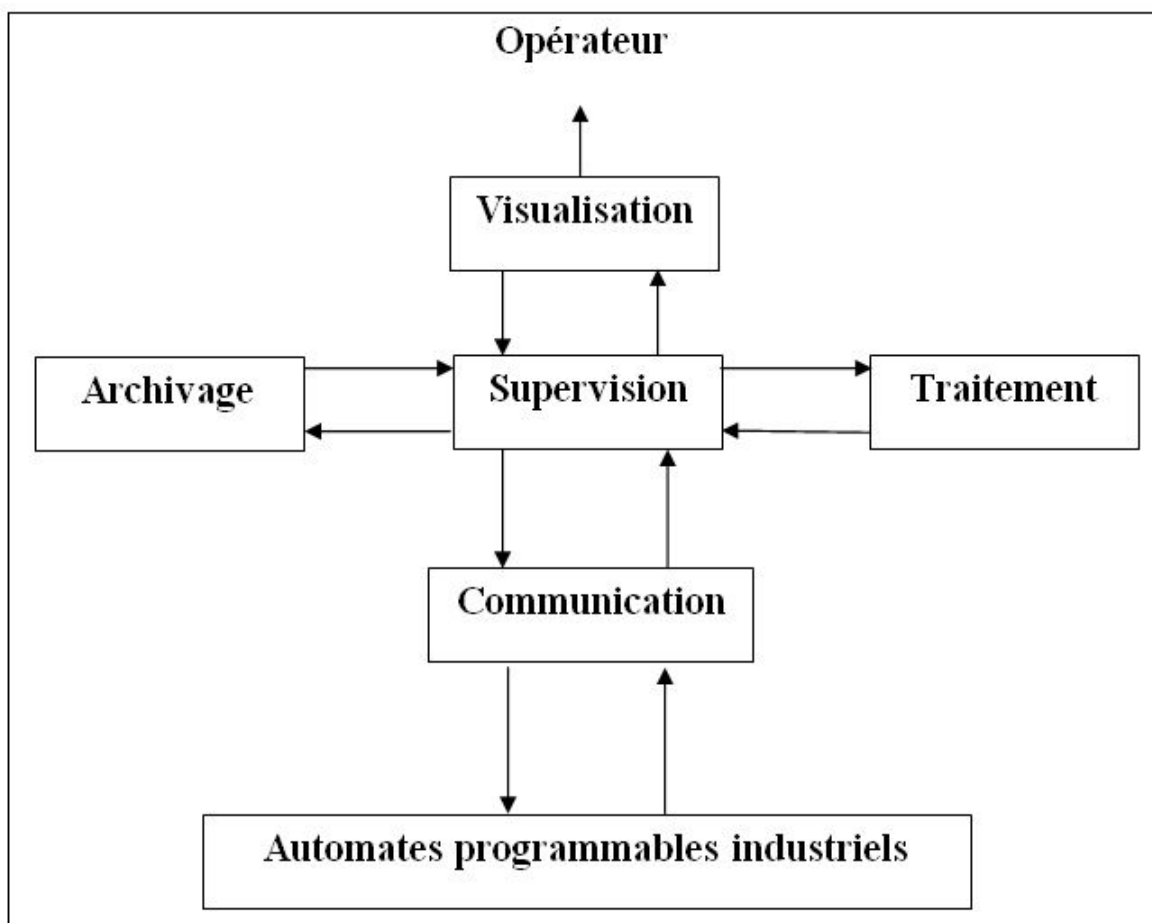


Figure V-1 : déroulement de la supervision

4- Positionnement dans l'environnement IHM

Win CC s'intègre parfaitement dans les solutions d'automatisation et de techniques de l'information :

- ❖ **Faisant partie du concept TIA de Siemens (Totally integrated Automation), Win CC s'avère particulièrement efficace dans le cadre d'une mise en œuvre avec des automates programmables de la famille de produits SIMATIC. Les automates programmables d'autres marques sont bien entendus également pris en charge ;**

- ❖ **Les données Win CC peuvent être échangées avec d'autres solutions de TIA via des interfaces standardisées.**

5- Différents niveaux de performance

Les systèmes IHM SIMATIC sont des systèmes de visualisation. Les différents produits se distinguent par leurs fonctionnalités, leurs performances, la plateforme matérielle et les interfaces ouvertes.

Les systèmes IHM SIMATIC simples sont de petits panneaux de commande et d'affichage.

Ils constituent le bas de la gamme de produits IHM. SIMATIC Win CC est un système de visualisation haut de gamme.

6- Composants du système

6-1- Structure du système

Win CC est un système modulaire. Il se compose du système de base Win CC auquel viennent s'ajouter les options et add-ons Win CC.

6-2- Systèmes de base Win CC

Le système de base Win CC se compose des sous-systèmes suivants :

- **Système graphique.**
- **Système de signalisation.**
- **Système d'archivage.**
- **Système de journalisation.**
- **Communication.**
- **Gestion des utilisateurs.**

Le système de base Win CC se subdivise en logiciel de configuration (CS) et en logiciel runtime (RT) :

- **Le logiciel de configuration permet de créer un projet.**
- **Le logiciel runtime permet de mettre le projet en œuvre dans le cadre du process. Le projet est alors "en runtime".**

6-3- Option Win CC

Les options Win CC permettent d'étendre les fonctions du système de base Win CC.

Une licence particulière est requise pour chaque option mise en œuvre.

Le support des options Win CC est assuré directement par la hotline SIMATIC.

7- Configurations typiques

7-1- Flexibilité

Win CC permet de réaliser différentes configurations de système. Vous n'êtes par ailleurs pas lié à une configuration une fois définie, mais pouvez vous également transformer ultérieurement p. ex. une configuration monoposte en configuration multiposte. Vous pouvez ainsi étendre progressivement votre configuration.

7-2- Configurations

D'une manière générale, Win CC permet de réaliser les configurations système suivantes :

- **Système monoposte.**
- **Système multiposte avec un serveur et plusieurs clients.**
- **Système client web pour la connexion de clients via internet.**
- **Système réparti à plusieurs serveurs.**
- **Système redondant pour une disponibilité maximale.**

8- Intégration dans l'environnement SIMATIC

8-1- Communication

8-1-1- Fonction de la communication

La communication avec d'autres applications, Microsoft Excel ou SIMATIC proTool s'effectue sur la base de la norme OPC (OLE for process Control). Grâce au serveur OPC intégré, Win CC met toutes les données de process à la disposition des autres applications. Le client OPC également intégré permet à Win CC de recevoir les données issues d'autres serveurs OPC.

La communication entre Win CC et les automates programmables s'effectue via le bus de process utilisé, Ethernet ou PROFIBUS.

La gestion des communications est assurée par des pilotes de communication spécifiques, appelés canaux. Win CC est doté de canaux pour les automates programmables SIMATIC S5/S7/505 ainsi que de canaux non propriétaires tels que PROFIBUS DP, DDE, OPC. Il existe en outre un grand nombre de canaux disponibles en option ou sous forme d'add-ons pour presque tous les automates programmables courants.

8-1-2- Communication avec les automates programmables

Dans le cadre des échanges de données, les variables de process constituent le lien entre Win CC et les automates programmables. Chaque variable de process de Win CC correspond à une valeur de process déterminée dans la mémoire de l'un des automates programmables connectés. Au runtime, Win CC lit sur

l'automate programmable la zone de données dans laquelle cette valeur de process est enregistrée et détermine ainsi la valeur des variables de process.

Inversement, Win CC peut également écrire des données sur l'automate programmable. Ces données étant ensuite traitées par l'automate programmable, vous pouvez ainsi piloter le process au travers de Win CC.

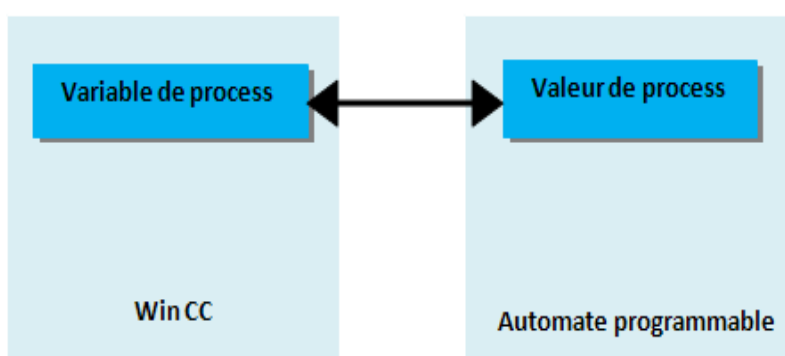


Figure5. les API3 : Communication de Win CC avec

8-1-3- Unités de canal, liaison logiques, variables de process

La communication entre Win CC et les API s'effectue via des liaisons logiques. Les liaisons logiques sont structurées en plusieurs niveaux hiérarchiques. Ces différents niveaux se reflètent dans la structure hiérarchique de Win CC Explorer.

9- Utilisation directe de mnémoniques STEP 7 sous Win CC

La continuité de la programmation permet d'utiliser directement les mnémoniques de STEP 7 sous Win CC.

Les variables de processus sont le lien de communication entre les automates programmables et le système IHM. Sans les avantages de la Totally integrated automation, il faudrait définir chaque variable deux fois : une fois sur l'automate programmable et une fois sur le système IHM. Il en résulte non seulement un double travail mais également un très grand risque d'erreur.

On peut accéder directement sous Win CC à la table des mnémoniques définie sous STEP 7. Le dialogue de sélection des variables de Win CC affiche une liste de toutes les variables de l'automate programmable S7. Il nous suffit de sélectionner les variables requises dans cette liste sans être obligé de les créer sous Win CC.

9-1- Déroulement de la communication au runtime

Au runtime, le système a besoin de valeurs de process actuelles. La liaison logique permet à Win CC de savoir sur quel automate programmable se trouve la variable de process et quel canal assure la gestion des échanges de données. Les valeurs de process sont transmises via le canal. Les données lues sont enregistrées dans la mémoire centrale du serveur Win CC.

Les opérations de communication requises sont optimisées par le canal de sorte à minimiser le trafic de données sur le bus de process.

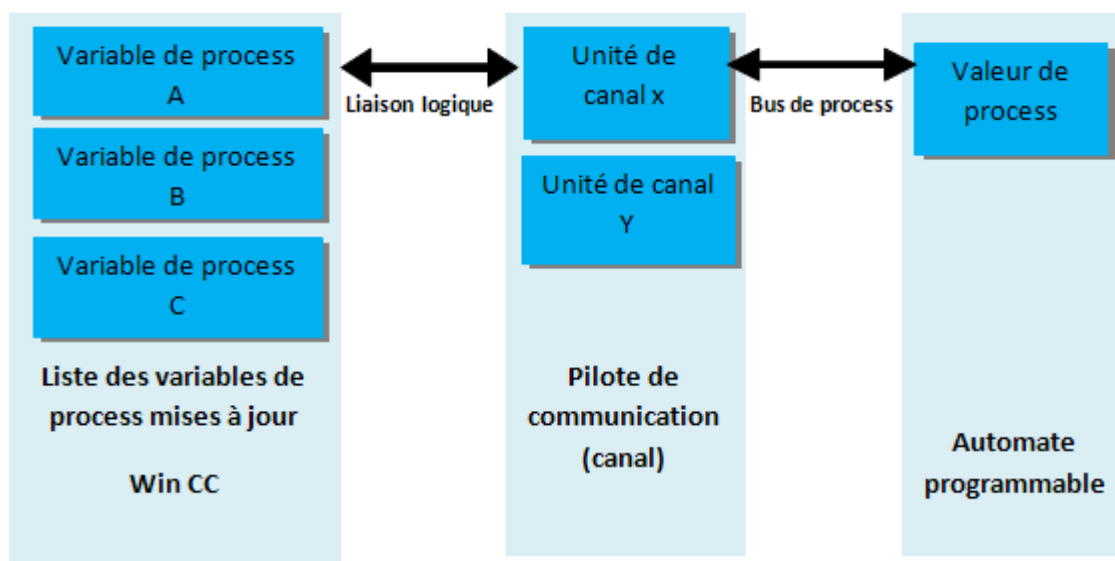


Figure 5.4 : Déroulement de la communication de Win CC avec L'API au runtime

9-2- l'organigramme des sous systèmes Windows control center

L'organigramme ci-après illustre l'interaction des sous-systèmes Windows control center. Il fournit des informations importantes sur l'ordre chronologique de la configuration. Il n'est pas possible par exemple de configurer complètement l'Online Trend Control ou l'Online Table Control (en bas à gauche) tant que Tag Logging n'a pas été configuré.

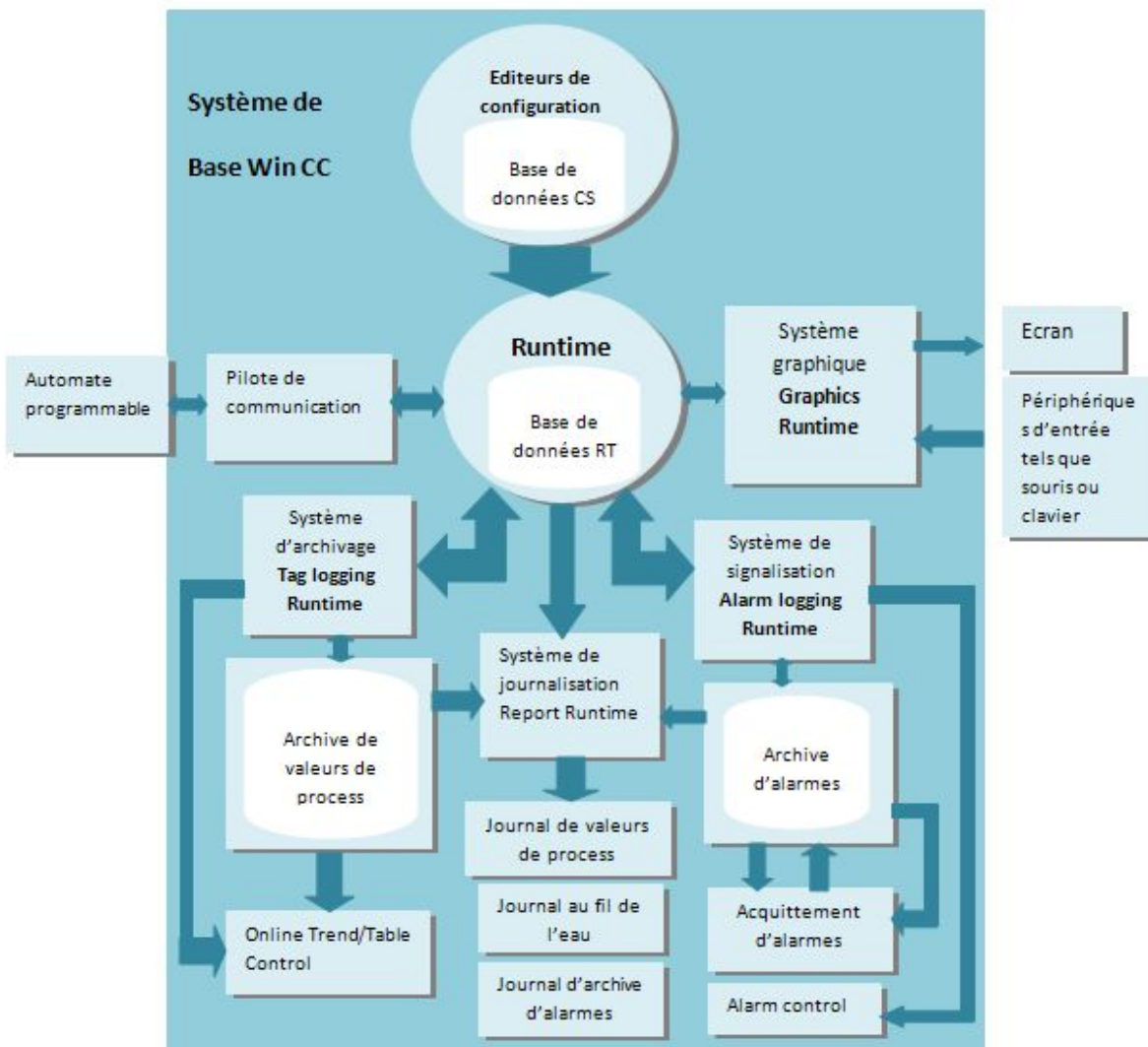


Figure 5.4 : Schéma de fonctionnement d'un système de base Win CC

10- Application disponible sous Win CC

Win CC se compose de plusieurs applications pour accomplir la fonction de supervision. Il dispose des éditeurs suivants :

- Graphics designer

Graphics Designer est un programme graphique vectoriel servant à créer des vues de process. Les nombreux objets graphiques contenus dans la palette d'objets et la palette de styles permettent de créer des vues de process sophistiquées.

On peut dynamiser individuellement chaque objet graphique par la programmation d'actions. Les assistants génèrent automatiquement les dynamisations fréquemment utilisées et les affectent aux objets. Vous pouvez également conserver vos propres objets graphiques dans une bibliothèque.

- **Alarm Logging.**

Alarm Logging acquiert et archive les événements avec possibilité de les afficher et de les manipuler. Choisissez librement les blocs d'alarmes, leur classe, leur type, leur affichage et leur journalisation. L'assistant système et les dialogues de configuration nous aident à configurer. L'affichage d'alarmes au runtime se paramètre dans Alarm Control situé dans la palette d'objets de Graphics Designer.

- **Tag Logging**

Tag Logging acquiert et traite les données du process en cours pour leur représentation graphique et leur archivage. On paramètre comme on le souhaite le format des données archiver, les temps d'acquisition et les temps d'archivage. Les composants Win CC On-line Trend Control et Win CC Table Control représentent respectivement les valeurs de process sous forme de courbes ou de tableaux.

- **Report Designer**

Report Designer est un système de journalisation intégré à pilotage temporel ou événementiel pour les alarmes, les manipulations, les archives et les données, courantes ou archivées, sous forme de journaux personnalisés ou de documentations de projet avec un modèle de ligne ou de page à paramétrer. Il offre une interface utilisateur confortable avec palette graphique et palette d'outils, et supporte différents types de journaux. Plusieurs systèmes de modèles de mise en page et d'impression sont proposés par défaut.

- **Global Script**

Global script est le terme générique désignant les actions et fonctions C qui, suivant leur type, peuvent être utilisées soit dans le projet courant, soit dans tous les projets. Les scripts sont utilisées pour configurer des actions et des objets. Ils sont traités par un interpréteur C interne au système. On utilisera des actions de Global scripts au runtime pendant le process. Leur exécution est initiée par un déclencheur.

- **Text Library**

Vous pouvez éditer dans Text Library les textes utilisés par les différents modules dans le système runtime. La bibliothèque de textes permet de définir la traduction en langue étrangère des textes d'alarmes configurées et de les afficher ensuite dans la langue de runtime voulue.

- User Administrator

L'éditeur User Administrator permet d'attribuer et de contrôler les droits d'accès des utilisateurs aux différents éditeurs du système de configuration et de runtime. Lors de la configuration des utilisateurs, des droits d'accès aux fonctions Win CC leur sont attribués individuellement. Il existe 999 niveaux d'accès différents. L'attribution des accès peut s'effectuer au runtime du système.

11- Supervision du système de régulation de niveau de la bache alimentaire sous Win CC

Le programme de supervision que nous avons développé est élaboré avec le logiciel Win CC (5.1) de la firme SIEMENS. Il permet la visualisation en direct du fonctionnement de notre système à tous moment et ce grâce à l'écran de notre PC relié à l'automate par l'interface MPI.

11-1 Procédure de programmation

Les principales étapes suivies pour la création de notre application sous Win CC sont :

1. créer un projet.
2. Sélectionner et installer l'API.
3. Définir les variables dans l'éditeur de variables.
4. Créer et éditer les vues dans l'éditeur Graphics Designer.
5. Paramétrer les propriétés de Win CC runtime.
6. Activer les vues dans le Win CC runtime.
7. Utiliser le simulateur pour tester les vues du processus.

Nous présentons ci-contre la procédure suivie pour réaliser la supervision de notre système.

Le projet monoposte crée est nommé « Bache_ Alimentaire », il est représenté par la figure suivante :

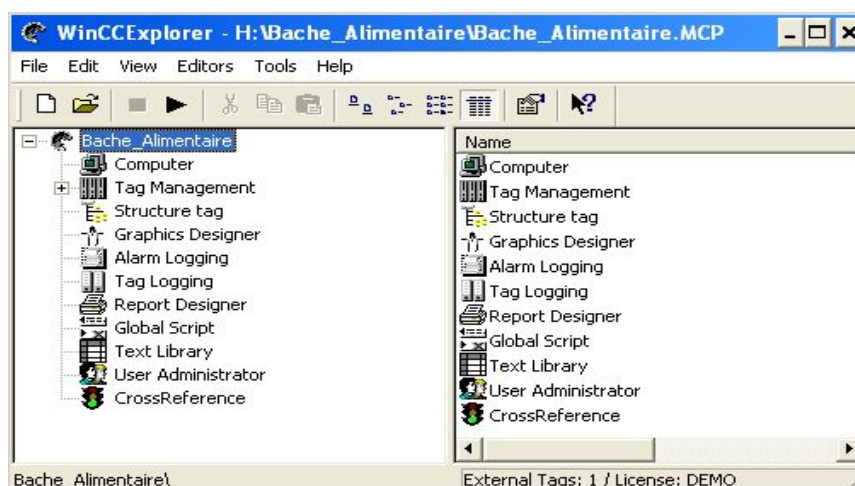


Figure 5.5 : Création du projet « Bache_ Alimentaire »

Puis nous avons procédé à la configuration du système de supervision pour assurer la communication entre l'API S7 300 avec le Win CC. Pour cela, nous avons sélectionné à partir de l'éditeur de variables le pilote « SIMATIC S7 Protocol suite » et choisi la liaison de communication « MPI ».

L'étape suivante est l'introduction des variables du procédé, correspondantes à des variables manipulées par le programme de l'API S7-300.

La figure 5.6 montre la configuration des paramètres du système :

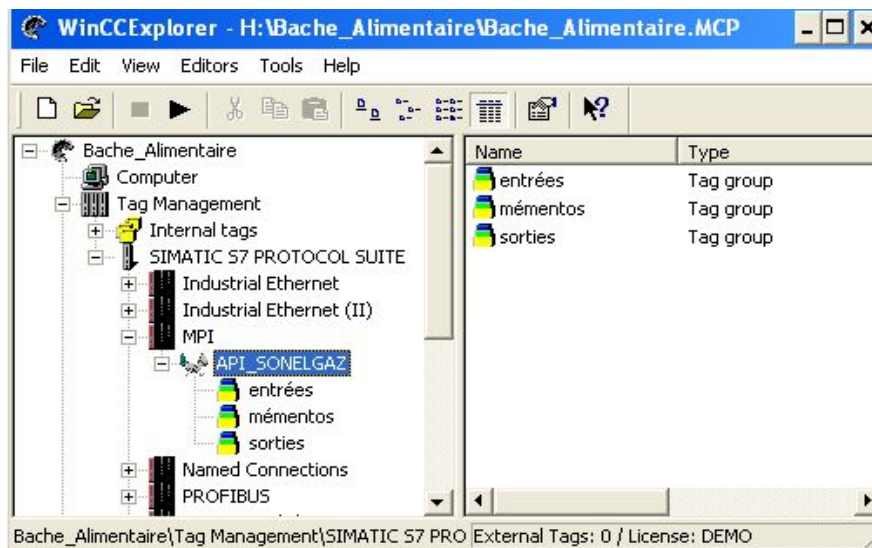


Figure V-6 : Configuration des paramètres du système

L'étape qui suit consiste à créer des vues et de les dynamiser, dans l'éditeur « Graphics Designer » qui nous permet d'insérer les différents types d'objets dont on a besoin grâce à la palette d'objet et à la bibliothèque interne de Win CC.

La figure V-7 montre les vues créées dans Graphics Designer :

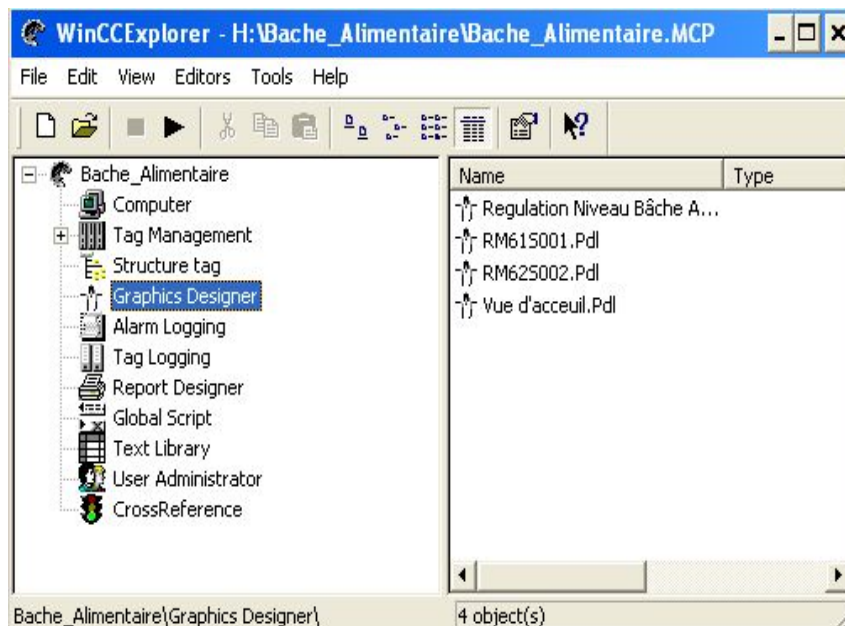


Figure V-7 Les vues de la station de supervision

Dans notre station de supervision, nous avons créé tout d'abord la vue d'accueil (Figure V-8), qui contient le bouton de navigation à partir duquel on sélectionne la vue à visualiser.

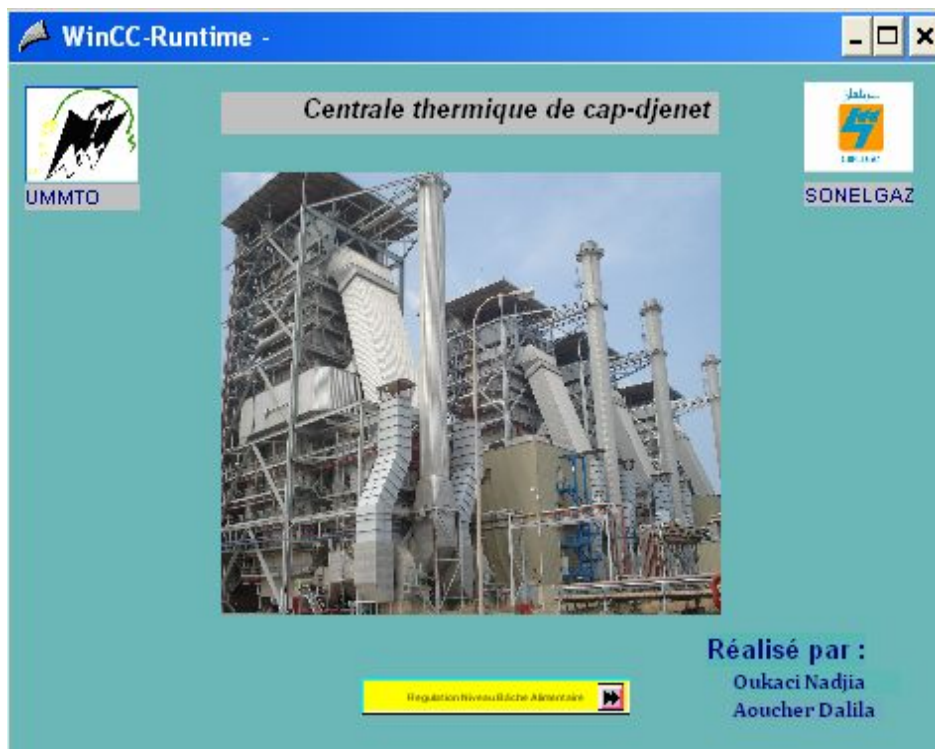


Figure 5.7 vue d'accueil

Après avoir créé la vue d'accueil, nous ferons de même pour les autres vues qui présentent notre système :

- **La Vue générale de la bâche alimentaire.**
- **La vanne RM 61 S001.**
- **La vanne RM62 S001.**

Dans chaque vue sont représentés les boutons de navigation d'une vue à une autre. les vues sont représentées dans les figures suivantes : V-9, V-10, V11.

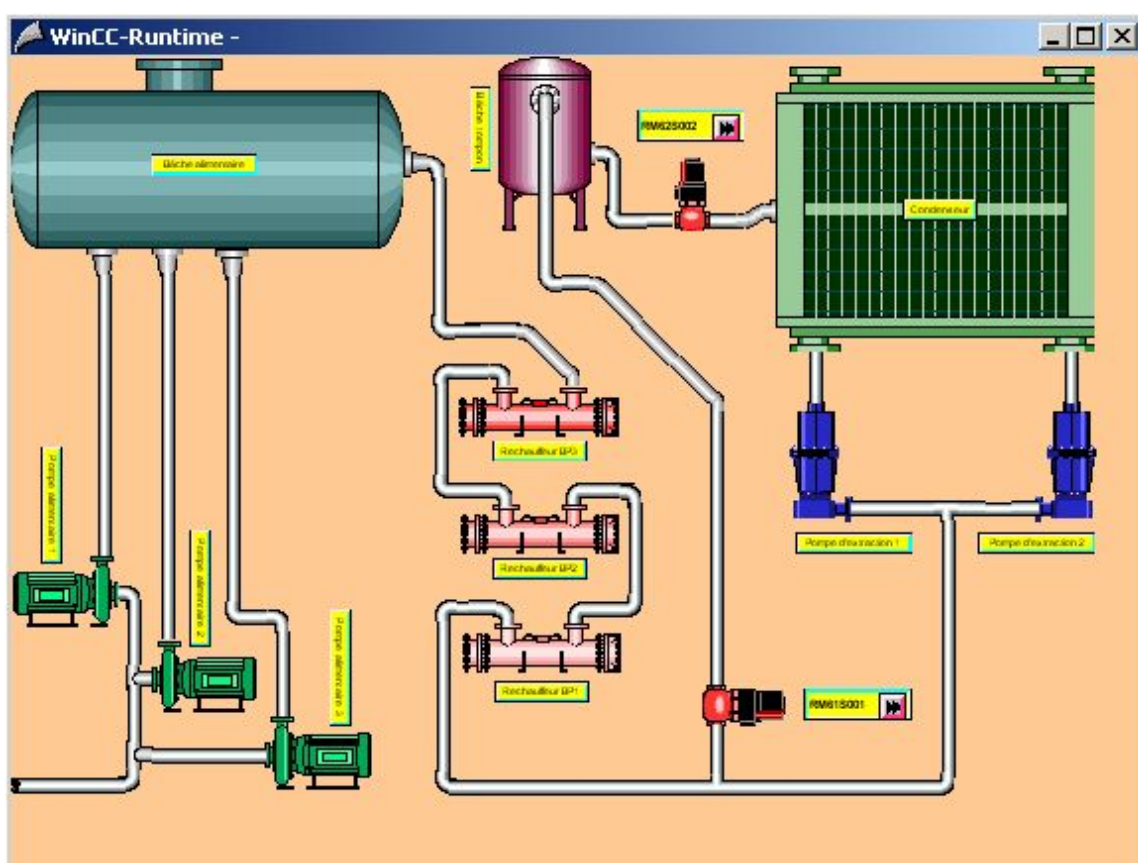


Figure V-9 vue générale de la bâche alimentaire.

Cette vue représente l'acheminement du condensat qui commence à la sortie du condenseur et se poursuit jusqu'au dégazeur de la bâche alimentaire en passant par les pompes d'extractions et par trois rechauffeurs basse pression, à la sortie de la bâche alimentaire il ya trois pompes alimentaires qui aspire l'eau alimentaire et la refoule vers le ballon chaudière .

Le réglage de niveau dans la bâche alimentaire est assuré par la vanne RM61 S001 et la vanne RM62 S001 ,si le niveau dans la bâche monte la vanne RM61 S001 s'ouvre pour que l'eau passe dans la bâche tampon.

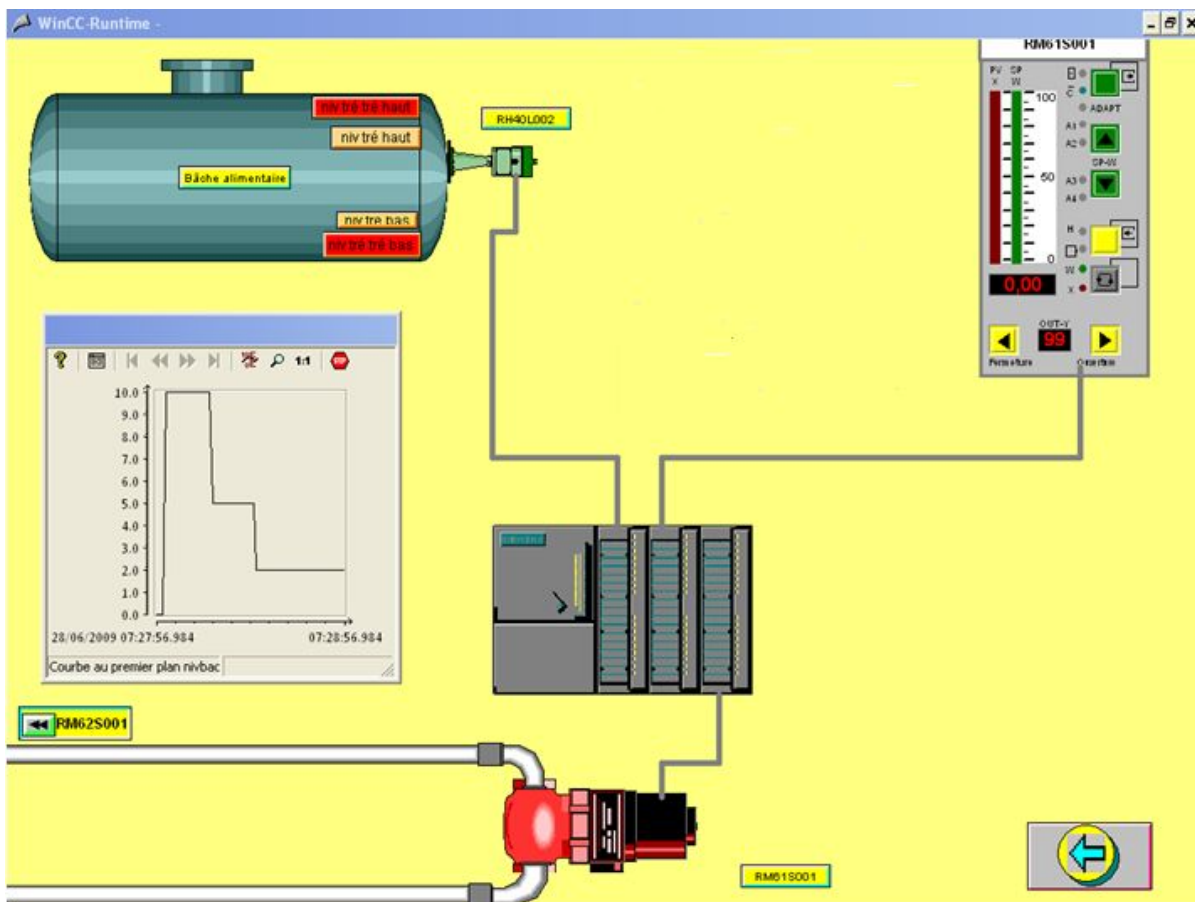


Figure V-10 Vue RM 61 S001

Cette vue représente le réglage de niveau dans la bâche alimentaire par le régulateur PI et la vanne RM61 S001.

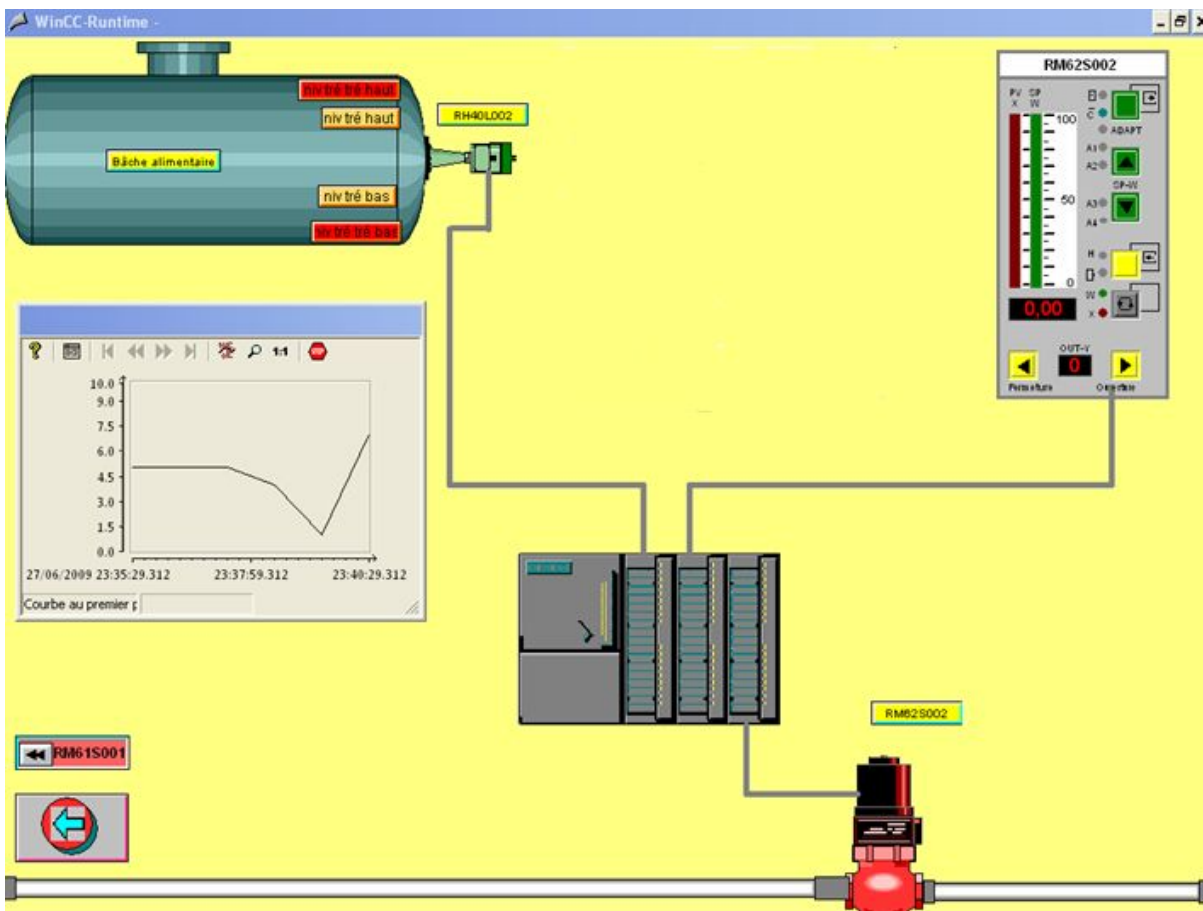


Figure V-11 Vue RM 62 S001

Cette vue représente le réglage de niveau dans la bache alimentaire par le régulateur PI et la vanne RM62 S001

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'intérêt de la supervision en précisant son rôle dans la conduite du procédé par la suite nous avons élaboré sous le logiciel sa place dans l'industrie. Nous avons élaboré sous le

logiciel Windows Contrôle Center (Win CC) les vues qui permettent de suivre l'évolution du procédé en temps réel, et d'établir un diagnostic aisément.

Conclusion générale

Le travail que nous avons effectué dans le cadre de ce projet, avec l'appui du stage pratique au sien de la centrale thermique de cap djinet, nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques et de nous familiariser avec le monde industriel.

La commande des processus par un API est la solution recherchée de plus en plus dans l'industrie en raison de la précision (ou l'exactitude) des traitements numériques qu'ils effectuent pour générer la commande adéquate à tout moment et dans toutes les conditions.

Le but de ce travail est la conception d'une solution programmable de commande sécurisé de la bache alimentaire du générateur de vapeur de la centrale thermique.

Nous avons en premier lieu étudié le fonctionnement de la centrale, en suite nous avons élaborée un modèle mathématique de notre système afin de synthétiser un correcteur en utilisant la méthode du régleur. Ce correcteur sera implanté dans le programme développé sous STEP 7.

La validation du programme de conduite développé, a été réalisée par le biais du logiciel de simulation des modules physique (S7 PLCSIM).

Notre travail a aussi pour but de développer les vues de supervision afin de contrôler le fonctionnement du système bache alimentaire par l'intermédiaire des graphismes et de schémas en temps réel.

Ainsi, l'opérateur pourra établir des diagnostics concrets et aura une meilleure maitrise de l'observation et de la maintenance.

Enfin, nous espérons que ce travail puisse apporter un plus et constituer un support supplémentaire aux promotions à venir.

Bibliographie

- [1] Documentation techniques de la centrale thermique de Cap Djinet.
- [2] Documents techniques, SEIMENS AG, « Logiciel de base pour S7 300/400, Régulation PID », Réf. :C79000_G7077_C516.Edition : Nürnberg, 1996.
- [3] Roland S. Burns « Advanced control engineering ».edited by Integra software services Pvt.ltd, India, 2001, ISBN 075065 1008.
- [4] D. Dindeloux«Techniques de régulations industriel», édition : EYROLLES,1981.
- [5] Documentation techniques Win CC version 5.1.
- [6] ABERKAN.A « Développement d'une solution programmable de supervision automatiser et d'aide al a décision du système purge vidange de la central électrique de cap djinet » mémoire d'ingénieur, université de Tizi-Ouzou, département d'automatique, 2008.
- [7] CHAUCHE.H et BRAHIMI.M « développement d'une solution de commande et de supervision « on line » de l'unité de dessalement de SONALGAZ (cap djinet) à base d'un API SIMATIC S7 » mémoire ingénieur, université de Tizi-Ouzou, département d'automatique.

Tableau II-1 calculé du volume du cylindre pour $0 \leq h \leq 3.572$ m

| $h(m)$ | $V(m^3)$ |
|--------------------------|----------------------------|
| 0 | 0 |
| 0.1 | 1.173 |
| 0.2 | 3.290 |
| 0.3 | 5.992 |
| 0.4 | 9.143 |
| 0.5 | 12.661 |
| 0.6 | 16.489 |
| 0.7 | 20.581 |
| 0.8 | 24.901 |
| 0.9 | 29.418 |
| 1 | 34.105 |
| 1.1 | 38.938 |
| 1.2 | 43.895 |
| 1.3 | 48.955 |
| 1.4 | 54.098 |
| 1.5 | 59.308 |
| 1.6 | 64.566 |
| 1.7 | 69.566 |
| 1.786 | 74.416 |
| 1.8 | 75.159 |
| 1.9 | 80.460 |
| 2 | 85.742 |
| 2.1 | 90.988 |
| 2.2 | 96.181 |
| 2.3 | 101.303 |
| 2.4 | 106.336 |
| 2.5 | 111.26 |
| 2.6 | 116.055 |
| 2.7 | 120.697 |
| 2.8 | 125.161 |
| 2.9 | 129.421 |
| 3 | 133.443 |
| 3.1 | 137.189 |
| 3.2 | 140.611 |
| 3.3 | 143.646 |
| 3.4 | 146.202 |
| 3.5 | 148.114 |
| 3.572 | 148.832 |

Tableau II- 2 représentation des calottes

| $h(m)$ | $V(m^3)$ |
|--------------------------|----------------------------|
| 0 | 0 |
| 0.1 | 0.008 |
| 0.2 | 0.044 |
| 0.3 | 0.115 |
| 0.4 | 0.225 |
| 0.5 | 0.374 |
| 0.6 | 0.563 |
| 0.7 | 0.789 |
| 0.8 | 1.051 |
| 0.9 | 1.347 |
| 1 | 1.674 |
| 1.1 | 2.028 |
| 1.2 | 2.408 |
| 1.3 | 2.808 |
| 1.4 | 3.227 |
| 1.5 | 3.660 |
| 1.6 | 4.104 |
| 1.7 | 4.554 |
| 1.786 | 4.945 |
| 1.8 | 5.008 |
| 1.9 | 5.462 |
| 2 | 5.911 |
| 2.1 | 6.352 |
| 2.2 | 6.781 |
| 2.3 | 7.195 |
| 2.4 | 7.591 |
| 2.5 | 7.963 |
| 2.6 | 8.310 |
| 2.7 | 8.629 |
| 2.8 | 8.915 |
| 2.9 | 9.168 |
| 3 | 9.383 |
| 3.1 | 9.561 |
| 3.2 | 9.699 |
| 3.3 | 9.798 |
| 3.4 | 9.859 |

| | |
|-------|-------|
| 3.5 | 9.886 |
| 3.572 | 9.890 |

Tableau II- 3 calcule de volume totale de la bache

| <i>h(m)</i> | <i>V(m³)</i> |
|--------------------|--------------------------------|
| 0 | 0 |
| 0.1 | 1.181 |
| 0.2 | 3.334 |
| 0.3 | 6.107 |
| 0.4 | 9.368 |
| 0.5 | 13.035 |
| 0.6 | 17.052 |
| 0.7 | 21.37 |
| 0.8 | 25.952 |
| 0.9 | 30.765 |
| 1 | 35.779 |
| 1.1 | 40.966 |
| 1.2 | 46.303 |
| 1.3 | 51.763 |
| 1.4 | 57.325 |
| 1.5 | 62.968 |
| 1.6 | 68.67 |
| 1.7 | 74.12 |
| 1.786 | 79.361 |
| 1.8 | 80.167 |
| 1.9 | 85.922 |
| 2 | 91.653 |
| 2.1 | 97.34 |
| 2.2 | 102.962 |
| 2.3 | 108.498 |
| 2.4 | 113.927 |
| 2.5 | 119.223 |
| 2.6 | 124.365 |
| 2.7 | 129.326 |
| 2.8 | 134.076 |
| 2.9 | 138.589 |

| | |
|--------------|---------|
| 3 | 142.826 |
| 3.1 | 146.75 |
| 3.2 | 150.31 |
| 3.3 | 153.444 |
| 3.4 | 156.061 |
| 3.5 | 158 |
| 3.572 | 158.722 |

Tableau IV-1 Paramétrage des entrées du régulateur continu

| paramètres | Types de données | Valeurs admises | Par de faut | description |
|-------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|---|
| COM_RST | BOOL | | FALSE | COMPLETE RESTART / Démarrage Le bloc renferme un sous programme de démarrage qui exécuté quand cette entrée est à 1 |
| MAN_ON | BOOL | | TRUE | MANUAL VALUE ON/ activation du mode manuel quand cette entrée est à 1, la boucle de régulation est interrompue. La valeur de réglage manuelle est sortie comme de réglage. |
| PVPER_ON | BOOL | | FALSE | PROCESS VARIABLE PERIPHERY/ Activation de la mesure de périphérie, pour que la mesure soit lue en périphérie, il faut relier l'entrée PV_PER à la périphérie et mettre à 1 l'entrée PVPER_ON. |
| INT_HOLD | BOOL | | FALSE | INTEGRAL ACTION HOLD/ Gel de l'action par intégration la sortie de l'intégrateur peut être gelée. pour cela, il faut mettre à 1 cette entrée. |
| I_INT_ON | BOOL | | FALSE | INITIALIZATION OF THE INTEGRAL ACTION/ initialisation de l'action par intégration La sortie de l'intégrateur peut être positionnée sur la valeur initiale I-ITL_VAL pour cela, il faut mettre à 1 cette entrée. |
| CYCLE | TIME | | T#1s | SIMPLE TIME/ période d'échantillonnage .Le temps s'écoulant entre les appels de bloc doit être constant. il est indiqué au niveau de cette entrée. |
| PV_PER | WORD | | W#16#00 00 | PROCESS VARIABLE PERIPHERIE/ Mesure de périphérie la mesure en format de |

| | | | | |
|------------------|------|--|-------|---|
| | | | | périphérie set appliquée au régulateur par cette entrée. |
| MAN | REAL | | 0,0 | MANUAL VALUE/ Valeur de réglage manuelle. Cette entrée sert à introduire une valeur de réglage manuelle moyennant des fonctions de contrôle-commande. |
| TD | TIME | | T#10s | DERIVATIVE TIME/ Temps de dérivation. Cette entrée détermine la réponse temporelle de l'unité de dérivation. |
| TM_LAG | TIME | | T#2s | TIME LAG OF THE DERIVATE ACTION/ Retard de l'action par dérivation. l'algorithme de l'action D contient un retard qui peut être paramétré à cette entrée. |
| DEADB_W | REAL | >=0,0(%) ou grandeur physique 1 | 0,0 | DEAD BAND WIDTH/ Largeur de zone morte .le signal d'erreur traverse une zone morte. cette entrée détermine la taille de la zone morte. |
| PV_OFF | REAL | | 0,0 | PROCESS VARIABLE FACTOR/ Décalage de mesure. cette entrée est ajoutée à la mesure, elle sert à adapter l'étendu de valeur de mesure. |
| LMN_FAC | REAL | | 1,0 | MANIPULATED VALUE FACTOR/ Facteur de valeur de réglage, cette entrée par la valeur de réglage. elle sert a adapter l'étendu de réglage. |
| LMN_OFF | REAL | | 0,0 | MANIPULATED VALUE OFFSET/ Décalage de valeur de réglage. cette entrée est ajoutée a la valeur de réglage. elle sert à adapter l'étendu de réglage. |
| I_ITL_VAL | REAL | -100,0 à 100,0(%) ou grandeur physique 2 | 0,0 | INITIALIZATION VALUE OF INTEGRAL ACTION/ Valeur d'initialisation pour l'action par intégration la sortie de l'intégrateur peut être force par l'entrée I_ITL_ON. La valeur d'initialisation est appliquée à entrée I_ITL_VAL. |
| DISV | REAL | -100,0 à 100,0(%) ou grandeur physique 2 | 0,0 | DISTURBANCE VARIABLE/ Grandeur perturbatrice. la grandeur perturbatrice est appliquée à cette entrée pour l'action anticipatrice. |

Tableau IV-2 Paramétrage des sorties du régulateur continu

| PARAMETRE | TYPE DE DONNEES | PAR DEFAUT | PAR DEFAUT | DESCRIPTION |
|------------------|------------------------|-------------------|-------------------|--|
| LMN | REAL | | 0,0 | PROPORTIONALITY COMPONENT/ Composante P. cette sortie contient la composante proportionnelle de la grandeur de réglage. |
| LMN_I | REAL | | 0,0 | INTEGRAL COMPONENT/ Composante I. cette sortie contient la composante intégrale de la grandeur de réglage. |
| LMN_D | REAL | | 0,0 | DERIVATIVE COMPONENT/ Composante D. cette sortie contient la composante différentielle de la grandeur de réglage. |

