

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Mémoire de Master

Présenté par :

Mr DAFAL Nouredine

Mr HAMRANI Lyes

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en
Génie Electrique

Option : AUTOMATIQUE

Thème :

**Etude, supervision et régulation du niveau de la
Bâche alimentaire de la centrale de Cap Djinét
avec un automate programmable Siemens S7-300
CPU315**

	Noms	Grade	UMBB
Président	-Mr.KHALFI		UMBB
Rapporteurs	-Mr.HAMADACHE		UMBB
Examineurs	-Mr.HAMDAOUI		UMBB
	-Mr.AKROUM		UMBB

-Promotion Juin 2017 -

Remerciements



En premier, Nous remercions le tout puissant ALLAH, notre créateur qui nous a donné la force et le courage de conclure notre travail.

On tient à remercier chaleureusement M. HAMADACHE qui nous a suivi et encourager et conseiller tout le long de notre projet.

Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignant du département génie électrique qui nous ont appris beaucoup de chose durant notre cycle de formation.

Nous tenons à transmettre nos sincère remerciements à notre encadreur Mr. TILIOUIN AKLI pour tout l'aide et conseil qui nous a apporter durant notre stage, et a l'ensemble du personnel de la centrale thermique de CAP-DJINET pour leur collaboration et leur accueil.

Nos profonds respects aux membres du jury qui nous font l'honneur d'assister et de juger ce Modest travail.

Nous tenons vivement à remercier Mr. KHALASSI et Mr. BENHALLA qui nous ont aidés dans notre travail.

Dédicace

Pour que ma réussite soit complète je la partage avec tous les personnes que j'aime, je dédie ce modeste travail à :

Au cœur qui ma réchauffé avec son amour, la personne la plus chère à mes yeux :

À toi ma chère mère

A celui qui m'a toujours soutenu, et m'a été l'ami et le conseiller

À toi mon cher père

À mes chers frères et à ma chère sœur

A celle que j'aime et respect infiniment : à toi ma chère grand-mère

A toute la famille : DAFAL et AMROUNE

A mon binôme Lyes et sa famille

A tous mes amis avec qui j'ai partagé mes meilleurs moments d'enfance

A tous mes amis et camarades de MGE15.

A toutes les personnes que j'aime et ceux qui m'aiment.

DAFAL NOUREDDINE

Dédicace

A ma mère,

“tu m’a donné la vie la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t’offrir ne pourra exprimer l’amour et la reconnaissance que je te porte.

En témoignage, je t’offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l’affection dont tu m’as toujours donné “

A mon père,

“l’épaule solide l’œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect

Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et te procure santé et longue vie “

A mes chères sœurs et mon cher frère,

“les personnes que j’ai passé le plus de temps durant ma vie et qui sont toujours était là pour moi et que je souhaite tous le bonheur du monde a vous Ghiles, Amel, et ma grand sœur Lilia qui est loin de nous“

A mes meilleurs amis,

“avec ceux que j’ai passé de bon moment en particulier mon binôme Dafal Noureddine qui a passé l’un des moments les plus important durant ma vie d’étudiant et aussi à mes très chères amis d’enfances Ferhat et Riadh et bien sur tous mes amis et camarades de MGE15“

HAMRAN LYES

ملخص :

-يُستند العمل المقدم في هذه المذكرة على الدراسة، تنظيم المستوى والإشراف على خزان الماء المغذي بمساعدة برنامج البرمجة الصناعية " تيا بورتال"
بالنسبة لتنظيم المستوى استعنا بطريقة ايفانز في MATLAB لتحديد إعدادات PI
الكلمات المفتاحية:
منظم مستوى , مسير صناعي مبرمج, مستشعر مستوى

RESUME :

-Le travail fourni dans ce mémoire est basé essentiellement sur l'étude, supervision et régulation de niveau de la bache alimentaire à l'aide du logiciel de programmation industrielle TIA PORTAL V13.

Pour la régulation de niveau de la bache alimentaire nous avons utilisé la méthode d'identification EVANS. Cette méthode est appliquée dans MATLAB pour la détermination des paramètres PI. Cette commande de régulation a été implantée dans un automate S7-300 CPU 315PN/DP.

Mots clés: Régulation, niveau, transmetteur de niveau radar, vanne motorise, Identification, Régulateur PI, MATLAB(fonction sisotool), TIA PORTAL V13, Sonelgaz (SPE)/CAP-DJINET

ABSTRACT :

-The work presented in this memory is based on the study, level control, and supervision of the feedwater tank using the industrial programming software TIA PORTAL V13. For the level control of the feedwater tank we used the EVANS method on MATLAB for the determination of the PI parameters

Key words: control, level transmitter, vlave .controler PI,matlab (sisotool function), TIA PORTAL V13

SOMMAIRE

Page

Introduction générale	
Chapitre I : présentation du central thermique de cap djinet	
Introduction.....	1
I.1 Description de différents organes de la centrale.....	2
I.1.1 La chaudière (générateur de vapeur).....	2
I.1.2 La turbine.....	4
I.1.3 Le condenseur.....	6
I.1.4 La bêche alimentaire	8
I.1.5 Dégazeur	9
I.1.6 Bêche tampon	9
I.1.7 Les pompes.....	9
I.1.8 Les réfrigérant.....	11
I.1.9 Réchauffeur.....	12
I.1.10 Alternateur.....	13
I.1.11 Salle de commande.....	14
I.1.12 Transformateur.....	14
I.2 Station de filtrage et de pompage d'eau de mer.....	15
I.2.1 Station de dessalement et de déminéralisation.....	15
I.3 Station de production d'hydrogène.....	17
I.3.1 Poste gaz.....	17
I.3.2 Post fuel.....	17
I.4 Circuit de la centrale et principe de fonctionnement.....	17
I.4.1 Circuit de combustion.....	17
I.4.2 Circuit d'air de combustion (circuit air fumée).....	17
I.4.3 Circuit d'eau et de vapeur.....	18
I.4.4 Circuit d'eau de refroidissement.....	18
Conclusion	

Chapitre II : Présentation des différents organes de réglage

II. Introduction.....	19
II.1 Description détaillé de la bache alimentaire	19
II.2 Etude de la chaine de régulation de niveau de la bache alimentaire.	21
II.2.1 Objectif de la chaine de régulation automatique.....	21
II.2.2 Principe de la chaine de régulation d'une tranche de production	21
II.2.3 Etude de système de régulation de la bache alimentaire	22
II.3 Description des éléments constituant la chaine de régulation étudiée.....	24
II.3.1 Transmetteur de niveau radar à ondes guidées	25
II.3.2 Module comparaison universel.....	27
II.3.3 Régulateur électronique analogique (ancienne technologie a CAP-DJINET.....	28
II.3.4 Vanne régulatrice RM61S001/RM62S002/RM40S001.....	30
II.3.5 Vanne motorisé RM61S001/RM62S002/RM40S001.....	30
Conclusion.....	32

Chapitre III : Modélisation de la chaine de régulation

Partie 1 : Modélisation et identification de la chaine de régulation de niveau de la bache alimentaire

Introduction.....	33
III.1 Détermination des fonctions de transfert des organes de control.....	34
III.1.1 Fonction de transfert du transmetteur de niveau.....	34
III.1.2 Fonction de transfert de la vanne.....	34
III.1.3 Elaboration de la fonction de transfert de l'objet principale (bache alimentaire) ...	36

Partie 2 : Détermination des paramètres du régulateur PI

Introduction.....	43
III.2 détermination des paramètres du régulateur PI.....	43
III.2.1 Choix de type de régulateur de la chaine étudiée.....	43
III.2.2 Synthèse des paramètres optimum du régulateur	45
III.2.3 détermination des paramètres PI Application d'Evans sous MATLAB.....	46
III.2.4 Performances du système de régulation étudiée.....	52
Conclusion.....	54

Chapitre IV : Présentation du software (TIA PORTAL V13) et hardware S7-300

Introduction.....	
IV.1 Partie programmation avec STEP7.....	56
IV.1.1 Vue du portail/vue du projet.....	56
IV.1.2 Création d'un projet et configuration d'une station de travail.....	58
IV.1.3 Bloc de régulation CONT-C.....	65
IV.2 Partie hardware automate programmable S7-300.....	67
IV.2.1 Définition de l'API.....	67
IV.2.2 Les avantages des automates programmables	68
IV.2.3 Choix d'un API.....	68
IV.2.4 Présentation de l'API S7-300.....	69
IV.2.5 automate choisi dans le projet.....	73
Conclusion.....	74

Chapitre V : Simulation du projet sur TIA PORTAL V13

Introduction.....	75
V.1 La supervision industrielle.....	75
V.1.1 Définition de supervision industrielle.....	75
V.1.2 Les systèmes de supervision industrielle.....	75
V.1.3 Caractéristiques principales d'un système de supervision.....	76
V.1.4 Matériels supervisable.....	76
V.1.5 Base de données.....	76
V.1.6 Communication.....	77
V.1.7 Traitement.....	77
V.1.8 La conduite de supervision	77
V.1.9 La sûreté de fonctionnement.....	77
V.1.10 Besoin auxquels doit répondre la supervision.....	78
V.2 Partie supervision avec SIMATIC Wincc professionnel	79
V.2.1 Définition de WinCC professionnel.....	79
V.2.2 Introduction du pupitre d'affichage HMI.....	79
V.2.3 Simulation.....	81
Conclusion.....	84

Conclusion générale.....	
---------------------------------	--

LISTE DES FIGURES

N° de la figure	page
Figure I.1 : Chaudière de la centrale de Cap-Djinet.....	2
Figure I.2 : Différents corps de la turbine.....	5
Figure I.3 : Condenseur	7
Figure I.4 : Bâche alimentaire.....	8
Figure I.5 : Vue de réchauffeur basse pression.....	12
Figure I.6 : Alternateur.....	13
Figure I.7 : Salle de commande.....	14
Figure I.8 : Transformateur.....	14
Figure I.9 : Schéma du circuit de dessalement.....	15
Figure I.10 : Schéma du circuit de déminéralisation.....	16
Figure I.11 : Station de pompage.....	17
Figure II.1 : Bâche alimentaire et ses différent élément.....	19
Figure II.2 : Schéma fonctionnel d'une chaine de régulation.....	21
Figure II.3 : Chaine de régulation de niveau RH40B001.....	24
Figure II.4 : Représentation du transmetteur avec la bâche alimentaire.....	26
Figure II.5 : Montage de mesure d'un réservoir fermé.....	26
Figure II.6 : Servomoteur électronique.....	31
Figure II.7 : Schéma du corps de la vanne.....	31
Figure III.1 : Schéma fonctionnel de la boucle de régulation de notre système.....	33
Figure III.2 : Schéma simple des variables du système.....	36
Figure III.3 : Schéma fonctionnel des déférents variables du système.....	40
Figure III.4 : Programme sous Matlab.....	46
Figure III.5 : Configuration des blocs de la boucle de régulation.....	47
Figure III.6 : Insertion STEP.....	48
Figure III.7 : Réponse du système avant régulation	48

Figure III.8 : Insertion de dépassement.....	49
Figure III.9 : Insertion des pôles/zéros.....	50
Figure III.10 : Les paramètres PI.....	51
Figure III.11 : plan d'Evans, diagramme de Bode après régulation	52
Figure III.12 : Réponse du système après régulation	53
Figure IV.1 : Page d'accueil de TIA PORTAL V13.....	56
Figure IV.2 : Diffèrent partie dans la vue du projet.....	57
Figure IV.3 : Création du projet.....	58
Figure IV.4 : Insertion de l'API.....	59
Figure IV.5 : adresse API.....	60
Figure IV.6	61
Figure IV.7	62
Figure IV.8 : fenêtre des Variable API.....	63
Figure IV.9	63
Figure IV.10 : Fenêtre pour renommer les variables.....	64
Figure IV.11 : Tableau de variables.....	64
Figure IV.12 : bloc de régulation FB41 cont-c.....	65
Figure IV.13 : configuration du bloc CONT-c.....	66
Figure IV.14 : organigramme des différentes étapes de l'automatisation.....	67
Figure IV.15 : câblage simplifier entre les organes de commande.....	68
Figure IV.16 : API connecte avec un PC.....	68
Figure IV.17 : Automate programmable gamme S7-300.....	70
Figure V.1 : Insertion du HMI (1).....	79
Figure V.2 : Insertion du HMI (suit).....	80
FigureV.3 : Vue du SCADA.....	80
FigureV.4 : Vue du SCADA après simulation.....	81
FigureV.5 : avertissement niveau bas de la bêche.....	81

FigureV.6 : état critique du niveau bas déclenchement des pompes alimentaire.....	82
FigureV.7 : Système sans alarme.....	82
FigureV.8 : avertissement niveau haut de la bache	83
FigureV.9 : état critique du niveau bas déclenchement des pompes alimentaire.....	83

Nomenclature

Partie calcul

SYMBOLE	DESIGNATION	UNITE
g	La gravité	[kg/m ³]
H ₀	Hauteur initial	[m]
H _{MAX}	Hauteur max	[m]
H _{MIN}	Hauteur min	[m]
I _{MAX}	Courant max	[mA]
I _{MIN}	Courant min	[mA]
L	Longueur du cylindre	[m]
P _b	Pression dans la bache	[bar]
P _s	Pression sortie de la bache	[bar]
Q _{e0}	Débit d'entrée initial	[T/h]
Q _{S0}	Débit de sortie initial	[T/h]
R	Rayon du cylindre	[m]
T _s	Constant du temps	[S]
X	La largeur du rectangle	[m]
φ	La masse volumique	[Kg/m ³]

PARTIE TECHNIQUE

API : Automates programmable Industriel

BP : Corps basse pression

CONT : Schéma à contact

CPU : Central Processing Unit

DB : Bloc de données

DP : Decentralized Periphery

E/S : Entrée/Sortie

EEPROM : Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

FB : Bloc de fonction

FM : Function module

HMI : Human Machine Interface
HP : Corps haut pression
HW : Hardware
IM : Interface module
LIST : Liste d'instruction
LOG : Logigramme
MP : Corps moyenne pression
MPI : Multi-Point Interface
OB : Bloc d'organisation
PC : Partie commande
PG : Programming device
PID : Proportional-integral-derivative controller
PO : Partie opérative
PROFIBUS : Process Field Bus
PS : Power supply module
RAM : Random-Access Memory
SF : Disjoncteur ligne
SM/AL : Analog input module
SM/AO : Analog output module
SM/DI : Digital input module
SM/DO : Digital output module
TOR : Tout ou rien
TP : Transformateur principale
TS : Transformateur de soutirage
WAN : Wide Area Network

INTRODUCTION GENERAL

Le développement que connaît le monde actuel, est en progression continue grâce à la technologie moderne utilisée, qui a cédé une place très importante occupée par l'automatisation des procédés industriels.

Dans l'industrie de production d'énergie électrique les méthodes de production employées sont de plus en plus complexes, c'est pour quoi elles sont indispensables d'une large utilisation de l'automatisation, ainsi que pour l'amélioration des performances et les indices technico-économiques.

Dans le cas de la centrale thermique de CAP-DJINET, l'automatisation fait partie de l'un des points importants de valeurs de l'installation. La régulation automatique est tout particulièrement concernée par la gestion des systèmes de régénération de l'énergie de travail de la centrale.

En effet, la régulation automatique consiste à maintenir une grandeur physique constante quelque soit la perturbation agissant sur le système, sans aucune intervention de l'opérateur. La régulation de niveau représentée comme une tâche très influente sur le bon fonctionnement de la centrale thermique de CAP-DJINET. C'est ainsi que nous nous sommes intéressés à la régulation de niveau de la bêche alimentaire, dans un souci plus particulier de montrer les différents aspects liés à la synthèse d'un système de régulation qui soit performant du point de vue poursuite de la consigne et rejet des perturbations.

La commande de la régulation de la bêche alimentaire est réalisée actuellement avec une technologie à base de carte électronique analogique. Nous proposons d'améliorer cette régulation en la contrôlant avec un automate programmable industriel (API). Pour cela, nous avons utilisé un API siemens de type S7-300 CPU315. Cette unité a été programmé à l'aide du logiciel TIA-portal de siemens ce logiciel permet de programmer une panoplie d'API siemens tel que le 1200 et le 200.

Cette programmation est accompagnée par une supervision avec WINCC. Cette supervision permet de contrôler la régulation d'une façon efficace. Elle permet aussi de faciliter la maintenance en indiquant le type de dysfonctionnement constaté sur la chaîne de régulation.

Pour réaliser cette tâche, nous avons structurer notre travail de la façon suivante :

- Le premier chapitre décrit la centrale thermique de CAP-DJINET.
- Le second chapitre est consacré à la description de la chaîne de régulation étudié et les éléments constitutifs.
- Le troisième chapitre est pour la modélisation et l'identification du système.
- Le quatrième chapitre décrit le software et le hardware.
- Le dernier chapitre est consacré à la supervision du système.

CHAPITRE I

Présentation de la Central thermique de cap djinet

I.INTRODUCTION

-La centrale thermoélectrique de CAP-DJINET est située à l'Est d'Alger dans la wilaya de Boumerdes. Elle occupe une superficie de 35 hectares, elle est construite par une société allemande (siemens) en 1985.

Le choix du site a été réalisé à partir d'une étude qui a montré que :

- La proximité des consommateurs importants situés notamment dans la zone Industrielle REGAIA-ROUIBA.
- La centrale est située au bord de la mer (facilitant l'utilisation de grandes quantités d'eau de refroidissement).
- Condition de sous-sol favorable, ne nécessitent pas de fondations profondes.

La centrale de Cap-Djinet se compose de 4 tranches de type thermique-vapeur d'une puissance unitaire de 176 MW pour un régime de 100% (pleine charge) à la borne alternateur, la puissance totale délivrée par les 4 tranches est de 704 MW.

La consommation totale des auxiliaires est environ 32 MW (8 MW pour chaque tranche), ce qui fait que la puissance nette fournie au réseau national est de 672 MW.

Chaque tranche se compose de plusieurs installations importantes qui influent directement sur le rendement de la tranche et de la centrale.

Ces installations sont :

- La chaudière.
- La turbine.
- Le condenseur.
- Bâche alimentaire.
- Dégazeur.
- Bâche tampon.
- Les pompes.
- Réfrigérants.
- Réchauffeurs.
- Alternateur.
- Transformateur

I.1 Description des différents organes de la centrale [1]

I.1.1 La chaudière (Générateur de vapeur) :



Figure I.1 : Chaudière de la centrale de Cap Djinet

I.1.1.a Rôle :

Le générateur de vapeur (chaudière) de type pressurisé à circulation naturelle (circulation naturelle de l'eau et de vapeur, l'eau qui arrive par gravité vers les tubes écrans, sera vaporisée sous l'effet de la combustion, et la vapeur produite sera acheminée vers la partie supérieure de ballon chaudière par différence de densité avec l'eau) ;
A pour rôle de transformer l'eau en vapeur à haute pression pour alimenter le GTA.

I.1.1.b Constitution :

- Chambre de combustion formée par les tubes écrans (faisceaux vaporisateurs).
- Ballon (réservoir) : le réservoir (ou ballon) a pour rôle d'assurer l'alimentation des écrans vaporisateur en eau. La vapeur est séparée de l'eau à l'aide des séparateurs cyclones.
- (01) Economiseur C'est une tuyauterie en forme de serpentin. A pour rôle de récupérer une partie des calories continues dans les gaz de combustion et de les céder à l'eau d'alimentation vers le Ballon.
- (03) Surchauffeurs La vapeur parcourt successivement le collecteur des tubes support, la première surchauffeur puis la surchauffeur secondaire avant d'arriver dans la surchauffeur finale. A pour rôle d'augmenter la température de la vapeur.

- (02) resurchauffeurs se sont des échangeurs de chaleurs qui servent a resurchauffer la vapeur sortante de corps haute pression (HP) de la turbine avant l'envoyer vers le corps moyenne pression (MP).
- (03) Désurchauffeurs par injection d'eau pour la régulation de la température de vapeur.
- (04) Colonnes de descentes, les colonnes de descente sont raccordées a la partie inférieure du ballon et conduisent l'eau tombant grâce a son propre poids a la partie inférieure de l'écran vaporisateur. Les écrans vaporisateurs tapissent le foyer de générateur de vapeur sur toutes ces faces.
- (08) Brûleurs de combustion mixte gaz/fuel, ces bruleurs sont disposés sur quatre étages de la face avant de la chaudière deux a deux rapproches et espaces alternativement pour assurer une répartition adéquate de la chaleur. Les bruleurs sont prévus pour un fonctionnement mixte
- (02) Ventilateurs de recyclage, ont pour rôle de recycler en fonction de la charge, une partie de fumées issue de la combustion afin de régler la température la sortie du resurchauffeur.
- (02) Ventilateurs de soufflage, ont pour rôle de fournir l'air nécessaire pour assurer la combustion de combustible.
- (01) Réchauffeur rotatif d'air de combustion, sert à réchauffer l'air de combustion par récupération de chaleur des fumées

1.1.1.c Caractéristiques :

- Débit vapeur minimal : $Q_{min}=130$ tr/h
- Débit vapeur maximal : $Q_{max}=530$ tr/h
- Débit vapeur nominal : $Q_{nom}=523$ tr/h
- Pression de vapeur surchauffée : 160bars
- Pression de vapeur resurchauffée : 36bars
- Température de vapeur surchauffée : 540°C
- Température de vapeur de resurchauffée : 540°C
- Température de l'eau d'alimentation : 246°C

1.1.1.d Principe de fonctionnement :

Le 1^{er} élément traversé par l'eau d'alimentation afin d'augmenter sa température c'est l'économiseur, ensuite le ballon à partir de la chambre de combustion, cette eau traverse les tubes écrans qui sont exposés aux rayons des flammes, on obtient un mélange eau-vapeur qui remonte au ballon de chaudière dans laquelle on aura la partie inférieur qui constituée d'eau et la partie supérieur qui constituée de la vapeur

I.1.2 LA Turbine

I.1.2.a Rôle :

La turbine est une machine qui convertit l'énergie thermique de vapeur en énergie mécanique, plus généralement, c'est un organe permettant la détente d'un fluide en recueillant son énergie sous forme mécanique. Pour générer de l'énergie mécanique dans des applications industrielles, la turbine doit être puissante et avoir un meilleur rendement, la turbine à vapeur est la plus appropriée pour rencontrer ces exigences.

I.1.2.b Fonctionnement de la turbine :

C'est l'élément le plus essentiel dans la centrale, elle 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.

Cette turbine est une machine à une ligne d'arbres, composée de corps HP (Haute Pression), MP (Moyenne Pression), et BP (Basse Pression) séparés. Elle comporte (06) soutirages

Qui alimentent (03) réchauffeurs (BP), et (02) réchauffeurs (HP) et la bêche alimentaire.

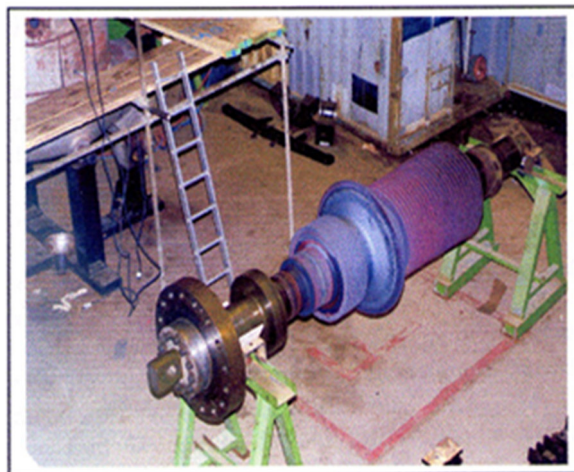
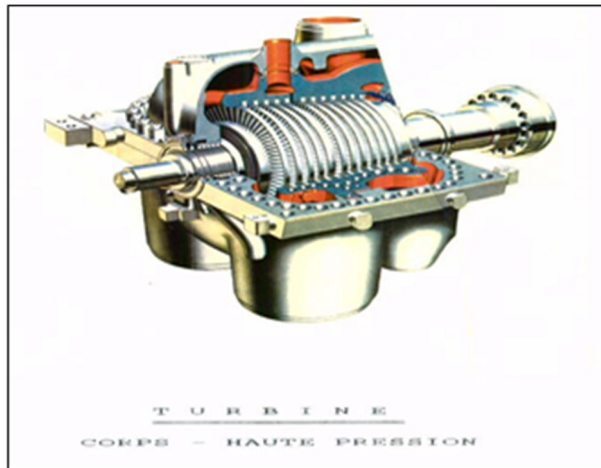
Les rotors de la turbine et de l'alternateur sont accouplés rigidement

TAB1.1 : caractéristiques de différents corps de la turbine

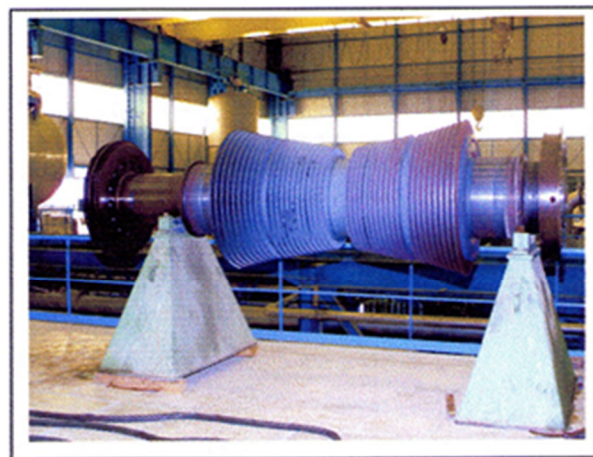
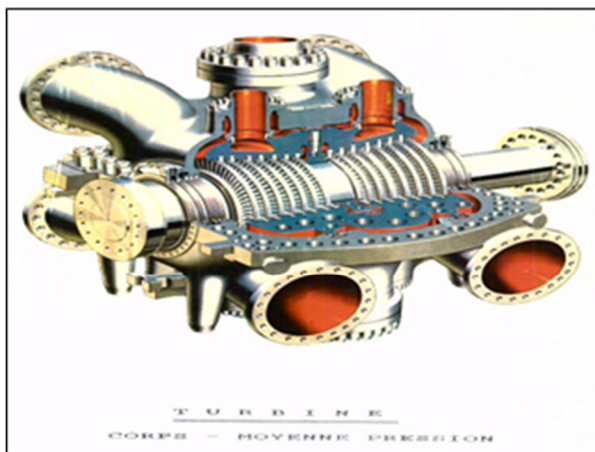
I.1.2.c Caractéristiques :

-longueur : 16.25 mm
 -largeur : 13m
 -poids : 500000 kg
 -puissance : 176MW
 -pression : 138,2 bar
 -température vapeur : 535°C
 -vitesse : 3000tr /min

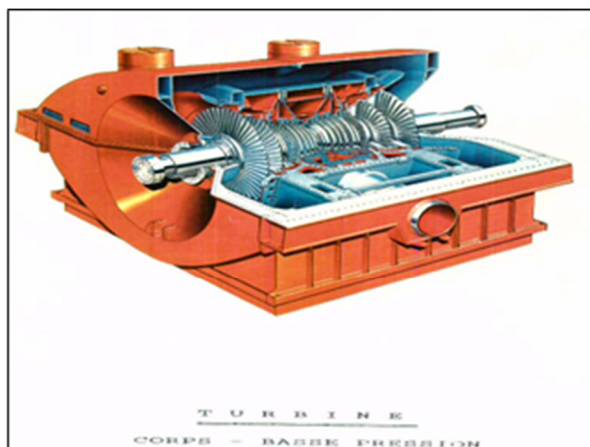
	Corps HP	CORPS MP	CORPS BP
Pression (bar)	Entrée:138 Sortie :40	Entrée :35,9 Sortie :5,52	Entre :5,5 sortie
Débit de vapeur	532 T/H	407,9 T/H	406 T/H
Température de vapeur	535 °C	535 °C	282 °C
Nombre d'étage a réaction	23 étage	40 étage	16 étage
Nombre d'étage a action	1 étage	aucun	Aucun
	Simple flux a double enveloppe	Double flux a double enveloppe	Simple flux a double enveloppe



Corps Haut Pression (HP)



Corps Moyenne Pression (MP)



Corps Basse Pression (BP)

Figure I.2 : Différent corps de la turbine

1.2.3 Le Condenseur

1.1.3.a Rôle :

Le condenseur utilisé dans l'installation est un échangeur à échange par surface. Il est placé sous la turbine à basse pression. La vapeur se condense au contact des parois des tubes, dans lesquelles passe l'eau de mer de refroidissement.

Les principales fonctions de condenseur sont :

- D'assurer la condensation de la vapeur d'eau évacuée du corps (BP) de la turbine et de réintroduire le condensât dans le circuit eau-vapeur (poste d'eau).
- D'augmenter la chute d'enthalpie de la vapeur détendue en établissant une dépression, afin d'obtenir un rendement de la turbine aussi élevé que possible.
- De dégazer le condensât et d'évacuer les incondensables (en majorité de l'air).
- Reçoit également le condensât des réchauffeurs (BP).
- Recevoir des différentes purges et de la vapeur de contournement (by-pass BP).

1.1.3.b Description :

Le condenseur utilisé à Cap d'Jinet est un condenseur à échange par surface où l'eau de refroidissement (eau de mer) et la vapeur sont séparés par les parois des tubes.

Un condenseur par surface comprend essentiellement :

- Une boîte à eau
- Une plaque tubulaire à chaque extrémité du corps du condenseur
- Un faisceau tubulaire en titane
- Une manchette raccordant le corps du condenseur à la bride de l'échappement de la turbine
- Un puits situé à la partie inférieure du corps du condenseur où est recueillie la vapeur condensée

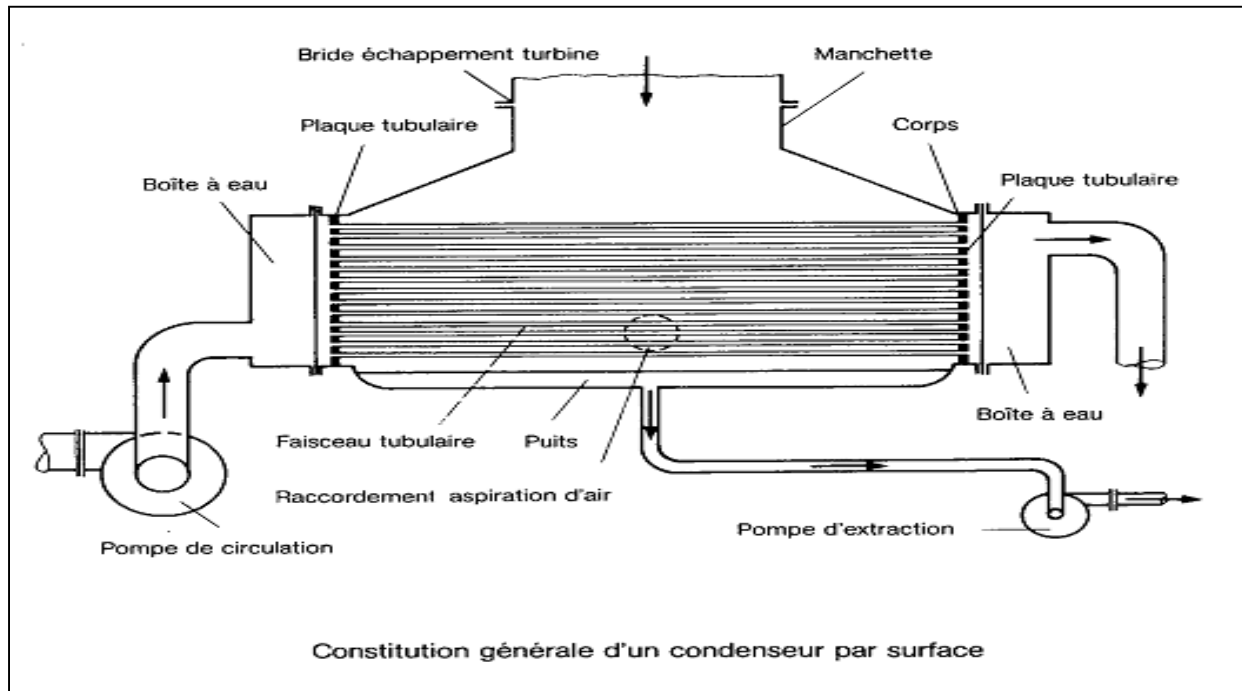


Figure I.3 : Condenseur

1.2.3.c Caractéristiques du condenseur :

- Pression dans le condenseur : 0,07 bar absolue.
- Capacité du puits entrée/sortie : eau de mer 6° à 8°C.
- Surface d'échange : 10101 m²
- Masse de condenseur à vide : 258,5 tonnes.
- Matériau de tube : titans.
- Vitesse de l'eau dans les tubes : 1,8 m/s.
- Débit vapeur : 98,25 kg/s.
- Débit d'eau de refroidissement : 6500 kg/s (eau de mer).
- Nombre de tubes : 14850.
- Longueur des tubes : 11490 mm.
- La température de sortie : 32,9°C.
- La pression de sortie : 0,05 bars.

I.1.4 Bâche alimentaire



Figure I.4 : Bâche alimentaire

I.1.4.a Rôle/Fonction :

La bâche alimentaire a un rôle de réchauffeur et conditionne la pression à l'aspiration de la pompe alimentaire.

C'est un réservoir cylindrique monter horizontalement combiner avec un dégazeur. Il reçoit de l'eau à partir des pompes d'extraction, eau qui traverse un certain nombre de réchauffeurs.

Il reçoit également de la vapeur à partir du soutirage (S4) qui vient du corps MP (moyen pression).

L'eau se réchauffe jusqu'à la température de saturation correspondant à la pression du soutirage, en condensant la vapeur qui est prélevée à la turbine.

I.2.4.b Caractéristiques de la bâche alimentaire :

- Le volume total : 163 m³
- Diamètre de l'enveloppe : 3,6 m.
- La longueur de la bâche : 16,5 m
- Température à la sortie de la bâche : 150-151°C.
- Pression : 4,9 - 5 bars.
- Le débit : 145,34 kg/s.
- Température d'entrée : 114°C.

1.2.5 Dégazeur

1.1.5.a Rôle

Le dégazeur a pour rôle d'éliminer les gaz agressifs telle que l'oxygène et le gaz carbonique dissous dans l'eau alimentaire afin de protéger les installations telles que la chaudière.

L'élimination des gaz agressifs se fait par l'évaporation des gaz dissous dans l'eau par l'augmentation de la température.

Le dégazeur et la bêche alimentaire sont protégés par des soupapes de sécurité installées sur la tuyauterie.

1.1.6 Bêche Tampon

1.1.6.a Rôle :

Elle assure l'appoint d'eau déminéralisée au condensateur pour alimenter la bêche alimentaire en fonction de son niveau

- La bêche tampon est maintenue à faible surpression
- Le réservoir a une capacité de 80 M est équipé d'un filtre de CO₂
- Une mesure de niveau commande l'arrivée d'eau déminéralisé venant du système d'eau déminéralisé

1.1.7 Les pompes :

Il existe dans la centrale de CAP-DJINET : (02) pompes d'extraction et (03) pompes d'alimentation et des pompes de circulation.

1.2.7.a Pompe d'extraction :

Les pompes d'eau d'extraction ont pour rôle d'acheminer le condensat principal à la sortie du condenseur jusqu'à la bêche alimentaire en passant par les réchauffeurs basse pression, les réfrigérants d'été, les réfrigérants d'hiver. Il y a deux pompes une travaille et l'autre est en réserve au cas où l'autre pompe sera endommagée

1.1.7.a° Caractéristiques des pompes d'extraction :

- Type de pompe : centrifuge à 3 étages.
- Température d'entrée : 32,9°C
- Pression de service (hauteur totale) : 16,8 bars.
- Pression (hauteur à débit nul) : 19,7 bars.
- Débit nominale : 414 m³/h.
- Température de sortie : 33°C.

1.1.7.b Pompe d'alimentation :**➤ Trois (03) pompes alimentaires**

L'eau d'alimentation est prise de la bache alimentaire par des pompes d'alimentation, et refoulée vers la chaudière en passant par des réchauffeurs HP.

On distingue deux types de pompes :

- **Pompes nourricières** : ce sont des pompes auxiliaires de type centrifuge à un étage, elles servent à augmenter la pression de l'eau d'alimentation de 4.9 bars à 11 bars avec un débit de 261.6 m³/h.
- **Pompes principales** : ce sont des pompes centrifuges radiales à 6 étages. Elles sont placées en aval des pompes nourricières, elles augmentent la pression de l'eau de 11 bars jusqu'à 177 bars.

Pour chaque groupe, on trouve trois pompes nourricières et trois pompes principales. Et Chaque groupe de pompes d'eau d'alimentation est commandé par un moteur commun d'une tension de 6.3 kV et une puissance de 300KW.

- **Deux (02) pompes de circulation** : leur débit est 12000 m³/h chacune, et leur rôle sert à refouler l'eau de mer jusqu'au condenseur. Après traversée du condenseur, l'eau de réfrigération est rejetée vers le canal de rejet qui aboutit à la mer.

1.1.7.b° Caractéristiques des pompes d'alimentation :

- Type : pompe centrifuge
- Température de l'eau : 151,4°C
- Débit nominale : 261,6 m³/h.
- Pression aspiration : 5,6 bars.
- Pression refoulement : 177 bars.

I-1-8 LES REFRIGERANT

On distingue deux type de réfrigérant :

- **Réfrigérant d'été :** Leur rôle est de refroidir l'eau d'extraction dans le cas de température élevée dans le circuit surtout en été d'où le nom de réfrigérant d'été

Description : les deux réfrigérant utilise l'eau de mer comme source froide c'est des échangeurs de chaleur par surface en tubes dans des plaques tubulaires en métal résistant à la corrosion, l'eau de mer pénètre dans la boîte à eau (caoutchoutée) passe par les tubes et quitte l'échangeur par la deuxième boîte à eau caoutchoutée le condensat principal entre radialement, passe par le faisceau, et quitte également par la sortie radiale.

A noter que le débit de mer est de 2*215 m³/h.

- **Réfrigérant d'hydrogène :** il sert à refroidir l'hydrogène qui est contenu dans l'alternateur

Description : il existe 4 réfrigérant qui sont logés horizontalement, ils sont dans l'enveloppe du stator. Ils sont des échangeurs de type surface qui refroidissent l'hydrogène par la méthode des courants croisés, l'échange de chaleur entre l'hydrogène et l'eau de refroidissement se fait par l'intermédiaire de tubes à ailettes parcourus par l'eau.

Caractéristique :

- Température gaz froid : 40°C
- Température gaz chaud : 60,2°C
- Débit de refroidissement : 210m³/h
- Température max/eau de refroidissement : 35°C
- Température sortie eau de refroidissement : 42,8 °C

I-1-9 LES RECHAUFFEURS

Réchauffeurs basses pression (BP) et haute pression (HP) :

➤ Réchauffeurs basses pression (BP) :

Le rôle de ces trois (03) réchauffeurs est de réchauffer le condensât lors de son transfert vers la bache alimentaire. Ils sont alimentés par les trois (03) sous tirages (S1), (S2) et (S3) qui viennent du corps (BP) de la turbine.

Les réchauffeurs utilisés sont des échangeurs de chaleurs à échange par surface. Ils sont positionnés horizontalement en tube (en forme U), et l'écoulement de condensât se fait en cascade, dans le coté tube circule le condensât principal et dans le coté enveloppe circule la vapeur, et la température dépasse les 100°C.



Figure I.5 : Vue de réchauffeur basse pression (BP).

➤ Réchauffeurs haute pression (HP) :

Ils sont de nombre de deux (02), leurs rôles sont de réchauffer l'eau d'alimentation lors de son transfert dans la chaudière. Ils sont alimentés par les deux soutirages (S5) et (S6) provenant respectivement du corps Moyen pression (MP) et Haut pression (HP) de la turbine. Les réchauffeurs utilisés sont des échangeurs de chaleurs à échange par surface. Ils sont positionnés verticalement avec tubes courbés en forme de serpent, dans le coté enveloppe circule la vapeur, et dans le coté tube circule l'eau d'alimentation (condensât) avec une pression de 160 bars et une température de 145 °C.

I-1-10 Alternateur (Siemens)

I.2.10.a Rôle :

C'est un générateur d'électricité lié directement avec l'arbre de la turbine, il sert à transformer l'énergie mécanique produite par l'arbre de la turbine en énergie électrique. C'est un alternateur à pôles lisses et le courant électrique créé est un courant alternatif triphasé.

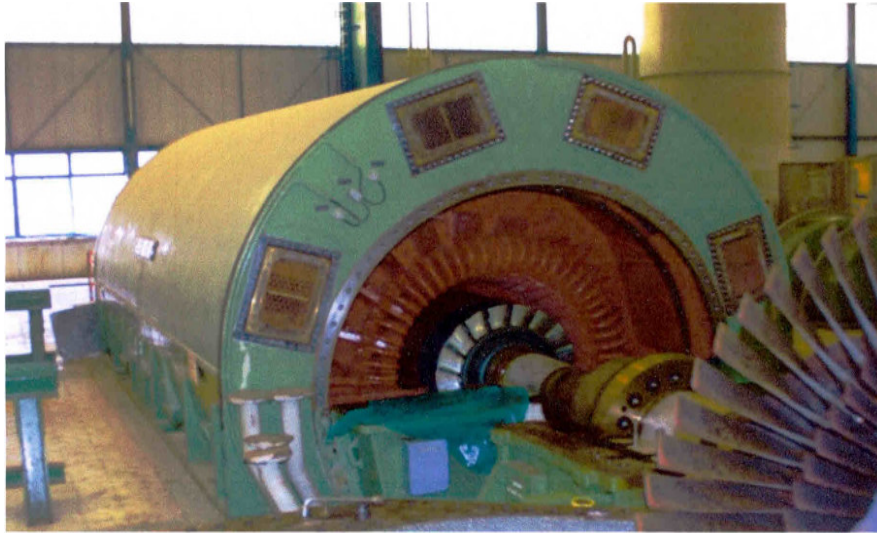


Figure I.6 : Alternateur.

Cette transformation dégage une grande quantité de chaleur, d'où la nécessité de refroidir l'alternateur. Le refroidissement se fait par un circuit fermé à hydrogène qui est lui-même refroidi à l'eau déminéralisée.

I.1.10.b Constitution :

L'alternateur comprend les éléments suivants :

- Enroulements stationnaires du stator
- Rotor
- Enroulement stationnaire de rotor

I.1.10.c Caractéristique

- Puissance active : 176 MW.
- Puissance nominale : 220 MVA.
- Tension nominale : 15,5 KV.
- La fréquence : 50 HZ.
- Facteur de puissance : $\cos \varphi : 0,8$
- Excitatrice principale et pilote (Excitation : à diodes tournantes).
- Poids de stator complet 198 tonnes.
- Poids de rotor seul 36,7 tonnes.

I-1-11 Salle de commande

Les quatre groupes de production d'électricité sont contrôlés et réglés, chacun à partir d'un pupitre dans deux salles de commande climatisées et insonorisées.



Figure I.7: Salle de commande

I-1-12 Transformateur

Vu que la tension au niveau de l'alternateur est faible, le courant électrique est très important, il est nécessaire de réduire les pertes par effet de joule en passant par des transformateurs de tension.

Des transformateurs ont pour fonction d'élever cette tension jusqu'à 225 ou 338 kV ; C'est l'organe qui adapte la tension alternateur à la tension réseau pour pouvoir évacuer l'énergie produite vers le réseau national à travers des lignes aériennes [3].

Chaque alternateur est raccordé par des gaines à un transformateur élévateur de 15.5 kV à 220 kV d'une puissance de 220 MW à travers un disjoncteur coupleur.

Le refroidissement est assurée par une circulation forcée d'huile, la quelle est elle-même refroidie par l'air.



Figure I.8 : Transformateur principal

I.2 Station de filtrage et de pompage d'eau de mer

Trois conduites de 03 mètres de diamètres sont installées à une profondeur de 06 mètres de la surface de la terre avec une longueur de 900 mètres dans la mer, ce qui permet à l'eau de passer automatiquement vers le bassin par la différence de potentiel (de niveau).

Avant qu'elle soit aspirée, l'eau passe par deux niveaux de filtrage :

- Par des grilles à grappins pour empêcher le passage des grands corps.
- Par des tambours filtrants pour empêcher le passage des petits corps.

Le pompage s'effectue dans des puits situés après la station de filtrage, par trois groupes de pompes déferents pour les besoins de la centrale.

I.2.1 Station de dessalement et de déminéralisation d'eau de mer

I.2.1.a Dessalement d'eau de mer :

La station de dessalement a pour rôle la production d'eau dessalée à partir de l'eau de mer.

Quatre unités de dessalement produisant 500 m³/jour chacune, assurent la production en eau dessalée, stockée dans deux bâches (2 x 2700 m³).

Type de l'installation : **Multi-flash** qui sert à vaporiser l'eau de mer pour lui enlever le sel puis la condensée pour obtenir de l'eau dessalée.

Trois produits chimiques sont injectés pour le traitement de l'eau qui est les suivants :

- **Le belgard EVN** : Inhibiteur d'incrustation utilisé pour éviter l'entartrage.
- **La belite (M33)** : Produit anti-mousse utilisé pour éviter la formation de la mousse au niveau des évaporateurs.
- **Le bissulfite de sodium (NA2SO3)** : Produit permettant l'élimination du chlore dans l'eau pour diminuer la conductivité.

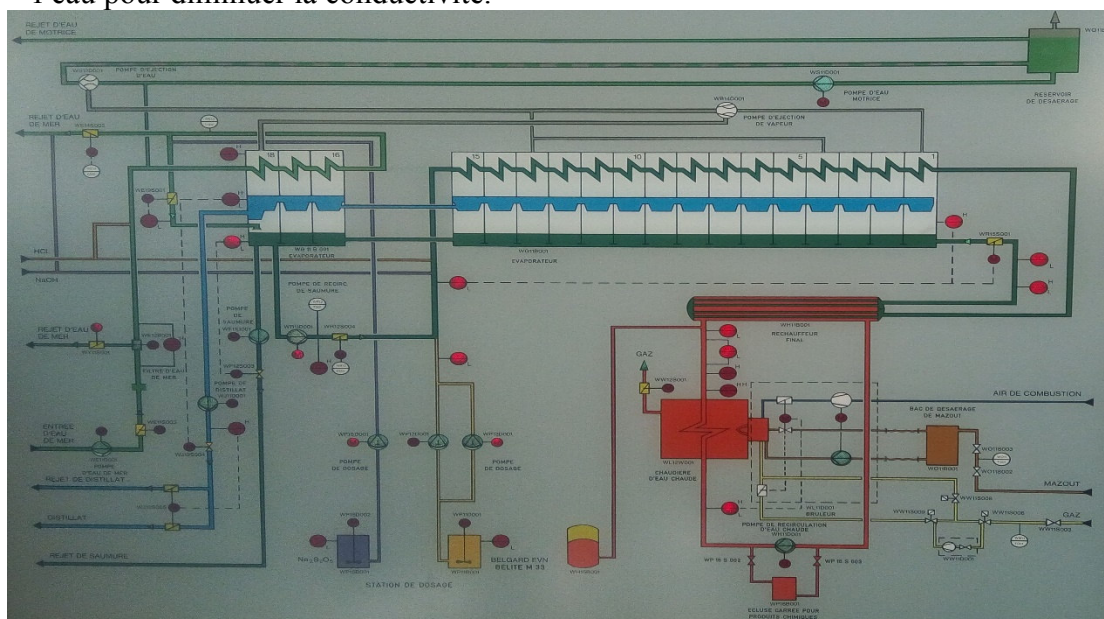


Figure I.9 :Schéma du circuit de dessalement

I.2.1.b Déminéralisation

Deux chaînes de déminéralisation de 40m³/h chacune parachèvent le traitement d'eau avant son utilisation dans le cycle.

Le stockage d'eau déminéralisée se fait dans deux (02) réservoirs de 1500 m³ Chacun. Pour être traité, des pompes de l'eau brute aspire l'eau dessalée de ces réservoirs et la refoule vers filtres à lits mélangé qui est constitué d'un mélange des échangeurs cationique fortement acides et les échangeurs anioniques fortement basiques.

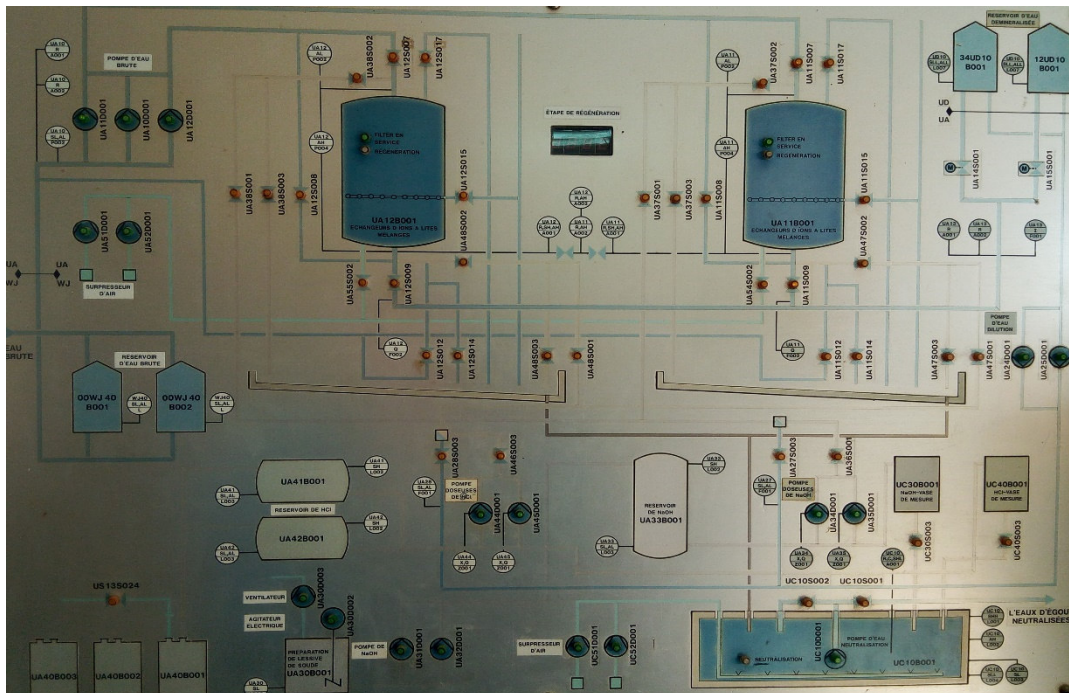


Figure I.10 :Schéma du circuit de Déminéralisation

I.2.1.c Electro chloration :

La chloration de l'eau de mer permet de préserver l'équipement traversé par l'eau de mer contre tout encrassement pouvant être causé par les micro-organismes marins.

Elle se fait par de l'hypochlorite de sodium, la production est assurée par une station d'électro chloration (par électrolyse de l'eau de mer d'une capacité de 150 kg/h de chlore actif).

- Pompes d'alimentation en eau de mer de refroidissement.
- Pompes d'alimentation en eau de mer pour les unités de dessalement.
- Pompes d'alimentation en eau de mer pour la station d'électro chloration.



Figure I.11 : Station de pompage

I.3.1 Station de production d'hydrogène :

Son rôle est de produire l'hydrogène nécessaire pour le refroidissement des quatre (04) alternateurs de la centrale.

I.3.2 Poste gaz :

Il est composé de deux (02) lignes de filtration gaz, ainsi que trois (03) lignes de régulation pour la détente gaz, de 60 à 6 bars. [3].

I.3.3 Poste fuel :

Ce sont deux (02) réservoirs d'une capacité de 10000 m³ chacun. Utilisée en cas d'absence de gaz ou en cas d'incidents sur la conduite d'alimentation de gaz.

I.4 différents Circuits de la centrale et Principe de fonctionnement

La centrale de Cap Djinet fonctionne d'après les circuits suivants :

I.4.1 Circuit de combustion :

Le combustible principal utilisé dans les chaudières est : Le gaz naturel de HASSI R'MEL acheminé par un gazoduc à un débit de 160,000 m³/h est nécessaire pour assurer une pleine charge des quatre groupes. En cas d'indisponibilité, le secours est assuré par du fuel-oil domestique. Il vient de la raffinerie par camions, il est déposé et stocké dans deux réservoirs de 10 000 m³ chacun. L'alimentation des chaudières en fuel se déroule comme celle du gaz. [10]

I.4.2 Circuit d'air de combustion (Circuit air-fumée) :

L'air est prélevé de l'atmosphère et mis en vitesse par des ventilateurs, il est d'abord réchauffé vers 315°C par la vapeur auxiliaire dans le réchauffeur d'air rotatif, cet air réchauffé va aux brûleurs en tournant l'appoint d'oxygène nécessaire à la combustion, ce circuit résulte à partir de la sortie des brûleurs, il est tracé de telle sorte d'une part les gaz brûlés trouvent continuellement des parois à chauffer afin de provoquer des échanges de chaleur et d'autre part

Le fluide qui se trouve derrière la paroi que les fumées de refroidissement.[10]

1.4.3 Circuit d'eau et de vapeur :

C'est le circuit principal et tous les autres gravitent autour de lui, et son service.

1.4.3.a Première transformation :

L'eau arrivant du condenseur et celle d'appoint ou après condensation se déverse dans la bache alimentaire, elle est comprimée successivement par les pompes; basse pression et haute pression et réchauffée par les réchauffeurs Basse et Haute Pression RBP et RHP au moyen de la vapeur de soutirage, elle passe enfin à l'économiseur où les gaz de combustion élèvent encore sa température avant son introduction dans la chaudière, au début de la transformation, l'eau était à 33°C et une pression absolue et de 0,05 bar à la fin elle sera de 282 °c et 160 bar environ.

1.4.3.b Deuxième transformation :

Elle s'effectue dans la chaudière, l'eau chaude comprimée arrive au réservoir supérieur, elle parcourt les parois tubulaires qui tapissent la chambre de combustion à travers ces tubes, les gaz de combustion qui ont une température de 1300°C fournissent à l'eau d'abord un complément de chaleur de vaporisation. À la partie supérieure de réservoir, on recueille de la vapeur saturée humide, celle-ci est divisée par trois faisceaux tubulaires en série. [10]

La vapeur se sèche dans le premier ; La surchauffe s'effectue dans les faisceaux suivants. Pendant cette transformation, la pression ne change pas, tandis que la température atteint son maximum à savoir 540°C.

1.4.3.c Troisième transformation :

La vapeur surchauffée arrive à la partie Haute Pression **HP** où elle se détend jusqu'à 40 bar et où elle se refroidit jusqu'à 357°C, elle fournit donc un travail moteur puis elle retourne dans le foyer où elle circule dans les faisceaux de resurchauffe.

La pression ne varie pas mais la température atteint pour la deuxième fois son maximum soit 540°C, la vapeur revient à la turbine pour se détendre et se refroidir dans le corps Moyenne Pression **MP** ensuite Basse Pression **BP** en fournissant à nouveau un travail moteur.

1.4.3.d Quatrième transformation :

Elle s'effectue dans le condenseur, la condensation de la vapeur sous vide à 0.03 bar à une température de 33°C environ. L'eau recueillie est froide, elle recommence le cycle.

1.4.4 Circuit d'eau de refroidissement :

Pour condenser la vapeur il faut la refroidir et abaisser sa pression, ces deux opérations s'effectuent dans le condenseur, le refroidissement est assuré par de l'eau froide circulant dans un circuit indépendant du circuit eau – vapeur.

CHAPITRE II

Présentation des différents organes de réglage

II. INTRODUCTION

On se propose dans ce chapitre de présenter le système de régulation de niveau d'eau dans une bache alimentaire. Ceci permettra de mettre en évidence les différents composants d'une boucle de régulation et de comprendre le principe de fonctionnement de l'objet à réguler pour atteindre les différents paramètres influent sur le système.

II.1 Description détaillée de la bache alimentaire

Définition :

La bache alimentaire est placée à une hauteur de 15m à l'intérieur de la central.

Elle représente un réservoir de stockage d'eau alimentaire, qui a pour but de garantir la quantité nécessaire pour satisfaire le besoin de la chaudière en eau alimentaire.

Elle joue aussi 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.

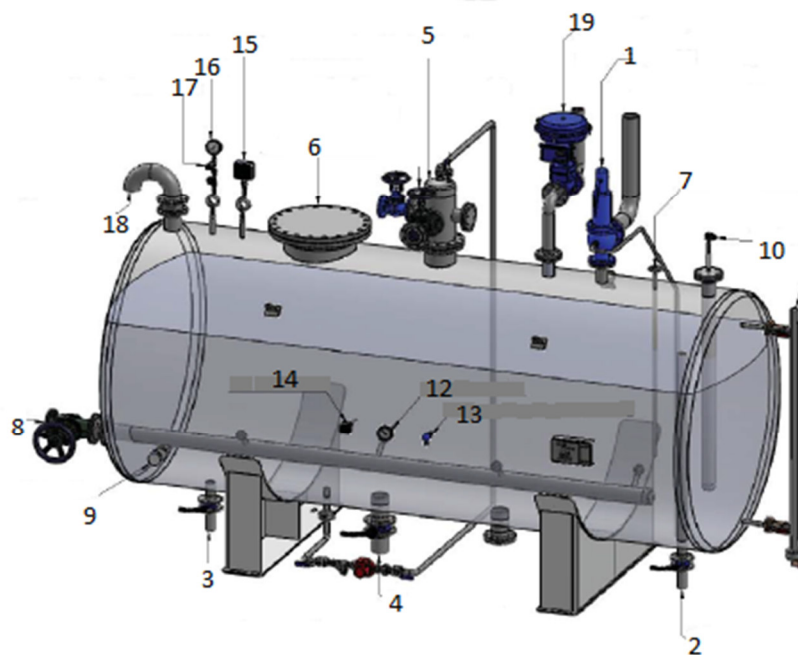


Figure II.1 : Bache alimentaire

La bache alimentaire est de la forme cylindrique posée horizontalement, et qui se constitue de plusieurs équipements important pour son fonctionnement quand va définir :

- 1. soupape :** organe de sécurité il permet d'éviter les surpressions, sont dimensionnement est fonction de débit de la ligne de réchauffage et de l'excès d'énergie des condensats
- 2. trop plein :** il permet le débordement de l'eau de la bache a l'égout en cas de défaillance de la régulation de niveau.
- 3. vidange :** il permet de vider l'eau de la bache alimentaire à l'égout afin de permettre les opérations de maintenance

4. départ pompe : il permet le gavage des pompes alimentaire de la chaudière.

5. Tête de désaéragé : il permet de réduire partiellement la teneur en oxygéné de l'eau de chaudière. il est constitué d'une colonne deux distributeurs de liquide d'une injection vapeur, d'un piquage de retour condensat et d'une purge continue des incondensables

6. trou d'homme : il permet l'accès à l'enveloppe afin d'effectuer des opérations de maintenance ou d'inspection

7. dosage chimique : ou s'effectue le dosage des solutions chimique.

8. injection de vapeur : une ligne vapeur complétée de buses permet le réchauffage d'eau par injection.

9. prise d'échantillon : elle permet de prélever pour analyse un échantillon de l'eau de la bache.

10. regulation de niveau :

- Sonde de niveau : permet de mesurer le niveau d'eau réel dans la bache.

11. Indicateur niveau : permet de visualiser ou de mesurer le niveau d'eau de la bache.

12. thermometre : permet la visualisation de la température de la bache.

13. capteur de température : permet de mesurer la température dans la bache dans le cas d'une régulation proportionnelle (dans notre cas).

14. thermostat : permet de mesurer la température de La bache dans le cas d'une régulation tout ou rien.

15. perssostat : organe de sécurité qui permet de mesurer la pression dans la bache.

16. manometre : permet de visualiser la pression dans la bache.

17. capteur de pression : permet de mesurer la pression de la bache.

18. casse vide : permet d'éviter la création de vide résultant d'une condensation rapide de la vapeur dans l'enveloppe.

19. déverse : elle assure l'évacuation a l'atmosphère de la totalité du débit vapeur provenant de la rampe d'injection.

ORGANE DE CONTROL BACHE ALIMENTAIRE :

- RH40P001 : transmetteur de pression bache alimentaire.
- RH41P001 : transmetteur de pression pour alarme et protection.
- RH41T001 : transmetteur de température bache alimentaire.
- RH40L004 : transmetteur de niveau bache alimentaire pour protection pompe alimentaire.
- RH40L005 : transmetteur de niveau bache alimentaire pour alarme (niveau bas).
- RH40L006 : transmetteur de niveau bache alimentaire pour alarme (niveau haut).
- RH40L007 : transmetteur de niveau bache alimentaire (fermeture trop plein).
- RH40L008 : transmetteur de niveau bache alimentaire (ouverture trop plein).
- RH40L009 : transmetteur de niveau bache alimentaire déclenchement pompes d'extraction.

II.2 ETUDE DE LA CHAINE DE REGULATION NIVEAU DE LA BACHE ALIMENTAIRE

II.2.1 OBJECTIF DE LA CHAINE DE REGULATION AUTOMATIQUE

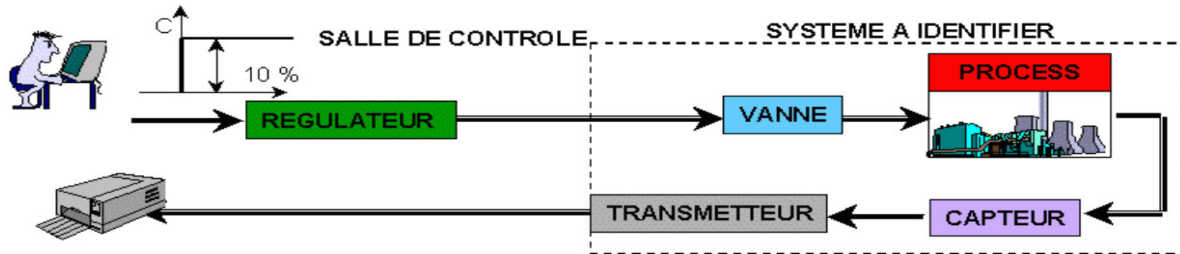


Figure II.2 : Schéma fonctionnel d'une chaîne de régulation

La régulation automatique offre les méthodes nécessaires à la prise de contrôle d'une ou plusieurs grandeurs physiques d'un système, ou signaux (température, pression, niveau, vitesse...), doivent être mesurés afin de vérifier leurs états puis de déterminer à l'aide d'un traitement approprié, l'action à entreprendre sur le système ou processus pour qu'il se comporte comme souhaité

Le comportement des grandeurs contrôlés peut/doit en général satisfaire plusieurs critères :

- On souhaite que certaine grandeur physique (niveau, température) ait une valeur moyenne donnée en régime permanent, malgré l'influence l'environnement (perturbation)

- Cette grandeur doit passer d'une valeur à une autre en un temps donné, voir avec un profil de variation imposé.

En s'appuyant fondamentalement sur la technique de la contre réaction (FEDBACK), les méthodes de l'automatique permettent de traiter des situations où interviennent des systèmes.

Les applications de la régulation automatique doivent correspondre à une valeur prescrite (consigne).

II.2.2 PRINCIPALE CHAINE DE REGULATION D'UNE TRANCHE DE PRODUCTION

Le central thermique de Cap Djinet présente plusieurs chaînes de régulation, tel que le niveau, la pression, la température, la vitesse...etc. Elles sont réparties dans trois sections principales d'une tranche de production :

II.2.2.a Chaîne de régulation d'un générateur de vapeur :

Le circuit de régulation du générateur de vapeur est constitué par trois chaînes de régulations : régulation de la pression, régulation de niveau du ballon chaudière, régulation de la température de surchauffeur. Ce circuit de régulation est indépendant de l'autre circuit, il n'est soumis que des propriétés physico-chimiques de la chaudière.

II.2.2.b Chaîne de régulation du groupe turbo-alternateur :

Cette chaîne de régulation a pour but de contrôler la vitesse de l'arbre de la turbine, de façon à gérer parallèlement la puissance à la sortie de l'alternateur.

II.2.2.c Chaîne de régulation d'acheminement du condensat principale

RM :

Cette chaîne de régulation consiste à régler le niveau de la bache alimentaire de manière à le maintenir constant entre deux valeurs limites d'une part, d'autre part gérer le niveau du condenseur et assurer le débit minimal des pompes d'extraction.

II.2.3 ETUDE DU SYSTEME DE REGULATION DE LA BACHE ALIMENTAIRE [1]

II.2.3.a Acheminement du condensat principal RM

Cette acheminement commence à la sortie de condenseur et se poursuit jusqu'au dégazeur de la bache alimentaire. Il passant par les pompes d'extraction et les réfrigérants d'été, les réfrigérants d'alternateur, et les réfrigérants des buées, les éjecteurs de vapeur de service BP. Cet acheminement est bien représenté dans le schéma de la figure (2-1).

Le condensat est refoulé du condenseur par deux pompes d'extractions, chacune prévenue de 100%, c'est-à-dire une en marche et l'autre en réserve. Le flux de condensat alimente le réfrigérant d'alternateur avec une partie de l'écoulement (à peu près 50%), qui peut être amené directement à travers la conduite RM32 ou à travers les réfrigérants d'été.

L'autre partie de l'écoulement s'achemine par la conduite RM30 vers le condenseur des buées, puis passe par deux condenseur placés en parallèle (SL13B001, SL14B001) à partir de deux conduites RM37 et RM38. Le collecteur RM40 amène le flux du condensat vers le réfrigérant RH10W001. De la sortie de celui-ci condensat traverse les réchauffeurs à base pression RH10, RH20 et RH30 par les conduites RM51/52/53. Le condensat réchauffé arrive à la bache alimentaire RH40B001 avec une température de 114C°, ici se passe le dégazage complet (STORK).

Le remplissage du condenseur se fait par le flux du condensat amené de la bache tampon RM60B001 à travers la conduite RM62.

Dans le cas où le niveau de la bache alimentaire est élevé le condensat va être évacué vers la bache tampon par l'intermédiaire de la soupape RM61S001.

II.2.3.b Régulation de niveau supérieur de la bêche alimentaire :

La partie supérieure de la bêche alimentaire est constamment remplie par l'oxygène la pression de celui-ci augmente au fur et à mesure de l'augmentation du niveau d'eau dans la bêche alimentaire, ce qui provoque un risque d'explosion de cette dernière. Dans ce cas le niveau d'eau dans la bêche alimentaire est limité à une valeur de référence $W1$ qui est assuré par une chaîne de régulation de niveau supérieure, notamment, si le niveau de la bêche alimentaire tend vers la valeur limite $W1 = (2888 \text{ mm})$ la vanne motorisé RM61S001 reçoit un signal d'ouverture, afin d'évacuer le flux du condensat prévenant du condenseur vers la bêche tampon

La position de la vanne de réglage est interconnectée sur cette déviation d'une manière à obtenir une répétition proportionnelle étant donné que des sections de réglage intégrale nécessitent une interconnexion pour des raisons de stabilité. La zone de position de la vanne de 0 à 100%. La déviation est indiquée au pupitre (LA06/CA101) est converti par le régulateur en impulsion de commande (ouverture ou fermeture), dans l'armoire de puissance pour l'entraînement du moteur de la vanne RM61S001. La dynamique de la section de réglage est régulée à l'aide du régulateur de paramètres (A(sensibilité), T_n , K_p) que nous allons calculer par la suite.

II.2.3.b Régulation de niveau inférieur de la bêche alimentaire :

Le générateur de vapeur est alimenté par trois pompes alimentaires qui refoulent un débit d'eau de 30t/h. Du fait que la décroissance du niveau dans la bêche, la force de refoulement des pompes peut causer un risque d'implosion de la bêche alimentaire, ce qui fait appel à une régulation de niveau inférieur. Dans cette chaîne de régulation le niveau d'eau est comparée à une valeur de référence $W2 = (2553 \text{ mm})$, qui a tendance à limité la décroissance de niveau. Dans le cas où le niveau de bêche alimentaire est diminué le régulateur délivré un signal d'ouverture de la vanne motorisé RM62S001 afin d'assuré l'appoint du condenseur SD11L012.

La position de la vanne de réglage est interconnectée sur cette déviation d'une manière à obtenir une répétition proportionnelle étant donné que des sections de réglage intégrale nécessitent une interconnexion pour des raisons de stabilité. La zone de position de la vanne est de 0 à 100%. La déviation est indiquée au pupitre (LA06/CB17) est converti par le régulateur en impulsion de commande (ouverture ou fermeture), dans l'armoire de puissance pour l'entraînement du moteur de la vanne RM62S001. La dynamique de la section de réglage est régulée à l'aide du régulateur des paramètres (A(sansibilité), T_n , K_p).

II.2.3.c Régulation du niveau d'eau dans le condenseur :

Le capteur SD11L012 dont l'étendu de mesure est de (0 à 300mm), indique la valeur du niveau dans le condenseur qui sera convertie en tension. Cette dernière est comparée avec la valeur de référence $K1$ réglée au préalable.

Et la position de la soupape de réglage RM40S001. la zone de potion de la soupape (compris entre 0et 100%) est réglée par le potentiomètre $K2$. la déviation résultante de la comparaison est indiquée sur le pupitre 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 impulsion de réglage pour moteur d'entraînement de la soupape RM40S001.

-Le déplacement de la soupape provoque une modification du niveau en direction de la consigne.

II.2.3.d Régulation du débit des pompes d'extraction

Cette régulation a pour but de garder le débit du condensat après son refoulement des pompes d'extraction a une valeur minimale afin d'éviter la course à sec des pompes.

- Le capteur de débit dont la plage de mesure est de 0 à 620T/H indique la valeur du débit qui sera convertie et comparés à la consigne qui est de $K1=100T/H$ (1.6V). La déviation est indiquée sur le pupitre de commande, puis le régulateur va convertir se signale en impulsion de commande d'ouverture /fermeture

- Ces impulsion sont transmis à la partie commande du régulateur ou elles sont enchainées et traitées puis convertie par un régulateur de puissance en impulsion de réglage pour moteur d'entraînement de la soupape RM41S001, qui résulte à un déplacement de la soupape provoquent une modification de débit pour atteindre la consigne K1.

II.3 DESCRIPTION DES ELEMENT CONSTITUANT LA CHAINE DE REGELATION ETUDIEE

On propose dans ce chapitre d'étudier le système de régulation de niveau de la bache alimentaire en tenant compte de la valeur limite supérieure. Ceci permettra de mettre en évidence les différents composants de la chaine de régulation présenté si dessous

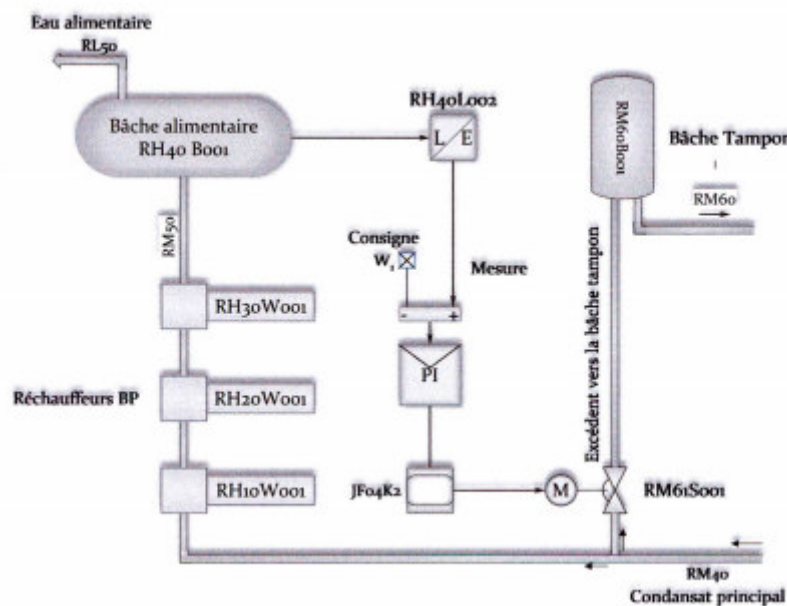


Figure II.3 : CHAINE DE REGULATION DE NIVEAU RH40B001

Les éléments qui constituent cette chaîne de régulation sont :
transmetteur (TL), comparateur, régulateur (FC075), la vanne régulatrice (RM61SOO1)
et l'objet principal (RH40B001)

MODIFICATION DE LA TECHNOLOGIE DU TRANSMETTEUR DE NIVEAU

La technologie des transmetteurs utilise à son égard est une ancienne technologie qui est des transmetteurs de type TOR avec un emplacement fixé par le constructeur donc impossible à programmer est moins fiable et moins précis donc on a proposé dans notre projet une nouvelle gamme de transmetteur radar ([proposer ci-dessous](#)) de type ANALOGIQUE qui donne tous les valeurs de niveau et programmable, il est fiable et de meilleure performance, la marge de niveau (MIN/MAX) peuvent être programmée dans le logiciel TIA PORTAL

II.3.1 Transmetteur de niveau radar à ondes guidées

ROSMOUNT 3300 [10]

Des impulsions hyperfréquences de quelques nano-secondes et de faible puissance sont guidées le long d'une sonde qui est immergée dans le procédé. Lorsqu'une hyperfréquence rencontre un milieu de constante diélectrique différente, une partie de l'énergie est réfléchie vers le transmetteur. Pour mesurer le niveau d'interface, le transmetteur utilise l'onde résiduelle de la première réflexion. La fraction de l'onde qui n'est pas réfléchie par la surface du produit supérieur continue jusqu'à ce qu'elle soit réfléchie par la surface du produit inférieur. La vitesse de cette onde dépend entièrement de la constante diélectrique du produit supérieur. Le temps passé entre l'impulsion émise et l'impulsion reçue est alors converti en distance. Le niveau et l'interface sont alors obtenus par calcul. La puissance de la réflexion dépend de la constante diélectrique du produit. Plus la constante diélectrique est élevée, plus la réflexion sera puissante.

AVANTAGES DE LA TECHNOLOGIE RADAR À ONDES GUIDÉES

- Aucune pièce mobile et aucun réétalonnage, pour une maintenance réduite
- Mesure de niveau directe, donc aucune compensation nécessaire pour les variations des conditions de procédé (p. ex. la masse volumique, la conductivité, la température et la pression)
- Bonne gestion de la vapeur et des turbulences
- Adaptation aux petits réservoirs, aux réservoirs de formes particulières et à la présence d'obstacle
- Mise à niveau facile
- L'installation par le haut minimise les risques de fuites



**Figure II.4 : Représentation du transmetteur avec la bêche alimentaire
Haute fiabilité éprouvée augmentant la disponibilité**

- Premier transmetteur de niveau et d'interface à 2 fils fiable et éprouvé sur le Terrain
- Plus de 50 000 systèmes installés
- Temps moyen entre les pannes constatées sur le terrain : 170 ans
- Traitement du signal avancé pour une mesure fiable
- Mesure de niveau précise insensible aux variations des conditions de procédé

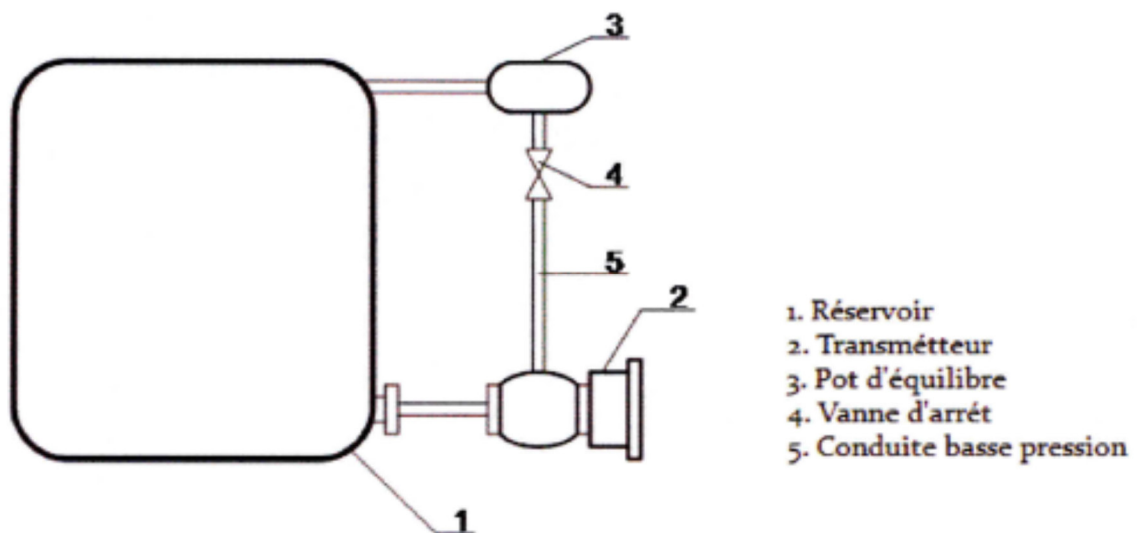


Figure II.5 : Montage de mesure d'un réservoir fermé

Les paramètres du transmetteur de mesure 7MF1105 peuvent être modifiés :

- Modification de la plage de mesure.
- Modification de temps de réponse.
- Modification de la gamme de signal de sortie.
- Modification de la caractéristique.
- Modification de débit de mesure.

Pour agir sur les modifications il faudrait que le niveau du liquide de réservoir soit réglable avec une précision suffisante au début et à la fin de mesure ainsi que la densité du fluide mesuré et l'éventuellement du liquide de remplissage de la conduite basse pression soit à la densité de fonctionnement normale.

II.4.2 Module comparaison universel

Fonctionnement :

a. Amplificateur sommateur 1 et 2

Il comprend dans chacun de ses deux entrées une amplification de $v=0.5$ (entrées d22, z22 ou d12, d14) et $v=-1$ (entrées b20, z20 ou b14, d16). Ces entrées peuvent être librement câblées à l'extérieur suivant les conditions. La différence de régulation négative $-X_d$ est à disposition à la sortie d28 ou b26 comme signal de sortie pour chaque amplificateur sommateur. La différence négative peut être contrôlée chaque prise de test ($-X_d$ ou 5)

b. Convertisseur courant /tension

Entrée d18(+) et d20(-) ou b18(+)

Le courant d'entrée 0 à 20 mA ou 4 à 20 mA (adaptable dans le pont de codage) est converti en tension et amplifié (amplificateur différentiel) dans la tension du système -10 à 0 V (sortie z26 ou d26), prise de test 3 ou 6 à chaque résistance de mesure (49.99 dans l'appareil).

L'ajustement 4 mA à 0 V se fait dans un circuit de compensation

c. Élément d'alimentation électrique (G1)

Il forme à partir des tensions d'alimentation L+ et L- les tensions stabilisées de +15V et -15V

d. Stabilisateur (G2)

Ce stabilisateur placé en aval forme à partir de la tension +15V une tension de référence de +10V (Uk sortie b28). Par l'intermédiaire d'un régulateur k11 (plaque avant), la tension Ukv peut être ajustée constamment de 0 à 10V (sortie Z28) prise de test 4.

e. Transducteur d'impédance avec l'amplification $V=1$

Régulateur K2 (plaque avant) librement câblé (R79 : 10K1).

Les entrées de tension non-câblées sont à relier au potentiel du conducteur de référence MZ (entrées b30, d30, b32, d32,).

Le fil neutre m (b2) n'est pas nécessaire à l'intérieur bien qu'il faille l'appliquer à l'extérieur pour le raccordement éventuel de M à l'entrée du courant du convertisseur I/U

II.4.3 Régulateur électronique analogique (ancienne technologie a CAP DJINET) [2]

II.4.3.a Généralités

Le régulateur de technologie électronique analogique, est dit industriel lorsqu'il peut également comporter :

- Des systèmes de traitement de la mesure comme une caractéristique spécifique.
- Des sélecteurs de consigne interne-externe de commande automatique-manuel d'action directe ou inverse.
- Des réglages d'alarme basse et d'alarme haut de la mesure ou d'écart de la mesure, consigne et éventuellement d'un talon ajouté au signal de sortie.
- Des limiteurs de la consigne de la sortie.

Cette liste est loin d'être exhaustive.

La loi qui permet l'élaboration du signal de commande dépend de la structure interne du correcteur. L'algorithme ou la loi de commande est l'association des trois actions élémentaires P, I, D (Proportionnel, Intégral, Dérivé).

Le régulateur PI SM74001-A8151 de la chaîne d'étudiée est caractérisé par un organe correcteur intégré et un module de comparaison externe. L'organe de correction lui-même présente une partie de réglage et une de commande voire la figure (2.7).

II.4.3.b Fonctionnement du régulateur PI M74001-A8151 :

a. Partie réglage

La différence de réglage est négative (-Xd), le signal de sortie du module de comparaison automate est fournie à l'entrée d'un amplificateur-sommeur non inversable. Ce signal est alors amplifié au seuil différentiel. Ainsi que la sensibilité 'A' peut-être réglée avec un potentiomètre placé sur la plaque avant du régulateur (5V à 100V), le commutateur monté en aval fournie des imputions d'ouverture ou fermeture au circuit logique de commande. En modifions l'hystérésis de la commutation, le rythme des impulsions peut être influence (pont de codage cbr3, cbr4).

Les impulsions sont fournies lors de fonctionnement en régulation, à la répétition du réglage. Cette répétition est un organe de retardement pour un temps bref et un temps long (pont de codage cbr1). Suivant le sens de tension (régulateur Kp réglage d'échelon d'action proportionnel).

La tension prise sur le diviseur de tension est connectée sur un organe PT1 (rapport 1 :5 pont de codage cbr2). De cette façon le facteur de l'échelon d'action proportionnel X1 et X5 est fixé, l'organe PT1 possède une constante de temps Tn modifiable (régleur sur la plaque avant pour le réglage de la partie intégrale de la répétition).

b. Partie commande

- Commutation de mode de service :

L'impulsion au raccordement d26 à pour position du mode manuel et au raccordement b30 à pour position du mode automatique (réglage). La signalisation du mode de service se fait par l'intermédiaire des deux signaux de sortie de capacité de charge différentielle :

- Mode manuel aux champs conducteurs à la sortie z8 ;
 - Mode de réglage aux champs conducteurs à la sortie b12 ;
 - Mode manuel aux champs de commande à la partie z10 ;
 - Mode de réglage aux champs de commande à la sortie d8 ;
- Instruction de réglage :

Les instructions de réglage d'ouverture ou de fermeture sont interconnectées sur les sorties correspondantes (d10, d14), après une libération du mode de service ainsi le type d'action (ouverture ou fermeture) prévenant de la partie de réglage (cbr5).

En mode manuel les impulsions de réglage d'ouverture ou de fermeture sont assurées par deux boutons sur la plaque avant du régulateur.

- Signalisation des perturbations :

Les entrée d26, d30, b30 sont branchées pour supprimer les impulsions de perturbation à l'aide d'un passe-bas (constante de temps 5ms) si un signal de perturbation (raccordement Z28) ou une perturbation inverse sont identifiées (raccordement B18) le mode de service commuter après 5 ms sur mode manuel signaler à la sortie b8, b10, z12.

- Blocage du régulateur :

Le pont de X11 vers X12 (état de livraison), bloque le régulateur en cas de perturbions le pont de X17 vers X18 (état de livraison) bloque en cas de commande manuel.

c. caractéristique technique :

Tension d'alimentation L+ (20 à 30v), L- (-20 à -30v)

Signal d'entrée -Uxd -10 a +10v

Signal de sortie +/-24v

II.4.4 Vanne régulatrice RM61S001/RM62S002/RM40S001 [1]

II.4.4.a Généralités :

Les vannes assurant une fonction de régulation sont appelées vannes régulatrices, elles sont désignées à l'aide du code CV. il est fréquent que l'élément final d'une boucle de régulation soit une vanne de réglage qui peut être ouverte ou fermée ou avoir une position intermédiaire entre deux extrémité (selon la consigne). il s'agit d'un dispositif qui compare le signal de commande avec la position réellement occupé par l'obturateur.

II.4.5 Vanne motorisé RM61S001/RM62S002/RM40S001 [1]

La vanne est actionnée par un moteur triphasé de 380V transforme le mouvement relatif en mouvement translatif a la tige de la vanne. Cet organe est composé par un servomoteur électrique accouplé avec le corps de la vanne, on décrit donc :

1-Servomoteur électrique :

Les actionneurs motorise développent un couple élevé mais ils actionnent les vanne lentement, ils sont donc utilisés pour assurer le réglage par TOR (tout ou rien) du débit ou dans des circuit ou le réglage du d'débit varie rarement regarder la fig() qui présent le schéma d'un servomoteur électrique dont les principaux organes sont identifiés

Fonctionnement :

Le moteur électrique entraine une vise sans fin dans laquelle est engagé une roue dentée qui entraine à son tour la tige de manœuvre de la vanne, l'actionneur peut être placé en mode manuel (moteur débraye) et être actionnée l'aide du volant.

Les actionneurs à moteur électrique sont dotée d'une certain nombre de dispositifs présente ci-dessous permettant de commander un fonctionnement approprié à la vanne voir la fig(II.7) qui peut prévenir et protéger le matériel

- **Limiteur de couple :** le limiteur de couple est conçu pour l'arrêt du servomoteur lors d'une surcharge accidentelle ou en fin de manouvre (vanne ouvert ou ferme à 100%), si l'on désire obtenir une certaine permanente ou ce qui est moins probable qu'il est coincé dans une position intermédiaire
- **Interrupteur de fin de course :** les interrupteurs de fin de course mettent le moteur hors tension Just avant que l'obturateur atteigne sa position (ouvert ou ferme). L'intérêt du rotor du moteur électrique, de l'engrenage et de la tige de manœuvre de la vanne permet à la tige de poursuivre son mouvement un peu (près la mise hors tension du moteur) en plus de l'indicateur de position qui indique la position de l'actionneur.
- **Réglage de vitesse :** le réglage de vitesse permet de faire varier le temps du fonctionnement a l'intérieur de limites prédéfinies il est parfois important que la vanne s'ouvre ou se ferme à l'intérieur d'un délai prédétermine afin d'éviter les coupes de bélier et la surchauffe de la pompe ou le dépassement d'autre limites de fonctionnement pour info cette fonction est appliqué très rarement.

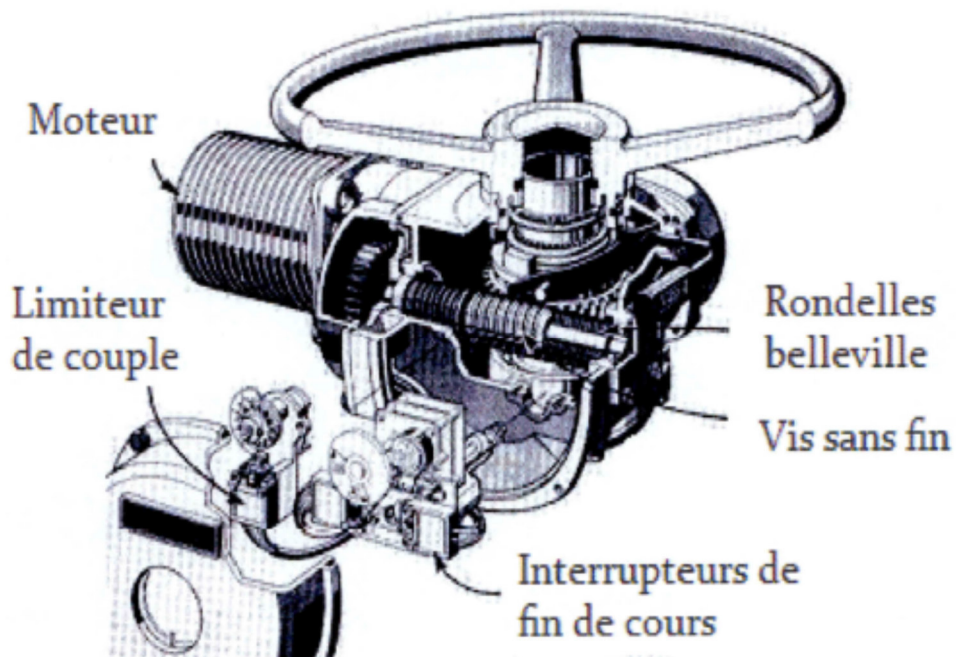


Figure II.6 : Servomoteur électronique

2- corps de la vanne :

Les deux paramètres (débit et chute de pression) varient en fonction des organes internes de la vanne. En règle générale ces organes correspondent à toutes les pièces internes démontables de la vanne qui entrent en contact avec le fluide. En pratique, ce sont le siège de l'obturateur (tournant, opercule, disque, boucle, etc...) voir fig.() illustre une vanne à soupape type

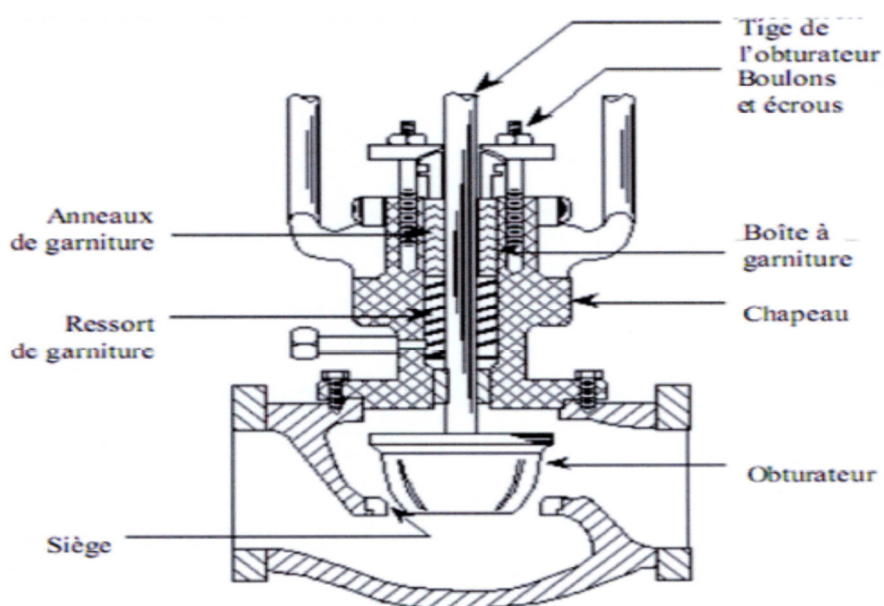


Figure II.7: Schéma du corps de la vanne

CONCLUSION :

Dans ce chapitre en à contribuer à la présentation détaillée des différents éléments et organes (capteur-actionneur-réservoir) qui constituent la boucle de la chaine de régulation de niveau d'eau de la bêche alimentaire.

CHAPITRE III

Modélisation de la chaîne de régulation

PARTIE I

III. MODELISATION ET IDENTIFICATION DE LA CHAÎNE DE REGULATION DE NIVEAU DE LA BACHE ALIMENTAIRE

INTRODUCTION :

Un système dynamique est composée de plusieurs sous système où chacun peut être représenté par un modèle mathématique appelé fonction de transfert, ou on peut le représenter graphiquement dans la fig.(III.1)

La détermination du modèle mathématique a pour but de :

- L'étude du comportement du système
- La régulation autour du point de fonctionnement
- La synthèse d'un correcteur

Dans ce chapitre notre objectif consiste à déterminer les fonction de transferts de différents composants du système et de la détermination des paramètre (K_p, T_i) du régulateur pi de la bache alimentaire

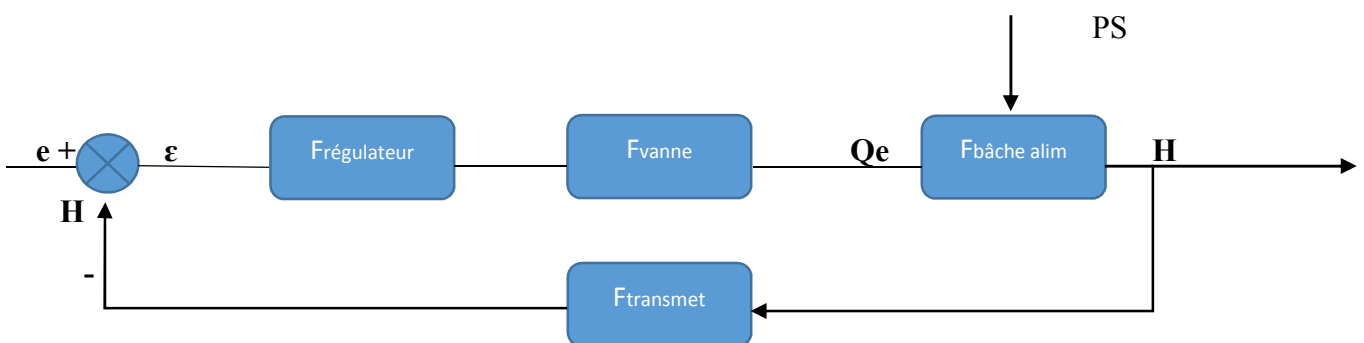


Figure III.1 : Schéma fonctionnel de la boucle de régulation de notre système

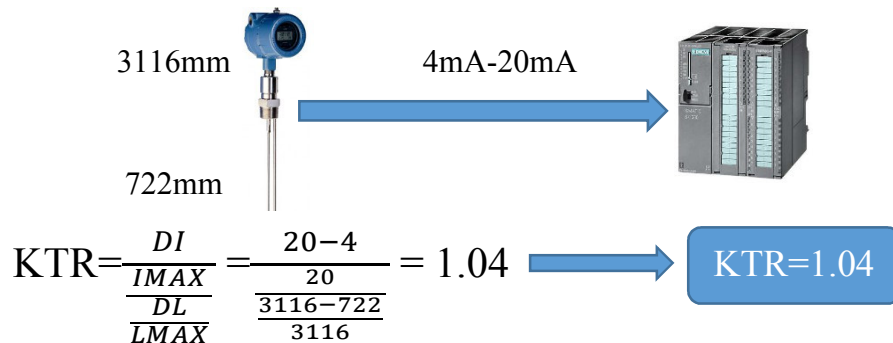
- $F_{Régulateur}$: fonction de transfert du régulateur.
- F_{Vanne} : fonction de transfert d la vanne.
- $F_{Bâche}$: fonction de transfert de la bache alimentaire.
- $F_{transmet}$: fonction de transfert du transmetteur de niveau.
- Ps : pression de sortie de la bache (perturbation).

III.1 DETREMINATION DES FONCTION DE TRANSFERT DES ORGANE DE CONTROL

III.1.1 Fonction de transfert du transmetteur de niveau : la fonction de transfert du transmetteur c'est le coefficient de transfert KTR le rapport entre le signale de sortie et celui de l'entre donc d'après les donner du transmetteur on a :

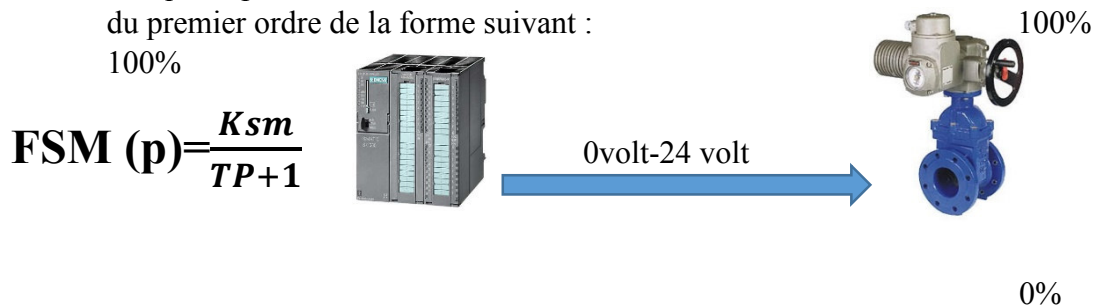
- Le signal d'entrée qui donne une variation de niveau entre (722mm jusqu'à 3116mm)
- Le signal de sortie qui est un courant continu qui variée entre (4 jusqu'à 20mA)

DONC :



III.1.2 Fonction de transfert de la vanne : la fonction de transfert de la vanne est la fonction globale entre celle du servomoteur et celle de la tige

a) **Fonction de transfert du servomoteur :** le servomoteur utilisé dans cette chaîne de régulation est actionné par un moteur électrique qui entraine la vis sans fin, l'armature des fins de course du servomoteur qui peut être actionnée par rotation de la vis sans fin ou la translation de la tige ils assurent la protection du moteur et indique la position de la vanne. Donc la fonction de transfert du servomoteur est du premier ordre de la forme suivant :



KSM : c'est le coefficient de transfert, le rapport entre le signale de sortie (0-100%) et celui de l'entre(0-24volt).

T: constant du temps du servomoteur(SM) fixe à 750 ms

$$KsM = \frac{\frac{DX}{X_{MAX}}}{\frac{DV}{V_{MAX}}} = \frac{\frac{100-0}{100}}{\frac{24-0}{24}} = 1$$

Donc :

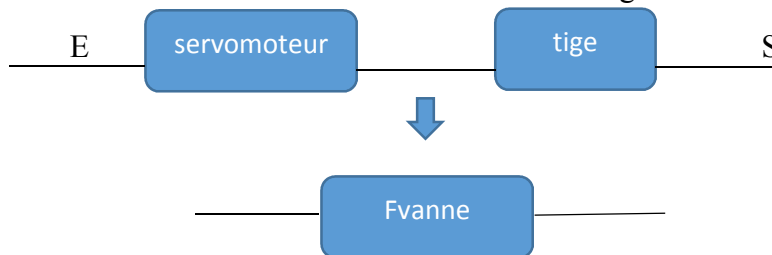
$$F_{SM}(p) = \frac{1}{1+0.75P}$$
(1)

b) **Fonction de transfert de la tige** : la translation de la tige transmise de la vise sans fin du servomoteur fait varier le débit dans la conduite qui est proportionnel au déplacement de l'obturateur donc la fonction de transfert de la tige est le coefficient entre le signal d'entrée et celui de sortie donc :



$$K_{tige} = \frac{\frac{DQ}{Q_{MAX}}}{\frac{DX}{X_{MAX}}} = \frac{85-0}{100-0} = 1 \dots\dots\dots(2)$$

Fonction de transfert de la vanne : la fonction de transfert globale de la vanne comprend le produit entre la fonction de transfert du servomoteur et la tige



$$F_v(p) = (1) * (2) = FSM(p) * k_t = \frac{1}{1+0.75P} * 1$$

$$F_v(p) = \frac{1}{1+0.75P}$$

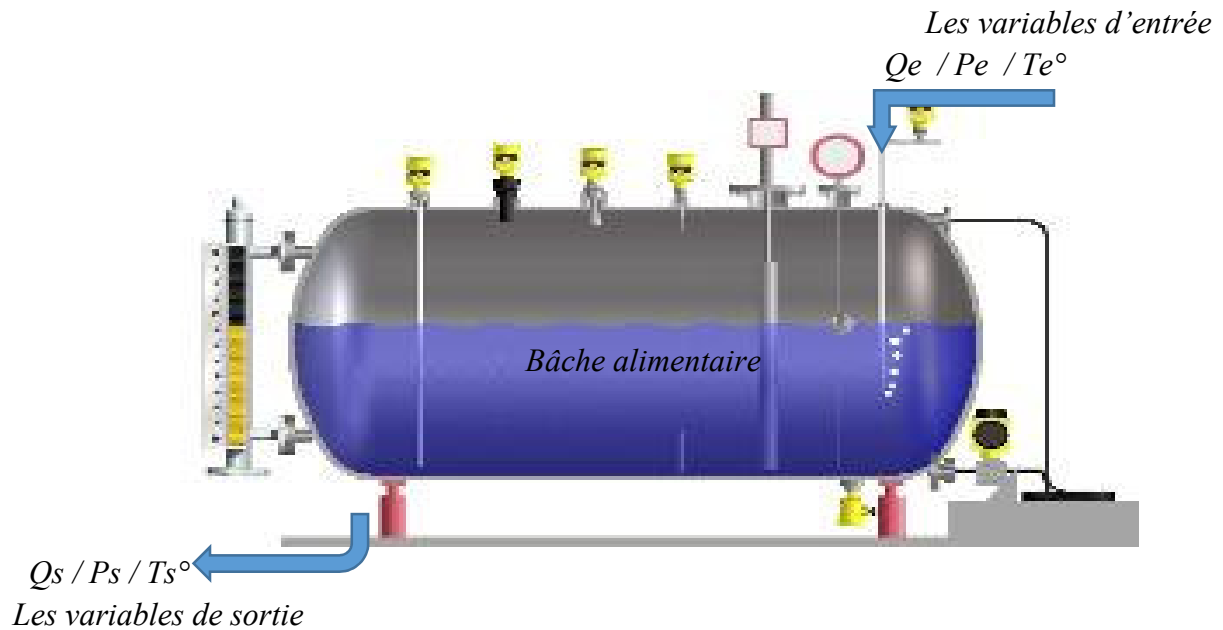


Figure III.2 : Schéma simple des variables du système

III.1.3 ELABORATION DE LA FONCTION DE TRANSFERT DE L'OBJET PRINCIPALE (bûche alimentaire)

L'objet principal de la chaîne de régulation étudiée est la bûche alimentaire qui a une forme cylindrique à extrémité demi-sphérique, elle assure l'alimentation du générateur de vapeur en eau alimentaire.

La variation de niveau dans la bûche est en fonction du débit d'entrée tel que $H=f(Q)$.

Selon l'équation de bilan matière

$$Q_e - Q_s = \frac{d\Delta V}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

Q_e : Débit d'entrée du condensat

Q_s : Débit de sortie

Le régime de fonctionnement de processus est étudié dans deux cas :

- En régime statique :

$$Q_e - Q_s = \frac{d\Delta V}{dt} = 0$$

A l'équilibre on a

$$Q_e = Q_{e0}$$

$$\} \implies Q_{e0} - Q_{s0} = 0$$

$$Q_s = Q_{s0}$$

▪ **En régime dynamique :**

La variation de volume dans la bache est donnée par la relation du bilan matière suivante :

$$\Delta Q_e - \Delta Q_s = \frac{d\Delta V}{dt} \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_e = Q_{e0} + \Delta Q_e$$

$$Q_s = Q_{s0} + \Delta Q_s$$

$$V = SH \implies \Delta V = \Delta S \Delta H \dots\dots\dots (3)$$

La variation de volume ΔV est traduite par la variation de niveau ΔH ainsi que la surface plane de liquide ΔS

Donc on peut écrire :

$$(V_0 + \Delta V) = (S_0 + \Delta S) \cdot (H_0 + \Delta H)$$

D'où :

$$\Delta V = (S_0 H_0 + S_0 \Delta H + \Delta S H_0 + \Delta S \Delta H - V_0) \dots\dots\dots (4)$$

En substituant (4) dans (2) on obtient :

$$\Delta Q_e - \Delta Q_s = \frac{d}{dt} (S_0 H_0 + S_0 \Delta H + \Delta S H_0 + \Delta S \Delta H - V_0)$$

$$\Delta S \rightarrow 0 \text{ et } \Delta H \rightarrow 0 \implies \Delta S \Delta H \rightarrow 0$$

V_0 et $S_0 H_0$ sont constants

Donc on peut écrire :

$$\Delta Q_e - \Delta Q_s = S_0 \frac{d\Delta H}{dt} + H_0 \frac{d\Delta S}{dt} \dots\dots\dots (5)$$

La surface plane de la bache alimentaire étant donnée en fonction de niveau dans la bache alimentaire (H).

$$S = S(H)$$

Le calcul de cette surface est la somme des surfaces dans la partie cylindrique et la partie de deux calotte sphérique.

Partie cylindrique :

Calcul de la Surface :

$$S_i = x L$$

L : la longueur du cylindre

x : la largeur rectangulaire de la section horizontale de la bache

Soit le triangle ABC, on applique la loi de Pythagore

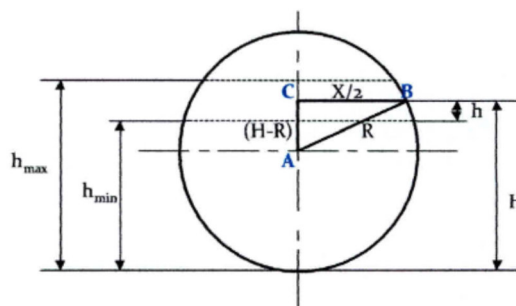
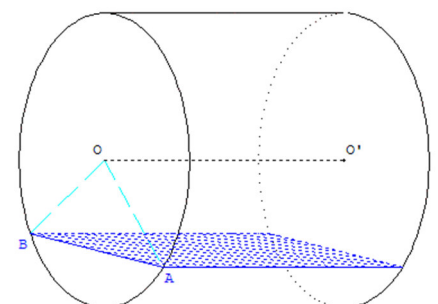
$$(AB)^2 = (AC)^2 + (BC)^2$$

On remplace :

$$R^2 = (H - R)^2 + \frac{x^2}{4}$$

$$D'où : x = 2\sqrt{2HR - H^2}$$

$$S_1(H) = 2L\sqrt{2HR - H^2} \dots\dots\dots (5)$$



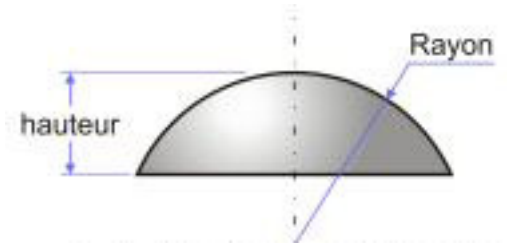
Partie calotte sphérique :

La surface du liquide qui se contient dans les deux calottes sphériques se calcule comme suit :

$$S = \pi R^2$$

On remplace :

$$S_2 = \pi x \left(\frac{x}{2}\right)^2 \text{ tel que: } R = x/2$$



Après simplification :

$$S_2(H) = \pi(2RH - H^2) \dots\dots\dots(6)$$

Donc la surface totale de la section horizontale de la bache S(H) est calculée comme suit :

$$S(H) = S_1(H) + S_2(H)$$

$$S(H) = 2L\sqrt{2HR - H^2} + \pi(2RH - H^2) \dots\dots\dots(7)$$

La linéarité de cette équation donne :

$$S(H) = S(H)|_0 + \left.\frac{\partial S}{\partial H}\right|_0 \Delta H$$

$$S(H) - S_0(H) = \Delta S = \left.\frac{\partial S}{\partial H}\right|_0 \Delta H$$

Donc :

$$\Delta S = K_H \Delta H \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{tell que : } K_H = \left.\frac{\partial S}{\partial H}\right|_0 \Rightarrow K_H = 2\pi(R - H) + \frac{2L(R-H)}{\sqrt{2RH-H_0}}$$

On remplace (8) dans (5) on aura :

$$\Delta Q_e - \Delta Q_s = s_0 \frac{d\Delta H}{dt} + H_0 K_H \frac{d\Delta H}{dt} \dots\dots\dots(9)$$

Le débit de sortie (Qs) est donné par l'équation suivant :

$$Q_s = a_s f_s \sqrt{\frac{2g}{\varphi} (P_b + \varphi g H - P_s)}$$

La linéarisation :

La linéarisation rend le système beaucoup plus facile à analyser on peut considérer séparément l'effet des différentes entrées telles que consigne et les perturbations et appliquer le principe de superposition. La linéarité et l'invariance permettent la représentation des systèmes par des fonctions de transfert qui va nous faciliter le calcul de leur réponse harmonique.

$$Q_s = Q_s|_0 + \frac{\partial Q_s}{\partial P_b} \Delta P_b + \frac{\partial Q_s}{\partial H} \Delta H - \frac{\partial Q_s}{\partial P_s} \Delta P_s + \frac{\partial Q_s}{\partial f_s} \Delta f_s$$

$$Q_s - Q_{s0} = \frac{\partial Q_s}{\partial P_b} \Delta P_b + \frac{\partial Q_s}{\partial H} \Delta H - \frac{\partial Q_s}{\partial P_s} \Delta P_s + \frac{\partial Q_s}{\partial f_s} \Delta f_s$$

Donc :

$$\Delta Q_s = k_{11} \Delta p_b + k_{12} \Delta H - k_{13} \Delta p_s + k_{14} \Delta f_s \dots\dots\dots(10)$$

- $k_{11} = \frac{\partial Q_s}{\partial P_b} = \frac{\frac{a_s f_s g}{\varphi}}{\sqrt{\frac{2g}{\varphi}(P_b + \varphi g H - P_s)}}$
- $k_{12} = \frac{\partial Q_s}{\partial H} = \frac{a_s f_s g^2}{\sqrt{\frac{2g}{\varphi}(P_b + \varphi g H - P_s)}}$
- $k_{13} = \frac{\partial Q_s}{\partial P_s} = \frac{\frac{-a_s f_s g}{\varphi}}{\sqrt{\frac{2g}{\varphi}(P_b + \varphi g H - P_s)}}$
- $k_{14} = \frac{\partial Q_s}{\partial f_s} = a_s \sqrt{\frac{2g}{\varphi}(P_b + \varphi g H - P_s)}$

On va remplacer le (9) dans (8) :

$$\Delta Q_e - k_{11} \Delta p_b - k_{13} \Delta p_s - k_{14} \Delta f_s = k_{12} \Delta H + s_0 \frac{d\Delta H}{dt} + H_0 K_H \frac{d\Delta H}{dt} \dots\dots\dots(11)$$

On va simplifier la fonction :

$$\frac{\Delta Q_e}{k_{12}} - \frac{k_{11}}{k_{12}} \Delta p_b - \frac{k_{13}}{k_{12}} \Delta p_s - \frac{k_{14}}{k_{12}} \Delta f_s = \Delta H + \frac{H_0 k_H + s_0}{K_{12}} \frac{d\Delta H}{dt}$$

On suppose que :

$$k_{00} = \frac{1}{k_{12}} ; \quad k_{01} = \frac{k_{11}}{k_{12}} ; \quad k_{02} = \frac{k_{13}}{k_{12}} ; \quad k_{03} = \frac{k_{14}}{k_{12}} , \quad T_S = \frac{H_0 k_H + s_0}{K_{12}}$$

$$k_{00} \Delta Q_e - k_{01} \Delta p_b - k_{02} \Delta p_s - k_{03} \Delta f_s = \Delta H + T_S \frac{d\Delta H}{dt} \dots\dots\dots(12)$$

-On appliquant la transformée de Laplace de l'équation (11) sa donnera :

$$K00\Delta Qe(P) - K01\Delta Pb(P) - K02\Delta Ps(P) - K03\Delta fs(P) = H(P) + TsPH(P)$$

Schématiquement on représente les grandeurs physiques qui agissent sur le processus

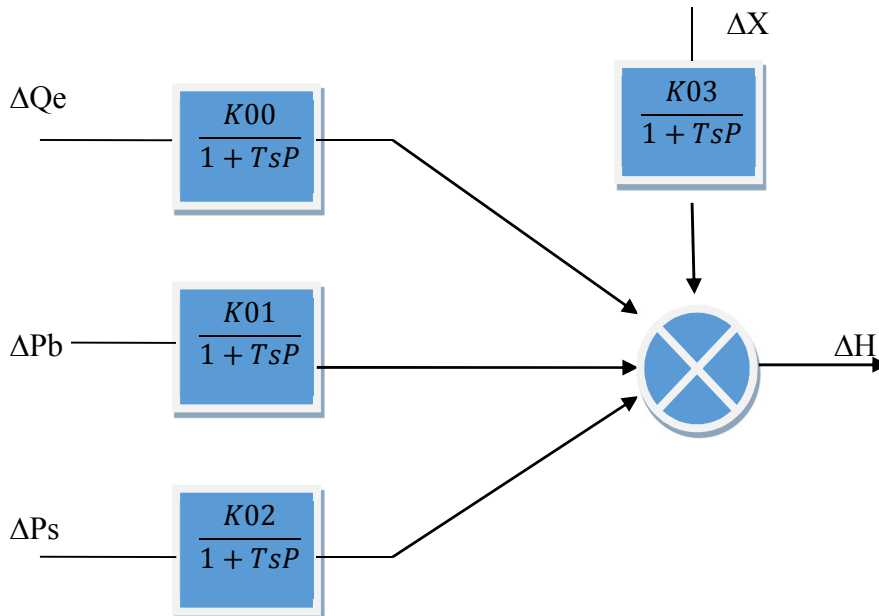


Figure III. 3 : Schéma fonctionnel des différents variables du système

La fonction de transfert de la bache alimentaire est donnée par rapport à la consigne, puis par rapport à la perturbation principale en tenant compte à la variation du niveau.

$$F_{baconsi}(P) = \frac{\Delta H(P)}{\Delta Qe(P)} = \frac{K00}{1+TsP}$$

$$F_{bperturb}(P) = \frac{\Delta H(P)}{\Delta Ps(P)} = \frac{K02}{1+TsP}$$

Application numérique

- La hauteur initiale : $H0 = 2.551m$
- La longueur du cylindre : $L = 14.852m$
- Le diamètre intérieur du cylindre : $D = 3.572m$
- Le rayon intérieur du cylindre : $R = 1.786m$
- Gravité : $g = 9.81Kg/m^3$
- Le débit de sortie initiale : $Qs0 = 93.65t/h$
- La pression d'entrée de la bache : $Pe = 10.224bar$
- La pression dans la bache : $Pb = 4.98bar$

Calcul de K_H :

$$K_H = 2\pi(R - H_0) + \frac{2L(R - H_0)}{\sqrt{2RH_0 - H_0^2}}$$

$$K_H = 2 \times 3.14(1.786 - 2.551) + \frac{2 \times 14.85251.785 - 2.551}{\sqrt{(2 \times 1.786 \times 2.551) - 2.551^2}}$$

$$K_H = -18.916m$$

Calcul de S_0 :

$$S_0 = 2\pi(2RH_0 - H_0^2) + 2L\sqrt{(2RH_0 - H_0^2)}$$

$$S_0 = 2\pi((2 \times 1.786 \times 2.551) - 2.551^2) + 2 \times 14.852\sqrt{(2 \times 1.786 \times 2.551) - 2.551^2}$$

$$S_0 = 64.294m^2$$

Calcul des coefficients :

$$K_{11} = \frac{\alpha s f s_0 g}{\frac{\varphi}{\sqrt{\frac{2g}{\varphi}(Pb + \varphi g H_0 - P s_0)}}} = \frac{Q_s}{2(Pb + g H_0 - P s_0)}$$

$$K_{11} = \frac{26.01}{2(4.98 + (9.81 \times 2.551) - 5.162)} = 4.795$$

$$K_{11} = 4.795$$

$$K_{12} = \frac{\alpha s f s_0 g^2}{\sqrt{\frac{2G}{\varphi}(Pb + \varphi g H_0 - P s_0)}} = \frac{g Q_s}{\frac{2}{\varphi}(Pb + \varphi g H_0 - P s_0)}$$

$$K_{12} = \frac{9.81 \times 26.01}{\frac{2}{1000}(4.98 + (1000 \times 9.81 \times 2.551) - 5.162)} = 5.09$$

$$K_{12} = 5.09$$

$$K_{13} = -\frac{\alpha s f s_0 g}{\varphi} = -K_{11}$$

$$\sqrt{\frac{2G}{\varphi}(Pb + \varphi g H_0 - P s_0)}$$

$$K_{13} = -K_{11} = -4.795$$

$$K_{13} = -4.795$$

$$K_{14} = \alpha s \sqrt{\frac{2g}{\varphi}(Pb + \varphi g H_0 - P s_0)} = 0.7 \sqrt{\frac{2 \times 9.81}{1000}(4.98 + (1000 \times 9.81 \times 2.551) - 5.162)} = 15.51$$

$$K_{14} = 15.51$$

Calcul de la constante de temps T_s :

$$T_s = \frac{S_0 + H_0 K_H}{K_{12}}$$

$$T_s = \frac{64.294 + (2.551 \times (-18.916))}{5.09} = 3.15 \text{ s}$$

$$T_s = 3.15 \text{ s}$$

Calcul K_{00} :

$$K_{00} = \frac{1}{K_{12}}$$

$$K_{00} = \frac{1}{5.09} = 0.2$$

$$K_{00} = 0.2$$

Calcul des constants :

$$K_{01} = \frac{K_{11}}{K_{12}} = \frac{4.795}{5.09} = 0.9420$$

$$K_{01} = 0.9420$$

$$K_{02} = \frac{K_{13}}{K_{12}} = \frac{-4.795}{5.02} = -0.9420$$

$$K_{02} = -0.9420$$

$$K_{03} = \frac{K_{14}}{K_{12}} = \frac{15.51}{5.09} = 3.047$$

$$K_{03} = 3.047$$

La fonction de transfert de la bêche alimentaire est :

$$F_{\text{bacons}}(P) = \frac{0.2}{1+3.15P} \quad \text{Fonction de transfert par rapport à la consigne}$$

$$F_{\text{bpertub}}(P) = \frac{0.94}{1+3.15P} \quad \text{Fonction de transfert par rapport à la perturbation}$$

FONCTION DE TRANSFERT DU SYSTEME EN BO :

$$F_{\text{sys}}(p) = F_{\text{bacons}}(P) * F_v(P) * K_{TR}$$

Donc :

$$F_{\text{sys}}(p) = \frac{0.2}{1+3.15P} * \frac{1}{1+0.75P} * 1.04$$

$$F_{\text{sys}}(p) = \frac{0.208}{2.362P^2 + 3.9P + 1}$$

PARTIE II

III.2 DETERMINATION DES PARAMETRES DU REGULATEUR PI

INTRODUCTION

Introduire un régulateur dans une boucle de régulation est une idée très ancienne, nous donnerons l'exemple de la régulation de la clepsydre. Les Grecs ont placé un pointant comme étant en élément régulateur qui permet de remplir un réservoir à un débit constant. Le rôle du régulateur est d'obtenir une bonne régulation telle que la valeur de sortie prenne une valeur souhaitée en représentant trois qualités :

- La rapidité : le temps de retour à la valeur finale doit être le plus court possible ;
- L'amortissement : le dépassement à la valeur finale doit être limité ;
- La précision : la valeur finale doit être égale à la valeur de consigne.

Cet objectif est aussi atteint par l'ajustage des paramètres optimum du régulateur qui influent directement sur le système.

On procède au choix du type de régulateur correspondant à la boucle de régulation, et on détermine ces paramètres d'ajustement.

III.2.1 CHOIX DU TYPE DE REGULATEUR DE LA CHAINE ETUDIEE

L'objectif de cette étude est de synthés une commande permette d'assurer un débit à une hauteur constante. Fait remarquable qu'il est très important de savoir quel type de régulateur à introduire dans cette chaîne de régulation.

Le choix de type de régulateur dépend de plusieurs critères :

- Les propriétés dynamiques de système à régler.
- L'information connue sur le système à régler.
- La réponse indicielle souhaitée du système.
- Les exigences de la qualité de système.

Le choix des actions de régulateur suppose un ou plusieurs critères basés sur la facilité d'exploitation avec les technologies classiques analogiques. En fonction de la réponse indicielle on distingue deux types de critère pour le choix des actions de régulateur.

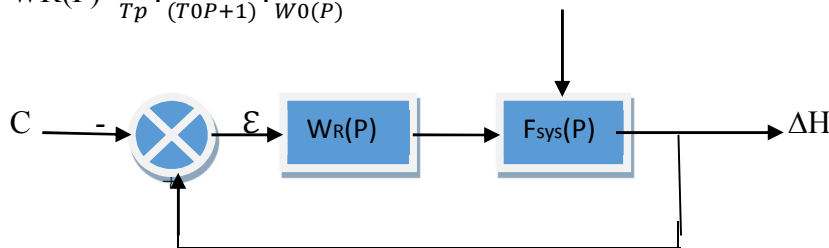
- Critère parfait (pseudo- oscillatoire).
- Critère idéal (apériodique).

Puisque la fonction de transfert de l'objet et de deuxième ordre et sa réponse indicielle est pseudo-oscillatoire, on choisira le critère parfait pour la détermination des actions du régulateur.

❖ Critère parfait

Le régulateur est dit pseudo-oscillatoire ou parfait si le régulateur possède la fonction de transfert suivant :

$$WR(P) = \frac{Kp}{Tp} \cdot \frac{1}{(T0P+1)} \cdot \frac{1}{W0(P)}$$



WR(P) : la fonction de transfert de régulateur.

Fsys(P) : la fonction de transfert de l'objet.

Donc :

$$Freg(P) = \frac{KP}{TP} \times \frac{1}{T0P+1} \times \frac{1}{Fsys(P)}$$

$$Fsys(P) = \frac{Ki}{(1+T1P)(1+T2P)} = \frac{1.669}{2.362P^2+3.9P+1}$$

$$Freg(P) = \frac{KP}{TP} \times \frac{1}{T0P+1} \times \frac{(1+T1P)(1+T2P)}{Ki}$$

Si :

$$T0=T1$$

Donc :

$$Freg(P) = \frac{KP}{TP} \times \frac{(1+T2P)}{Ki}$$

On pose :

$$K_I = \frac{K_p}{K_i} \quad T = T_2 = T_i$$

D'où on obtient un régulateur de type PI de la fonction de transfert suivante :

$$F_{reg}(P) = K_r \left(\frac{T_i P + 1}{T_i P} \right)$$

Ou :

K_r : Coefficient de proportionnalité

T_i : Temps d'intégral

III.2.2 SYNTHÈSE DES PARAMÈTRES OPTIMUM DU RÉGULATEUR

Les paramètres principaux qui exercent une influence sur la qualité de système de réglage automatique sont :

- Les paramètres de l'objet élargi (constante de temps, le gain).
- Les grandeurs et le point d'application des perturbations agissant sur le système.
- Les paramètres de régulateur (K, T_i, T_d).

Les paramètres du régulateur sont variables, leur détermination est une opération indispensable pendant le calcul des systèmes de réglage.

Tout système de régulation doit satisfaire à un ensemble d'exigence appelé qualité de régulateur ou performance du système à régler, il s'agit de :

- Vérifier la stabilité
- Vérifier la précision
- Vérifier la stabilité
- Les oscillations doivent être limitée est amortie.

Les principales méthodes de synthèse permettant d'obtenir les meilleures performances sont :

- a) **Méthode approximatives**
 - EVANS (pôles / zéros)
 - NASLIN
 - ZIEGLER NICHOLS
 - HRONES RESWICK
- b) **Méthode fréquentielles**
 - NYQUIST.
 - BODE.

Ils existent plusieurs méthodes de synthèse des régulateurs, certaines ont précises mais laborieuses et complexes, d'autre sont approximatives mais simple à étudier.

Pour cela on a choisi [la méthode d'Evans](#) qui une méthode graphique simple à utiliser et à configurer.

III.2.3 APPLICATION D'EVANS SOUS MATLAB [11]

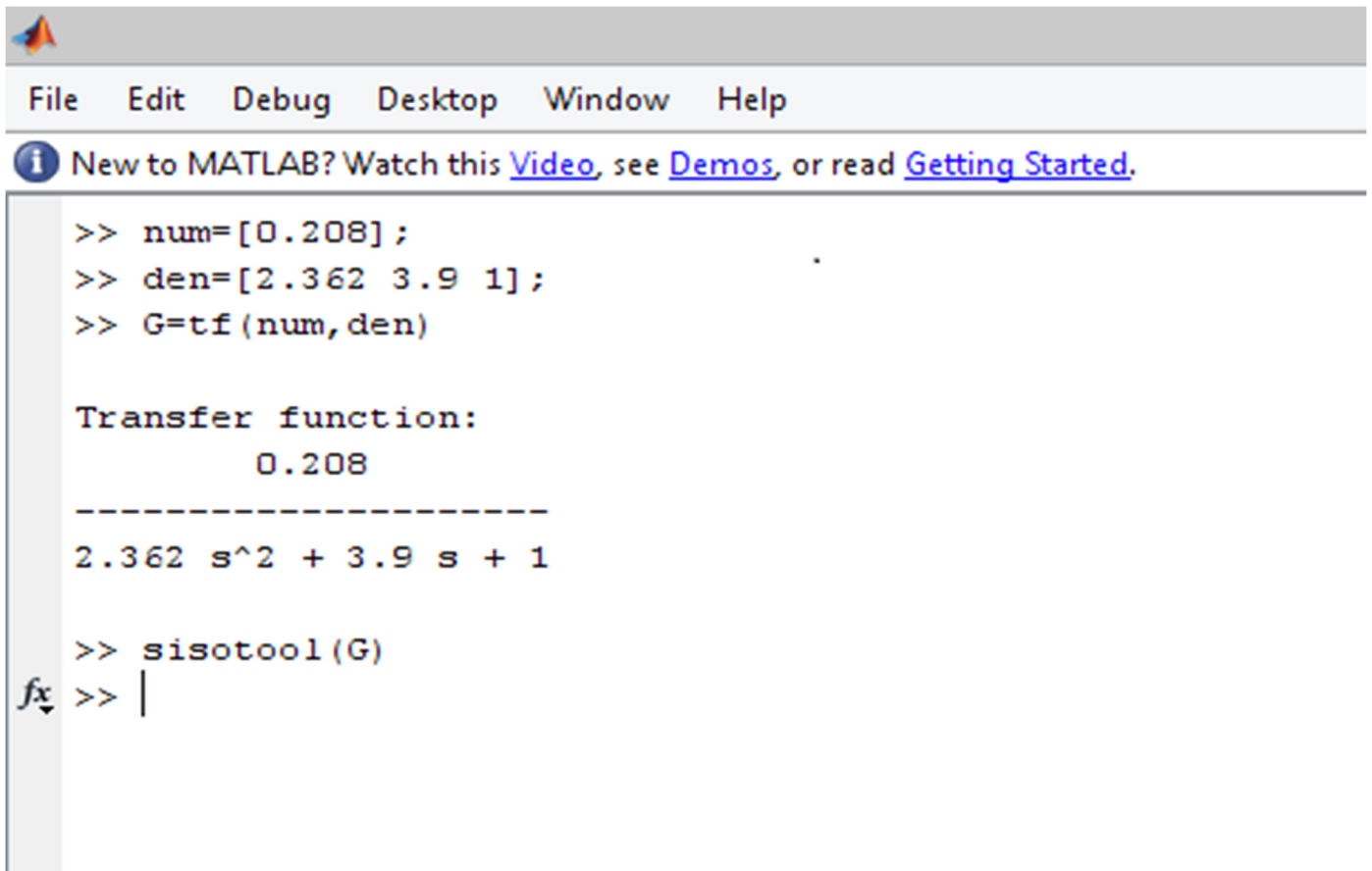
1/INSERTION DE LA FONCTION DE TRANSFERT :

```
>> num=[0.208];  
>> den=[2.362 3.9 1];  
>> G=tf(num,den)  
>>sisotool(G)
```

Transfer function:

0.208

2.362 s² + 3.9 s + 1



```
File Edit Debug Desktop Window Help  
i New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.  
>> num=[0.208];  
>> den=[2.362 3.9 1];  
>> G=tf(num,den)  
  
Transfer function:  
0.208  
-----  
2.362 s2 + 3.9 s + 1  
  
>> sisotool(G)  
fx >> |
```

Figure III.4 : Programme sous Matlab

2/Fonction *sisotool(G)* :

A/Configuration des blocs de la boucle de régulation du système :

Insertion de la consigne : système DATA/F=2553mm

The screenshot displays the 'Control and Estimation Tools Manager' software. The main window shows a control architecture diagram with blocks F (green), C (red), G (yellow), and H (yellow). Below the diagram are buttons for 'Control Architecture ...', 'Loop Configuration...', 'System Data ...', and 'Sample Time Conversion ...'. The 'System Data' window is open, showing a table with columns 'System' and 'Data'. The row for 'F' is highlighted in blue, and the value '2553' is entered in the 'Data' column. A blue oval with the text 'INSERTION DE LA CONSIGNE' and an arrow points to the '2553' value. The 'System Data' window also includes a 'Browse ...' button and 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

System	Data
G	< G >
H	1
C	1
F	2553

Figure III.5 : Configuration des blocs de la boucle de regulation

B/affichage de la réponse du système avec l'insertion d'une réponse indicielle STEP :

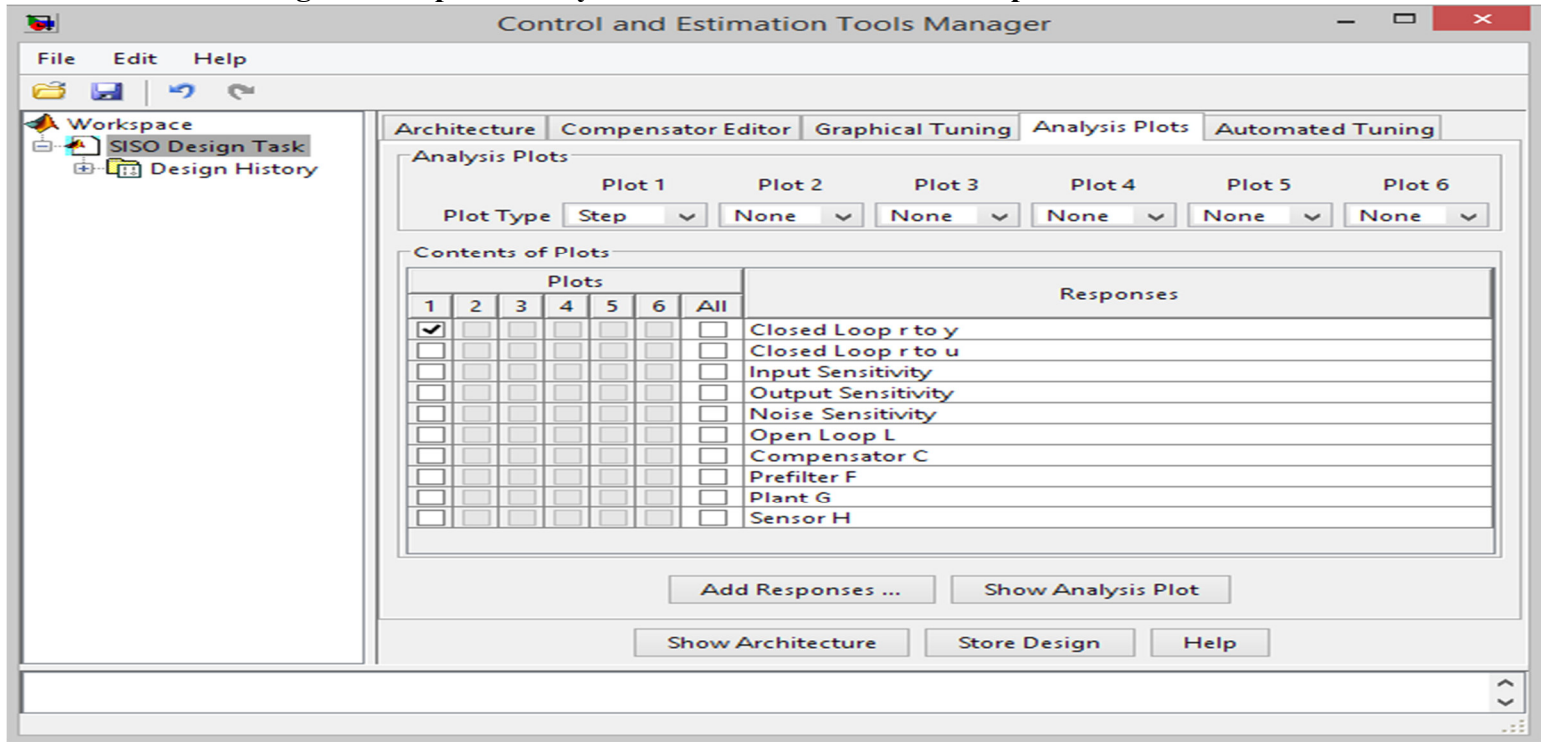


Figure III.6 : Insertion de STEP

REMARQUE : sur la fig(III.7) en remarque que le système est stable mais il n'atteint pas la consigne souhaiter qui est de (2553 mm)

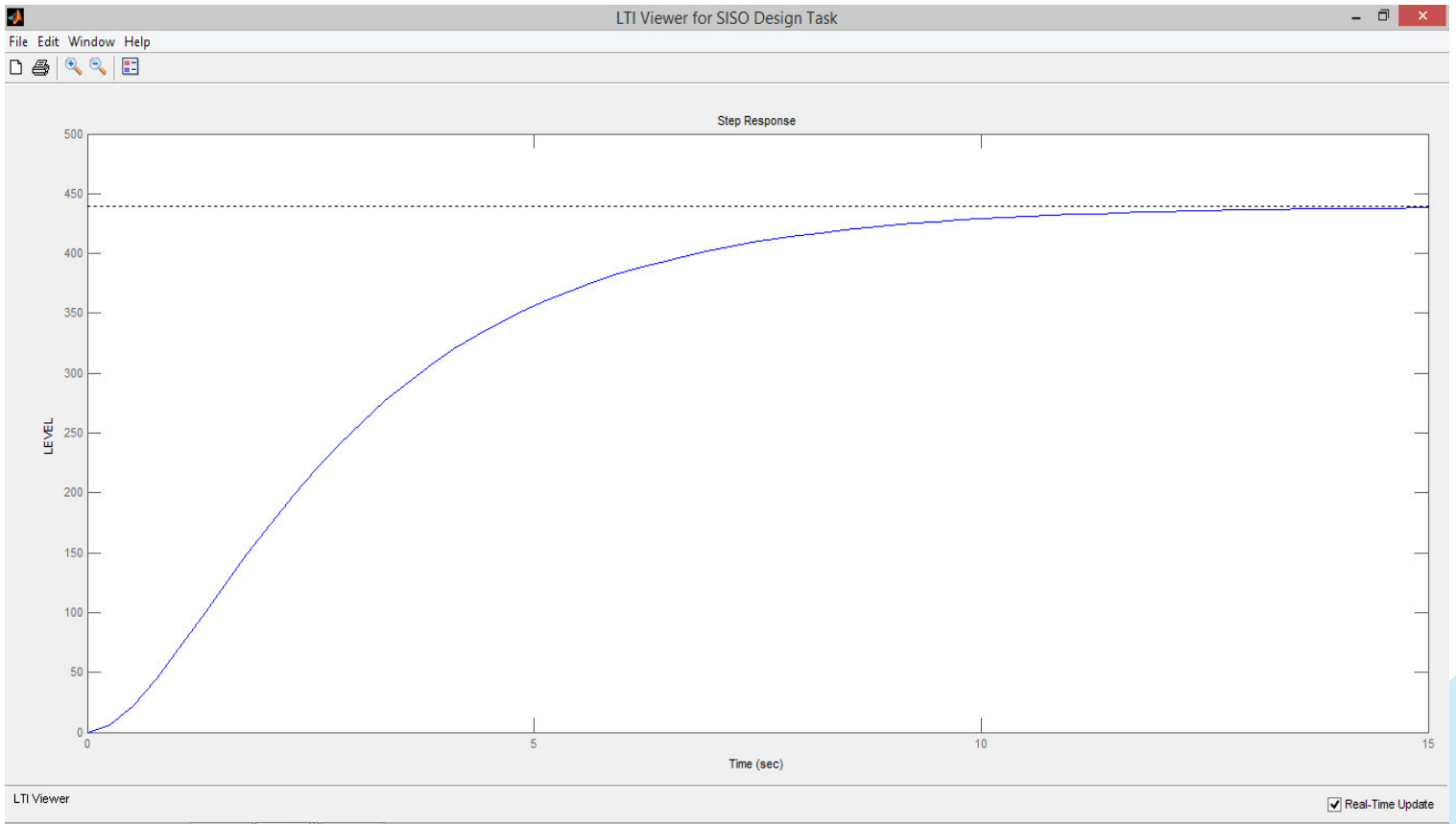


Figure III.7 : Réponse du système avant régulation

REMARQUE : dans fig. précédent en à insérer la consigne souhaiter mais la réponse du système n'a pas atteint à la consigne souhaiter d'où en applique la méthode d'insertion des pole/zéro d'Evans.

C/INSERTION DU DEPASSMENT SOUHAITER : qui est de 4.22% par rapport à notre consigne qui est de 2553mm pour avoir un niveau d'eau dans la bache alimentaire de 70% qui correspond à un niveau de 2660 mm D'après le cahier des charges

CLICK DROITE/DESIGN REQUIREMENT /NEW /PERCENT OVERSHOOT/

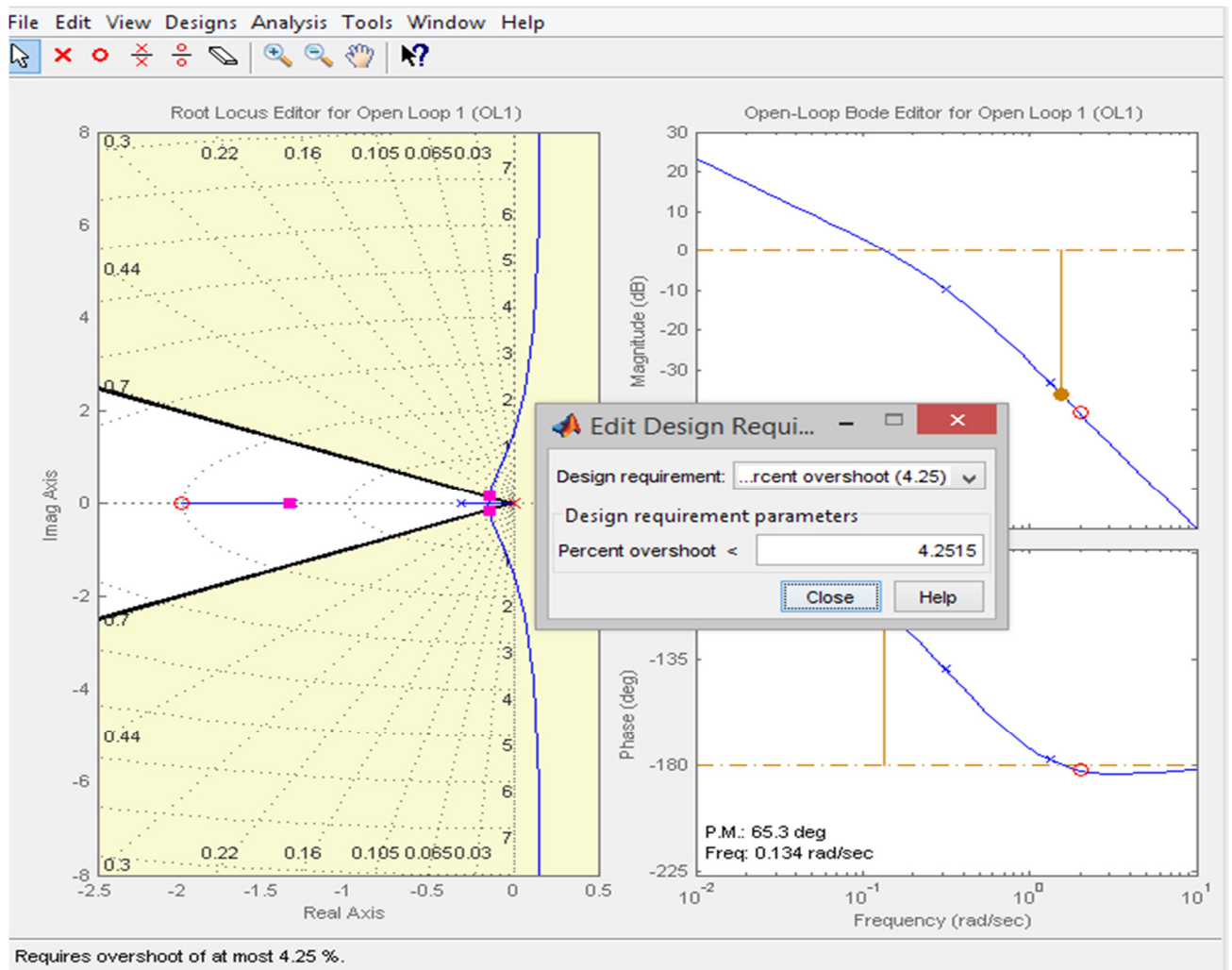


Figure III.8 : Insertion du dépassement

D/INSERTION DES POLE/ZERO : Design/Edit compensator : dans notre simulation nous avons ajouté un pôle a l'origine= (0) et un zéro= (-2)

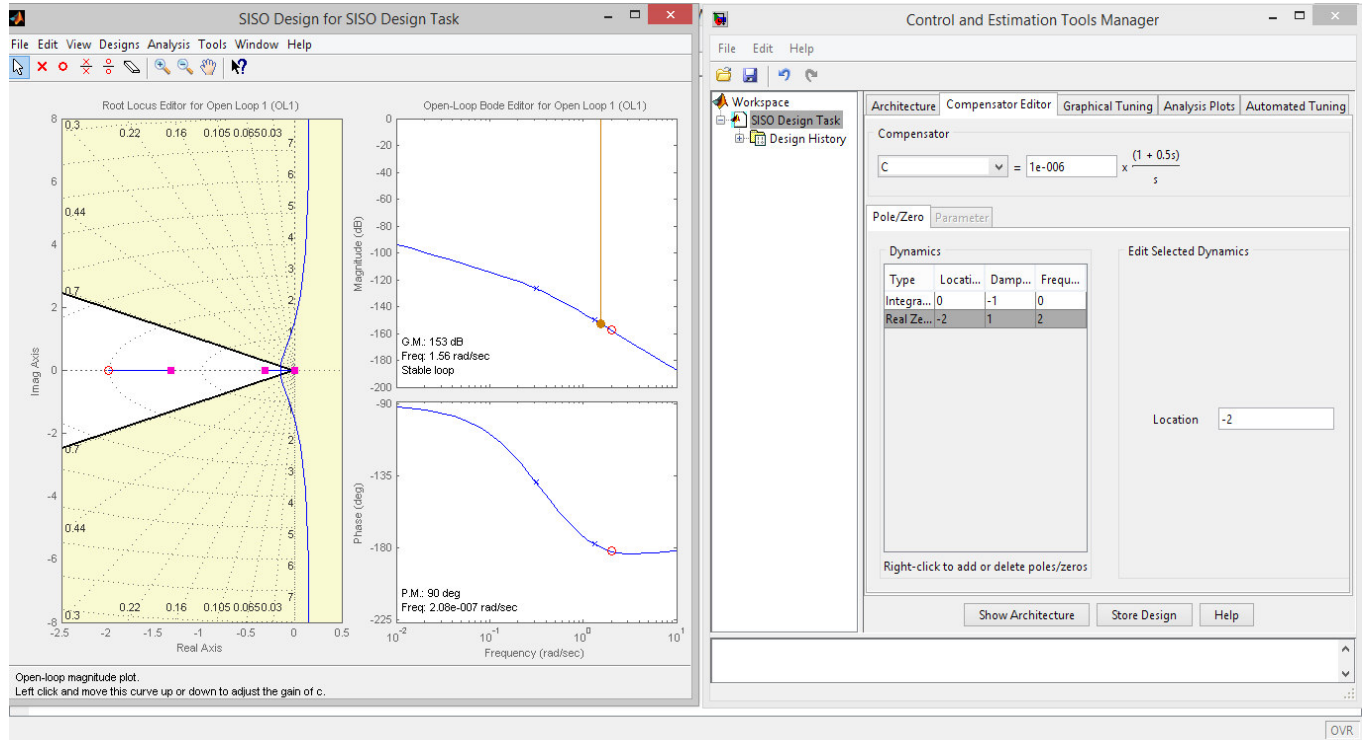


Figure III.9 : Insertion des pôles/zéros

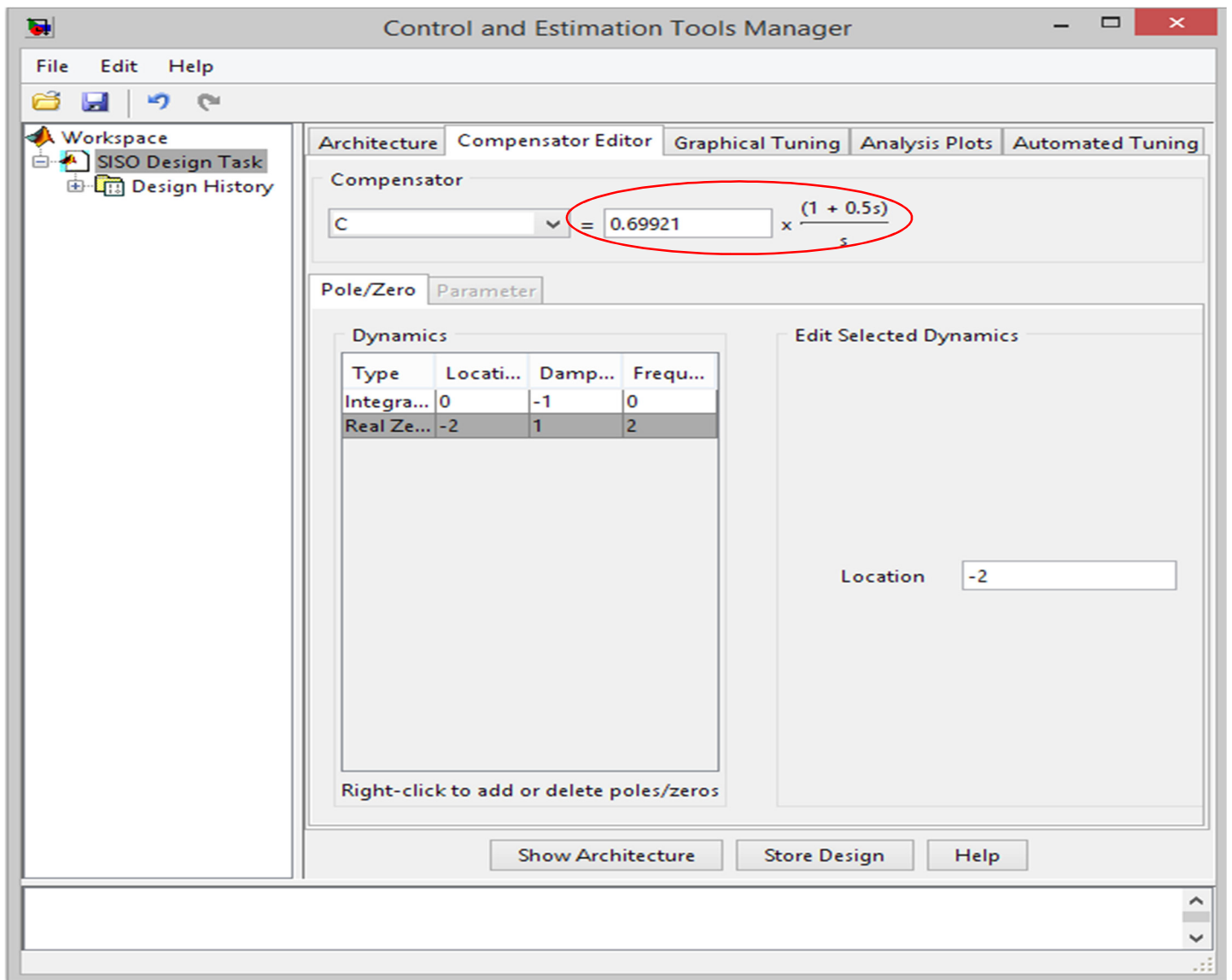


Figure III.10 : Les paramètres PI

LES PARAMETRE PI : (K_r , T_i)

$$\text{Freg}(P) = \frac{K_r}{T_i} \times \frac{1 + T_i P}{P}$$

$$\text{Freg}(P) = 0.69921 \times \frac{1 + 0.5P}{P}$$

$$K_r = 0.35 ; T_i = 0.5$$

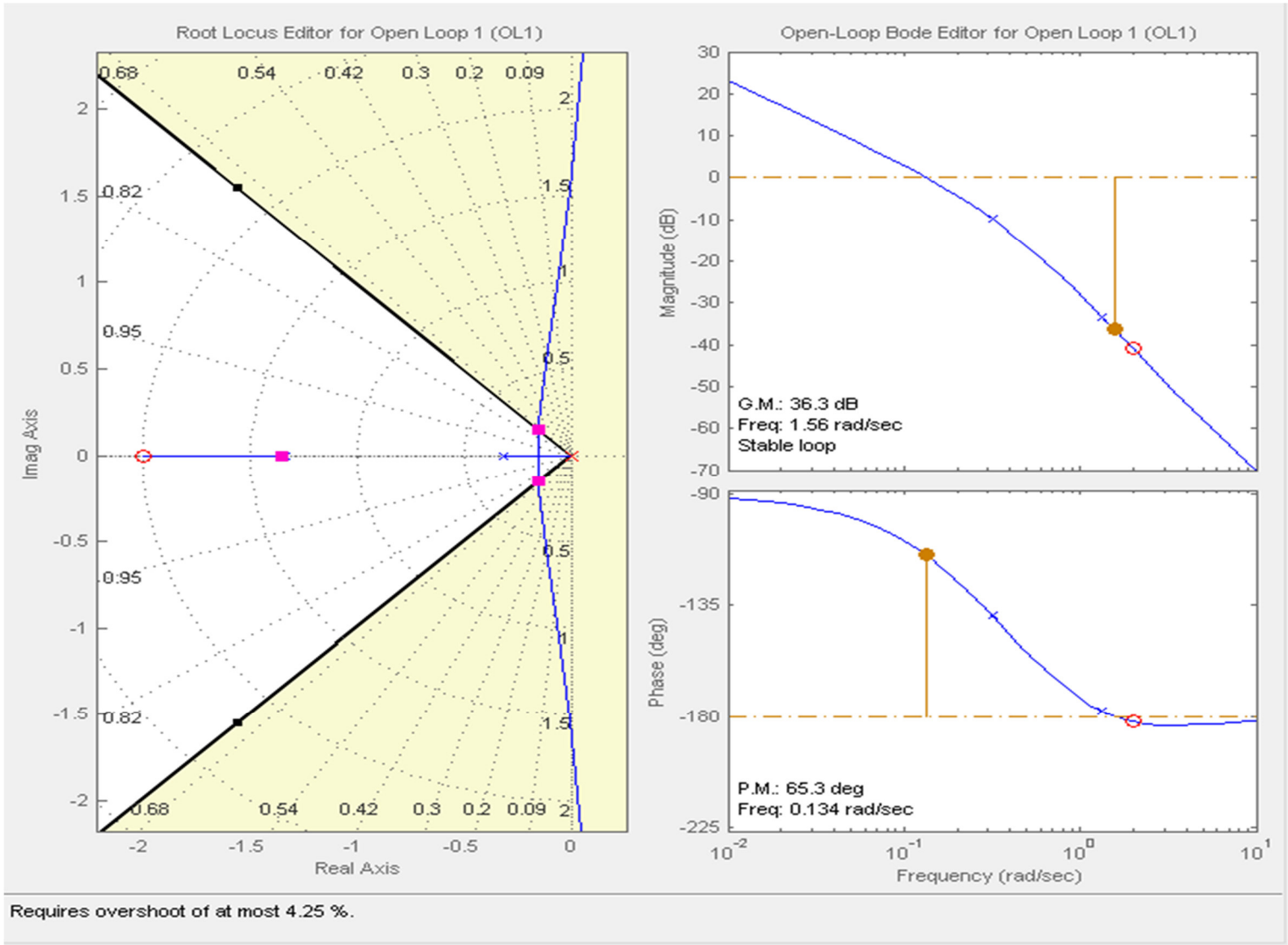


Figure III.11 : plan d'Evans, diagramme de Bode après régulation

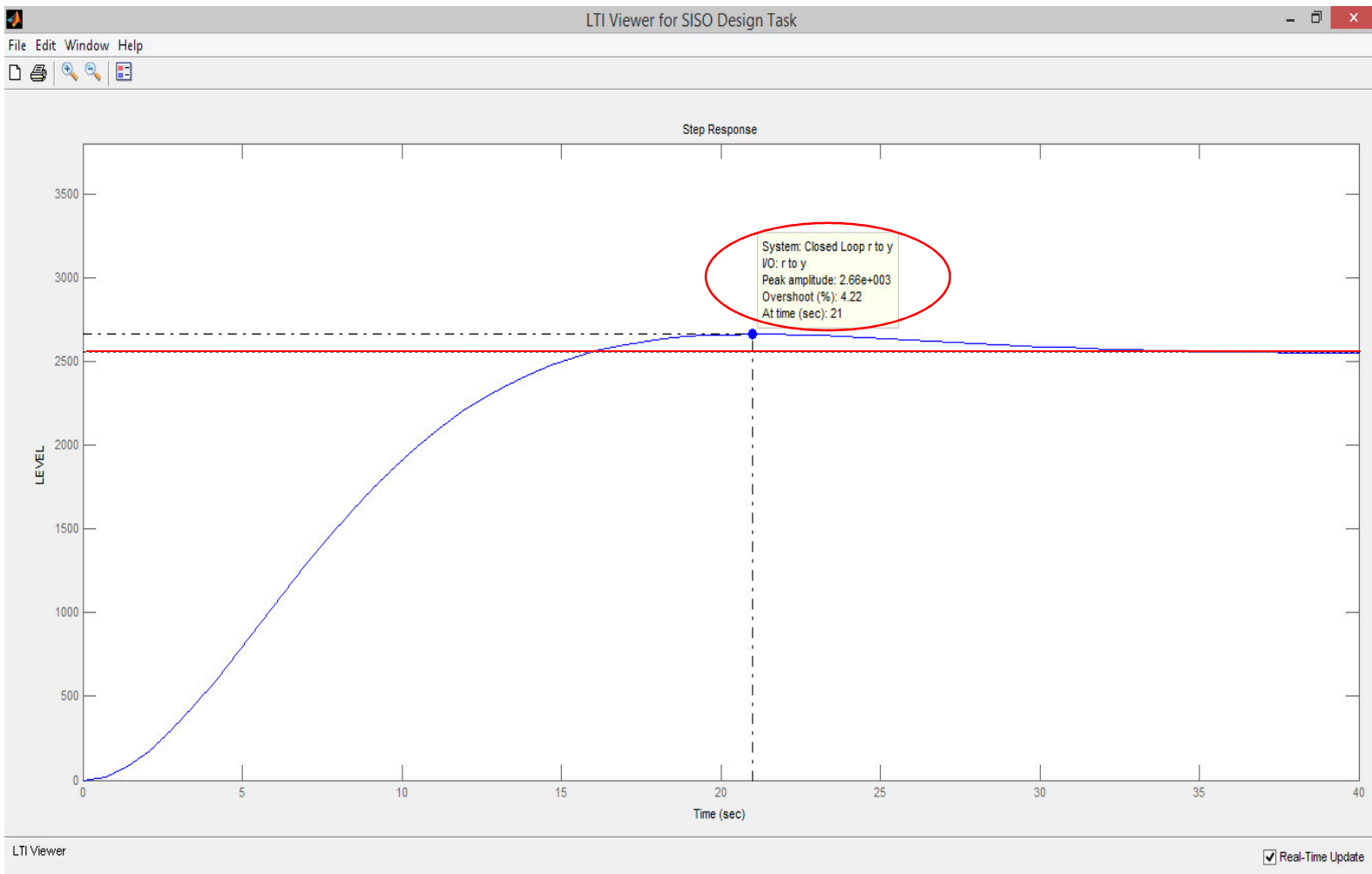


Figure III.12 : Réponse du système après régulation

REMARQUE : donc après l'insertion de notre régulateur en remarque que notre système a répondu à notre exigence d'où le système est stable avec un dépassement de 4.22%

III.2.4 PERFORMANCES DU SYSTEME DE REGULATION ETUDIEE :

Les performances d'un système de régulation sont généralement définies par sa souplesse, sa rapidité de réponse en régime transitoire et sa précision par rapport à la valeur souhaitée en régime permanent représentant l'erreur statique.

III.2.4.a Performances statiques :

Quand on parle de performances statiques d'un système de régulation on sous-entend l'erreur stationnaire qui caractérise sa précision statique, c'est-à-dire, la différence entre la réponse réelle du système et la valeur de référence (valeur souhaitée) en régime permanent. En pratique, ces erreurs sont toujours présentées à cause de la nature des systèmes (frottement, inertie...). Lors de la conception d'un système, on essaie de les garder inférieure à des limites imposées par le cahier des charges.

III.2.4.b Performances dynamiques :

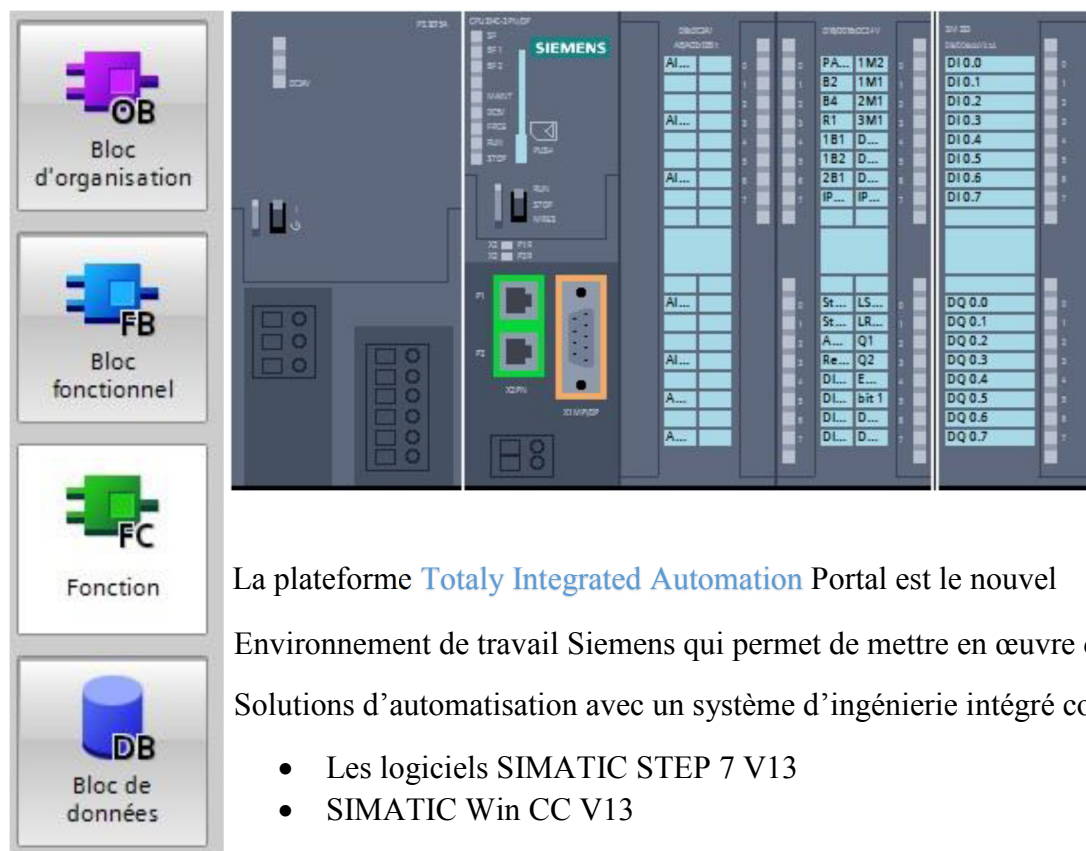
Les performances dynamiques d'un système sont ces performances lors de son régime transitoire. Pour caractériser ces performances on utilise soit, une modélisation ou une entrée en échelon car elle nous fournit une réponse du système à étudier et des renseignements sur le régime transitoire et le régime permanent. Parmi les critères de performances, on peut citer le dépassement maximal, le temps de montée, le temps d'établissement, etc.

Conclusion :

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons analysé le principe de fonctionnement dynamique de la bache alimentaire, ce qui nous a induits à un modèle mathématique, puis nous avons déterminé le type du régulateur, et on choisit les paramètres optimums ajustés dans le régulateur qui a répondu d'une manière satisfaisante aux exigences du système. Enfin, les résultats de la simulation, nous ont permis de tirer des conclusions sur les performances dynamiques du système désiré à partir des réponses indicielles étudiées.

CHAPITRE IV

Présentation du software (Tia portal V13) ET
hardware S7-300

MANIPULATION DU SOFTWARE**INTRODUCTION :**

La plateforme [Totaly Integrated Automation Portal](#) est le nouvel Environnement de travail Siemens qui permet de mettre en œuvre des Solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré comprenant

- Les logiciels SIMATIC STEP 7 V13
- SIMATIC Win CC V13

En plus des applications où se fait la simulation :

- PLCSILM pour les gamme S7-200/300/400
- PLCSIM1500/1200 pour la nouvelle gamme de siemens

IV.1 PARTIE PROGRAMMATION AVEC SIMATIC STEP7

IV.1.1 VUE DU PORTAIL/VUE DU PROJET :

Lorsque l'on lance TIA Portal, l'environnement de travail se décompose en deux types de vue :

- **La vue du portail** : elle est axée sur les tâches à exécuter et sa prise en main est très rapide. Chaque portail permet de traiter une catégorie de tâche (actions). La fenêtre affiche la liste des actions pouvant être réalisées pour la tâche sélectionnée

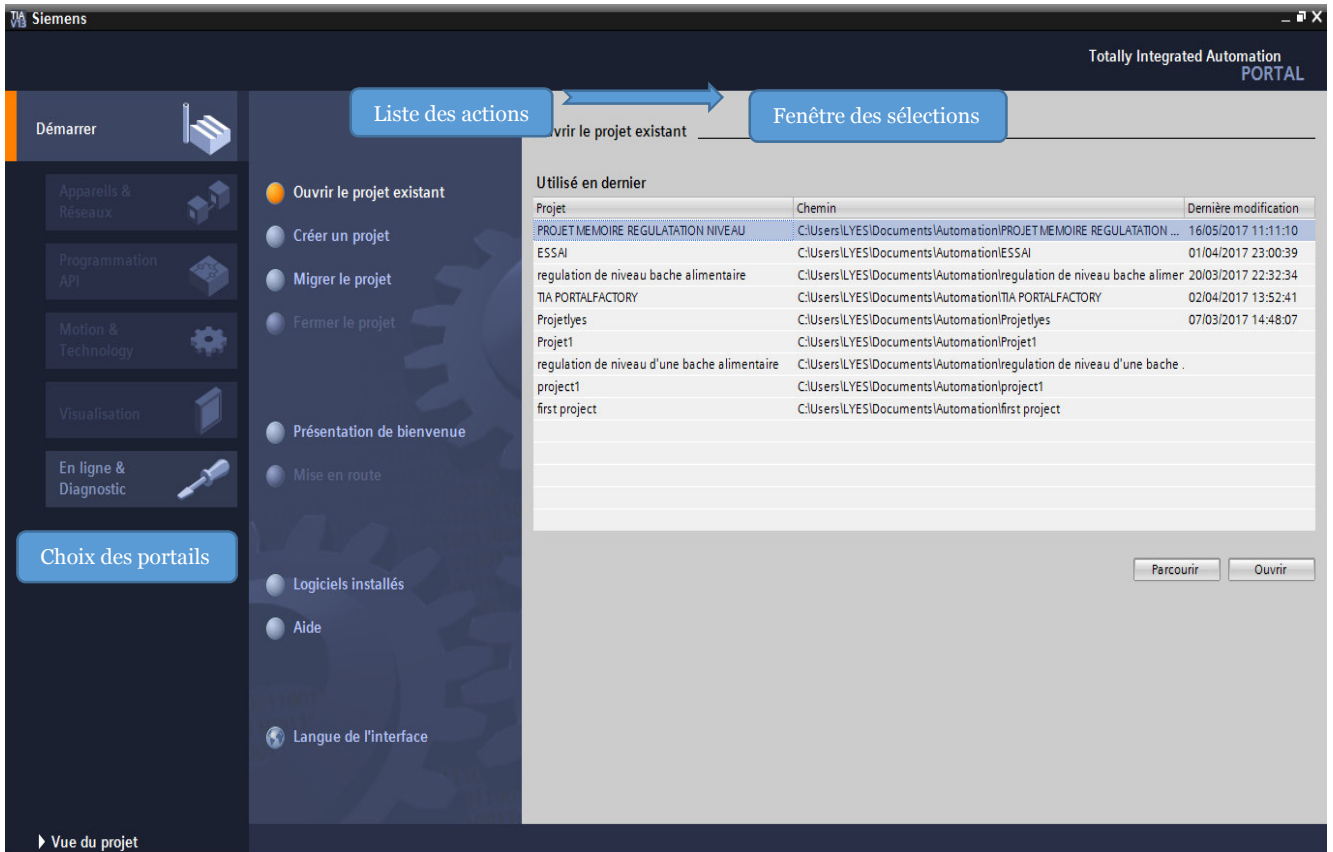


Figure IV.1 : Page d'accueil de TIA PORTAL V13

- **La vue du projet :** elle comporte une arborescence avec les différents éléments du projet. Les éditeurs requis s'ouvrent en fonction des tâches à réaliser. Données, paramètres et éditeurs peuvent être visualisés dans une seule et même vue. L'élément « Projet » contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en œuvre la solution d'automatisation souhaitée.

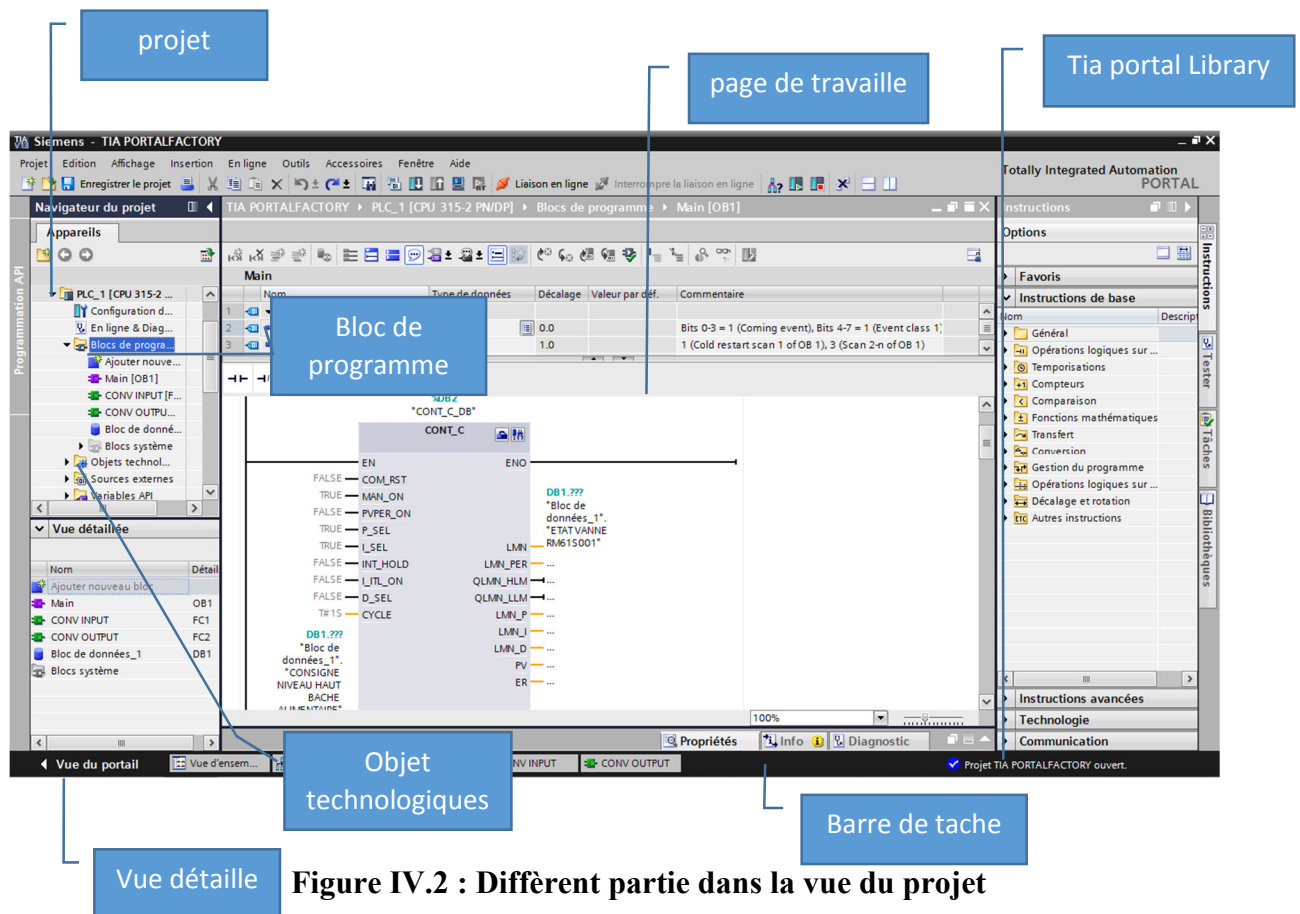


Figure IV.2 : Différent partie dans la vue du projet

La fenêtre de travail : permet de visualiser les objets sélectionnés dans le projet pour être traités. Il peut s'agir des composants matériels, des blocs de programme, des tables des variables, des HMI,...

La fenêtre d'inspection : permet de visualiser des informations complémentaires sur un objet sélectionné ou sur les actions en cours d'exécution (propriété du matériel sélectionné, messages d'erreurs lors de la compilation des blocs de programme...).

Les onglets de sélection de tâches : ont un contenu qui varie en fonction de l'objet sélectionné (configuration matérielle/bibliothèques des composants, bloc de programme/instructions de programmation).

Cet environnement de travail contient énormément de données. Il est possible de masquer ou réduire certaines de ces fenêtres lorsque l'on ne les utilise pas.

Il est également possible de redimensionner, réorganiser, désancrer les différentes fenêtres.

Bloc de programme : ou en trouve les différents blocs de programmation(OB.FB.FC.DB) en cliquant dessus en va avoir notre page où se fait le programme

Objet technologiques : ou se trouve différent bloc de régulation et optimisation comme les bloc PID

IV.1.2 Création d'un projet et configuration d'une station de travail :

A/ Création d'un projet :

Pour créer un projet dans la vue du portail, il faut sélectionner l'action « **Créer un projet** ».

On peut donner un nom au projet, choisir un chemin où il sera enregistré, indiquer un commentaire ou encore définir l'auteur du projet.

Une fois que ces informations sont entrées, il suffit de cliquer sur le bouton « **créer** »

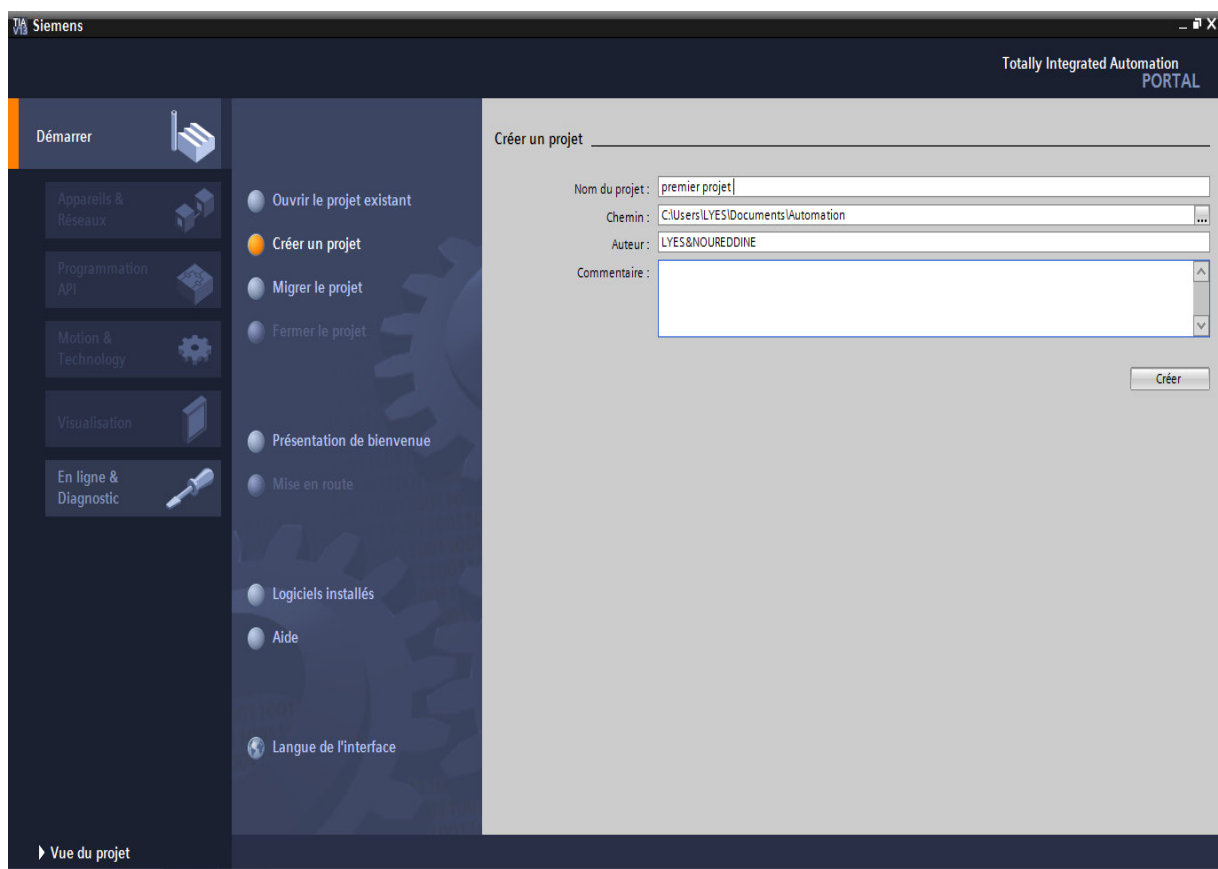


Figure IV.3 : Création du projet

B/choix/Configuration et paramétrage du matériel :

Une fois votre projet crée, on peut configurer la station de travail.

La première étape consiste à définir le matériel existant. Pour cela, on peut passer par la **vue du projet** et cliquer sur « **ajouter un appareil** » dans le navigateur du projet.

La liste des éléments que l'on peut ajouter apparait (API, HMI, système PC). On commencera par faire le choix de notre CPU pour ensuite venir ajouter les modules complémentaires (alimentation, E/S TOR ou analogiques, module de communication AS-i,...)

Les modules complémentaires de l'API peuvent être ajoutés en utilisant le catalogue. Si l'on veut ajouter un écran ou un autre API, il faut repasser par la commande « ajouter un appareil » dans le navigateur du projet.

Lorsque l'on sélectionne un élément à insérer dans le projet, une description est proposée dans l'onglet information.

- DANS NOTRE CAS NOUS AVONS CHOISI CPU315-2PN/DP, dont les caractéristiques seront détaillées plus loin (page 73)

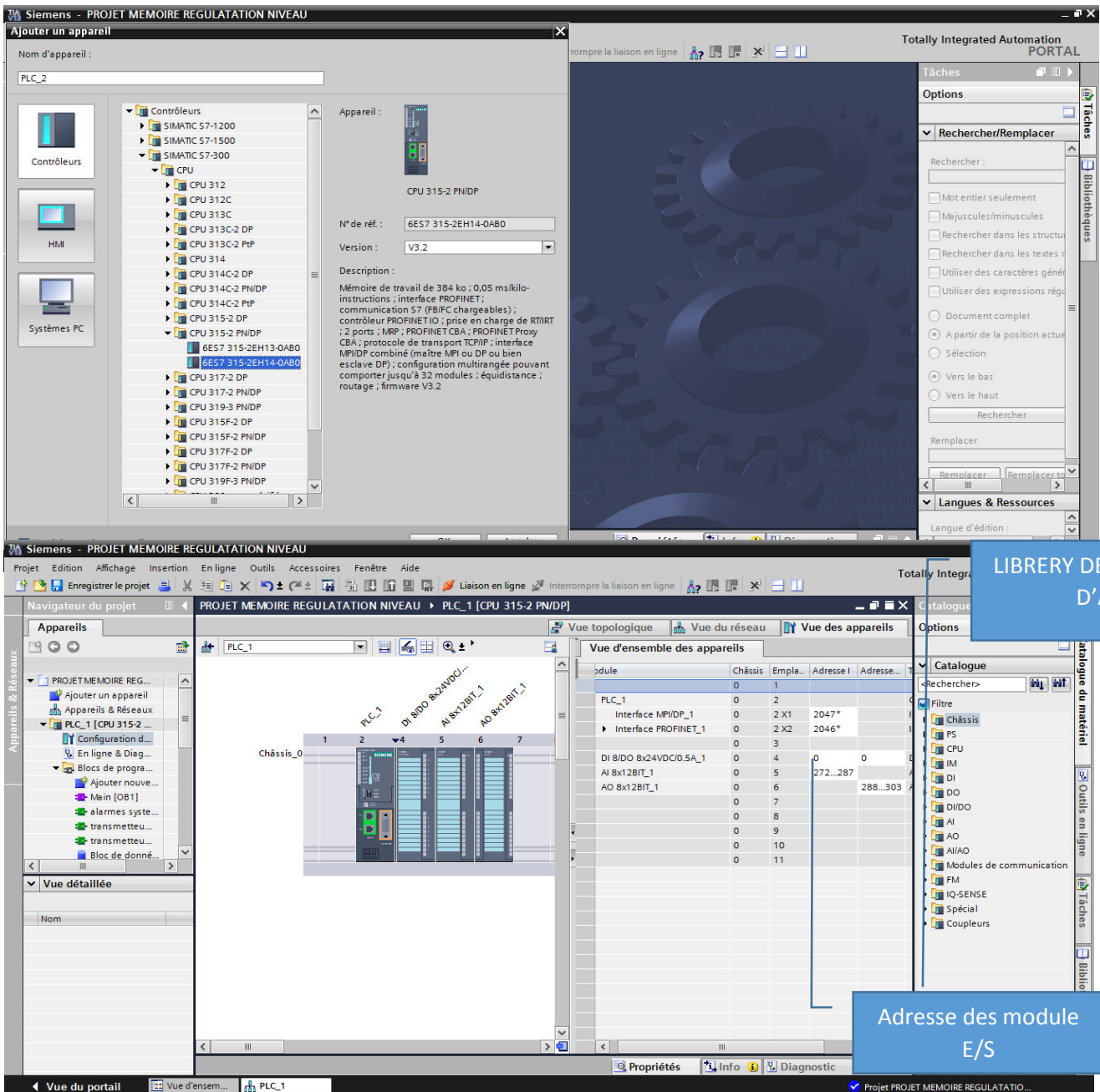


Figure IV.4 : Insertion de l'API

C/Adressage des E/S :

Pour connaître l'adressage des entrées et sorties présentes dans la configuration matérielle, il faut aller dans « *appareil et réseau* » dans le navigateur du projet.

Dans la fenêtre de travail, on doit s'assurer d'être dans l'onglet « *Vue des appareils* » et de sélectionner l'appareil voulu.

On sélectionne la CPU puis à l'aide des deux petites flèches (voir figure), on fait apparaître l'onglet « *Vue d'ensemble des appareils* » (n'hésitez pas à masquer certaines fenêtres et à en réorganiser d'autres). Les adresses des entrées et sorties apparaissent. Vous pouvez les modifier en entrant une nouvelle valeur dans la case correspondante.

D/Adresse Ethernet de la CPU :

Toujours dans les propriétés de la CPU, il est possible de définir son adresse Ethernet. Un double clic sur le connecteur Ethernet de la station fait apparaître la fenêtre d'inspection permettant de définir ses propriétés.

Pour établir une liaison entre la CPU et la console de programmation, il faut affecter aux deux appareils des adresses appartenant au même réseau. On utilisera comme adresse pour l'automate 192.168.2.n° de l'automate.

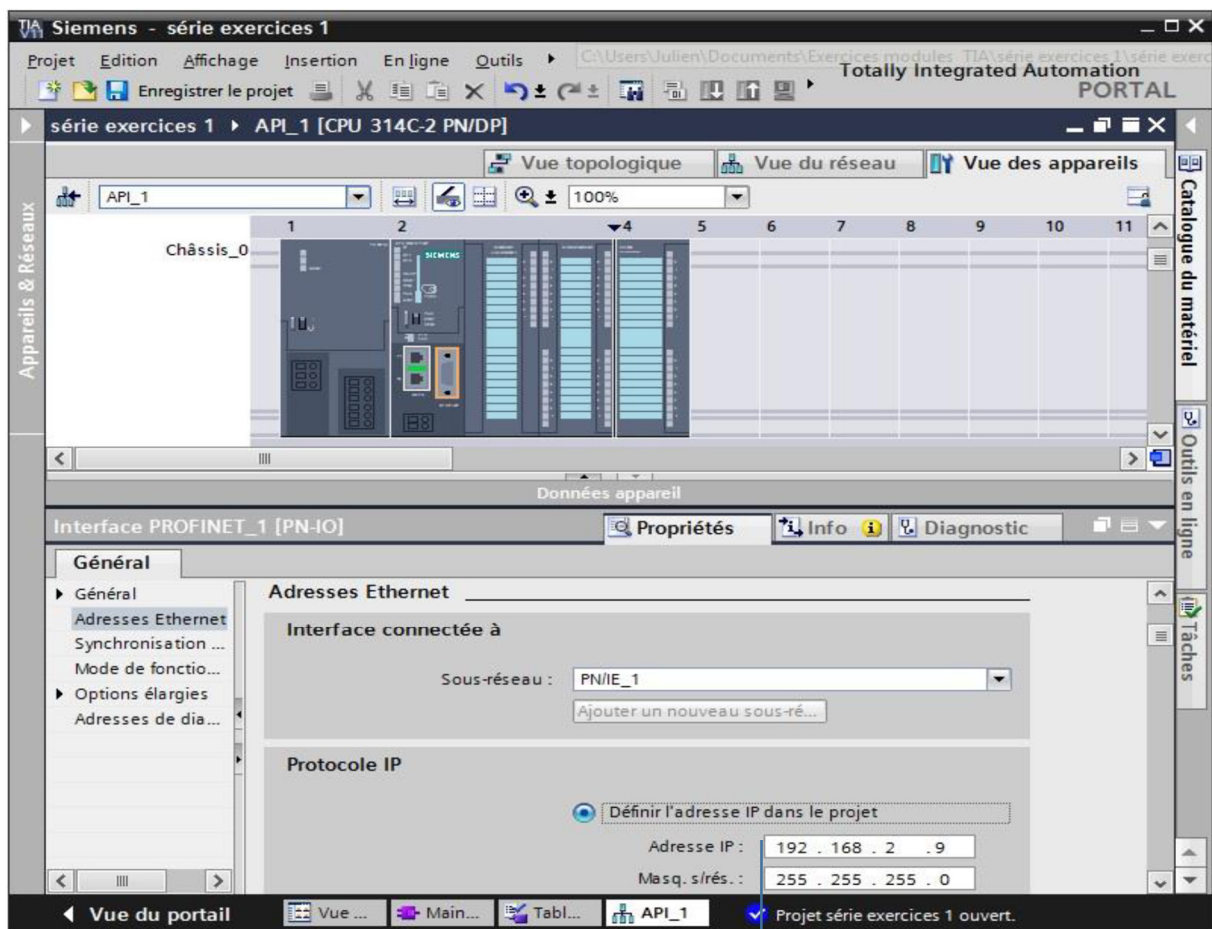


Figure IV.5 : adresse API

ARDESSE IP ET MASK

E/Compilation et chargement de la configuration matérielle :

Une fois la configuration matérielle réalisée, il faut la compiler et la charger dans l'automate. La compilation se fait à l'aide de l'icône « **compiler** » de la barre de tâche. On sélectionne l'API dans le projet puis cliquer sur l'icône « **compiler** ».

En utilisant cette manière, on effectue une compilation matérielle et logicielle.

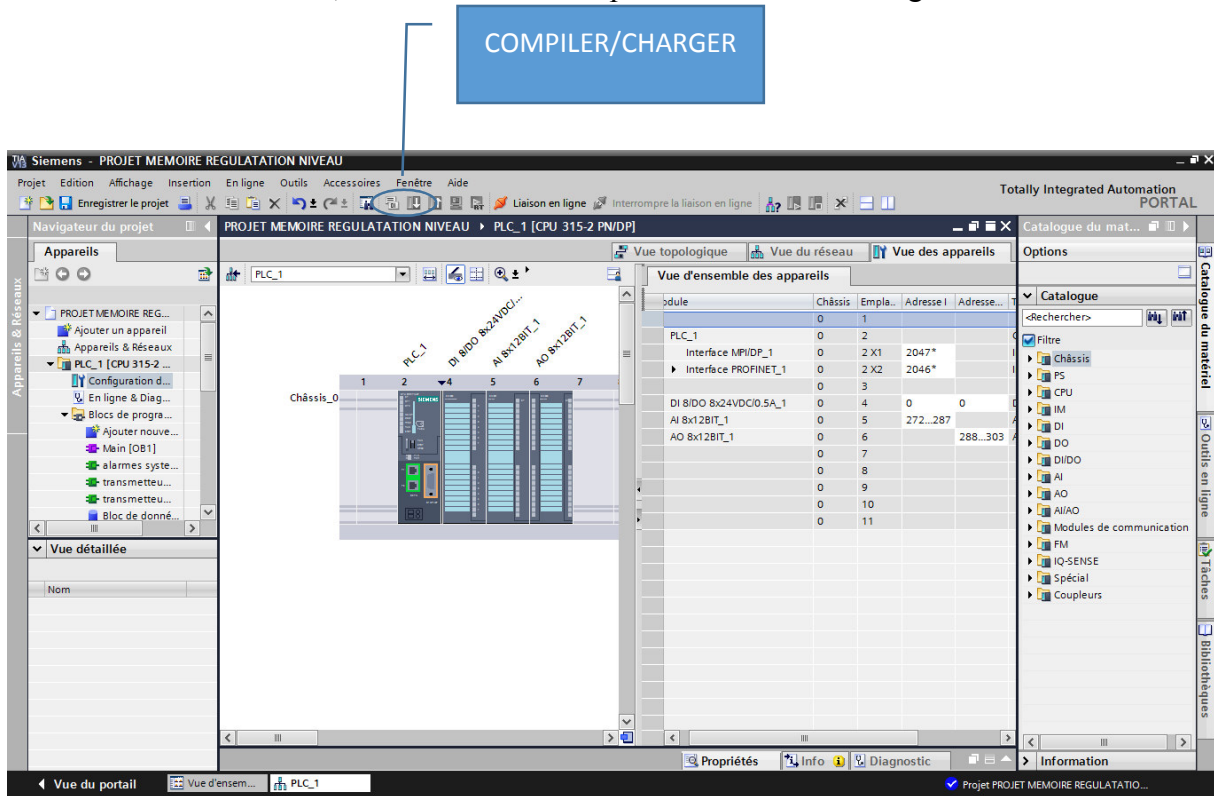


Figure IV.6

Pour charger la configuration dans l'automate, on effectue un clic sur l'icône « **charger dans l'appareil** ». La fenêtre ci-dessous s'ouvre et vous devez faire le choix du mode de connexion (PN/IE, Profibus, MPI). Si vous choisissez le mode PN/IE, l'API doit posséder une adresse IP.

F/Les variables API :

Adresses symbolique et absolue :

Dans TIA Portal, toutes les variables globales (entrées, sorties, mémentos,..) possède une **adresse symbolique** et une **adresse absolue**.

1. **L'adresse absolue** : représente l'identificateur d'opérande (I, Q, M,...) et son adresse et numéro de bit.
2. **L'adresse symbolique** : correspond au nom que l'utilisateur a donné à la variable (ex : lampe start).

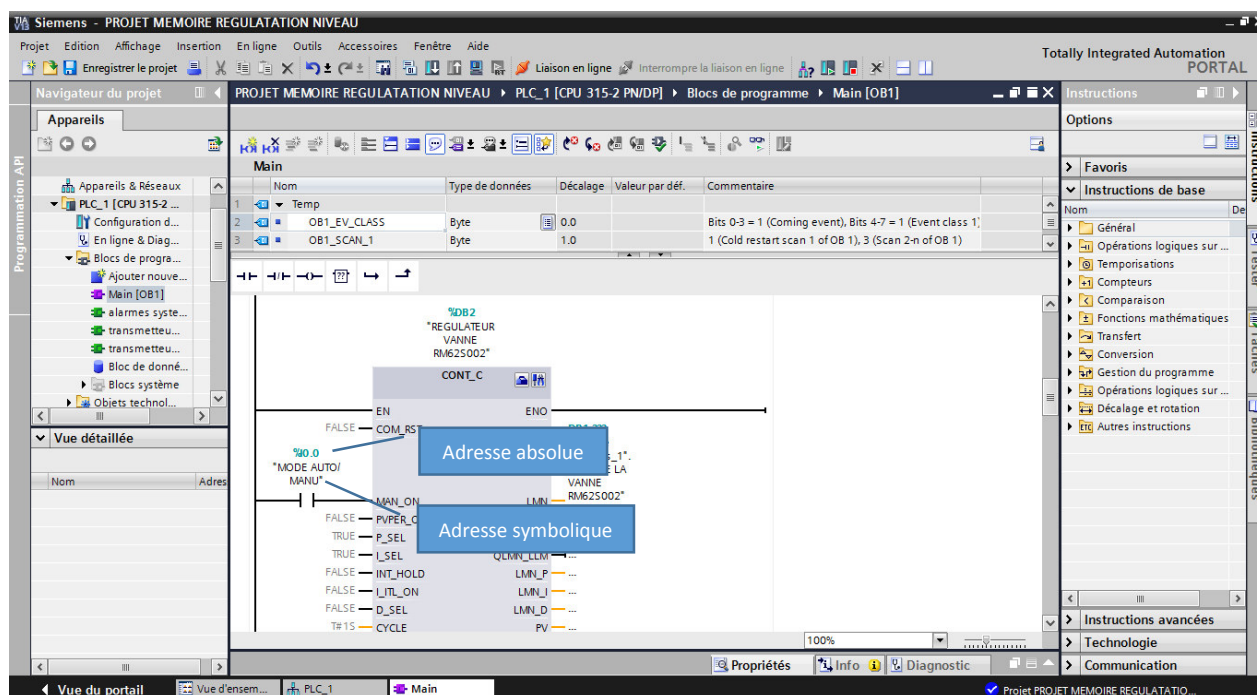


Figure IV.7

***G/*Table des variables API :**

C'est dans la table des variables API que l'on va pouvoir déclarer toutes les variables et les constantes utilisées le programme.

Lorsque l'on définit une variable API, il faut définir :

- Un nom : c'est l'adressage symbolique de la variable.
- Le type de donnée : BOOL, INT,...
- L'adresse absolue : par exemple Q0.2

On peut également insérer un commentaire qui nous renseigne sur cette variable. Le commentaire peut être visible dans chaque réseau utilisant cette variable.

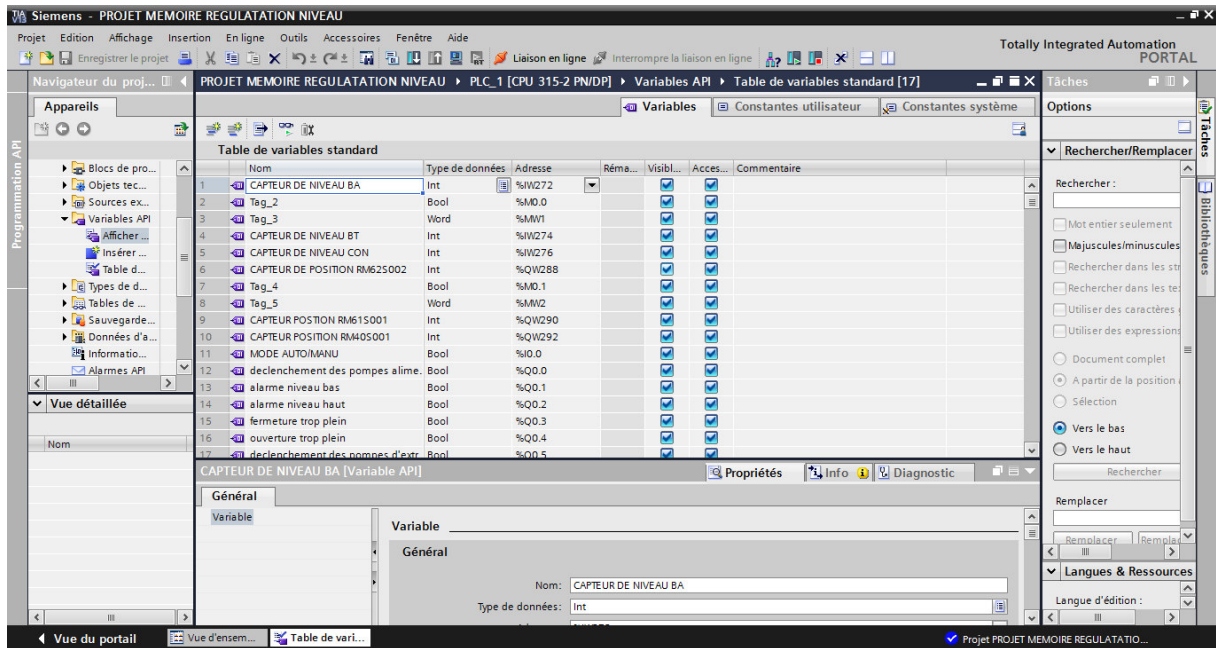


Figure IV.8 : fenêtre des Variable API

H/Renommer / réassigner des variables :

Il est possible de renommer et réassigner les variables API dans la fenêtre de programmation. Pour cela, il faut faire un clic droit sur la variable en question est choisir l'option renommer ou réassigner.

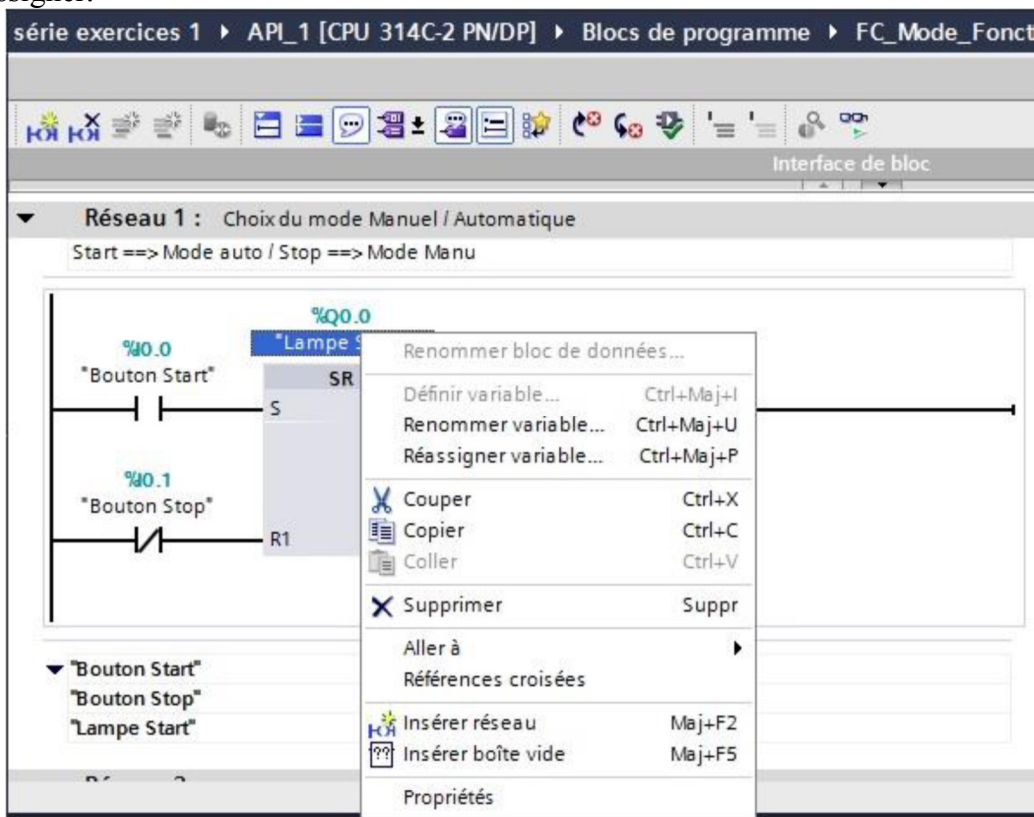


Figure IV.9

- **Renommer la variable** donne l'accès aux paramètres Nom et Commentaire
- **Réassigner la variable** donne l'accès aux paramètres Section, Adresse, Type de données, Table des variables API et Commentaire

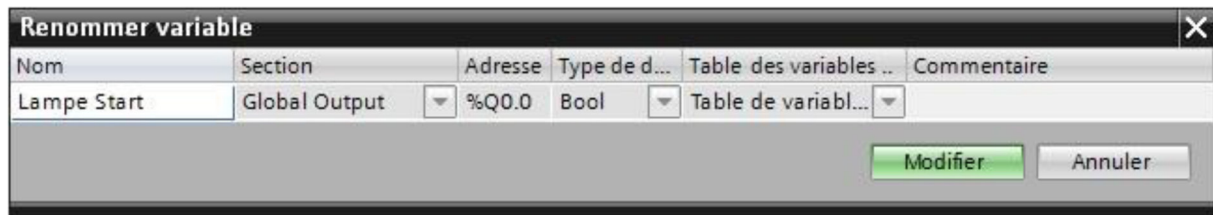


Figure IV.10 : Fenêtre pour renommer les variables

!/Signalisation des erreurs dans la table des variables :

Lorsqu'il y a une erreur de syntaxe dans la table des variables API, celle-ci est signalée en rouge ou en orange. Lorsque l'on sélectionne la case colorée, un message signalant le type d'erreur apparaît.

Une table des variables contenant des erreurs peut être enregistrée mais ne pourra pas être compilée et chargée dans l'automate.

	Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Visible dans IHM	Accessible depuis IHM	Commentaire
1	Lampe Start	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Lampe Reset	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Lampe Q1	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Lampe Q2	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Convoyeur vers la droite	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sur face avant de la station
6	Convoyeur vers la gauche	Bool	%Q0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Déplacement pince vers le haut	Int	%Q1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Déplacement pince vers le bas	Bool	%Q1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Ouverture pince	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Fermeture pince	Bool	%Q1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Rotation pince position 0°				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Rotation pince position 180°				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Lampe Q2(1)				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Bouton Start				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Bouton Stop	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Normalement fermé
16	Interrupteur Auto / Manu	Bool	%I0.2		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Bouton Reset	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figure IV.11 : Tableau de variables

IV.1.3 BLOC FB41 PID CONT-C : [6]

Introduction : Le bloc FB 41 « CONT_C » sert à régler des processus industriels à grandeurs d'entrée et de sortie continues sur les automates programmables SIMATIC S7. Le paramétrage vous permet d'activer ou de désactiver des fonctions partielles du régulateur PID et donc d'adapter ce dernier au système réglé.

Utilisation : Vous pouvez utiliser le régulateur comme régulateur PID de maintien autonome mais aussi comme régulateur en cascade, de mélange ou de rapport dans des régulations à plusieurs boucles. Sa méthode de travail se base sur l'algorithme PID du régulateur à échantillonnage à sortie analogique, complété le cas échéant par un étage conformateur d'impulsions assurant la formation des signaux de sortie à modulation de largeur d'impulsions pour régulations à deux ou trois échelons avec organes de réglage proportionnels.

Algorithme PID :

L'algorithme PID travaille dans l'algorithme de position. Les actions 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, mais aussi un régulateur I pur.

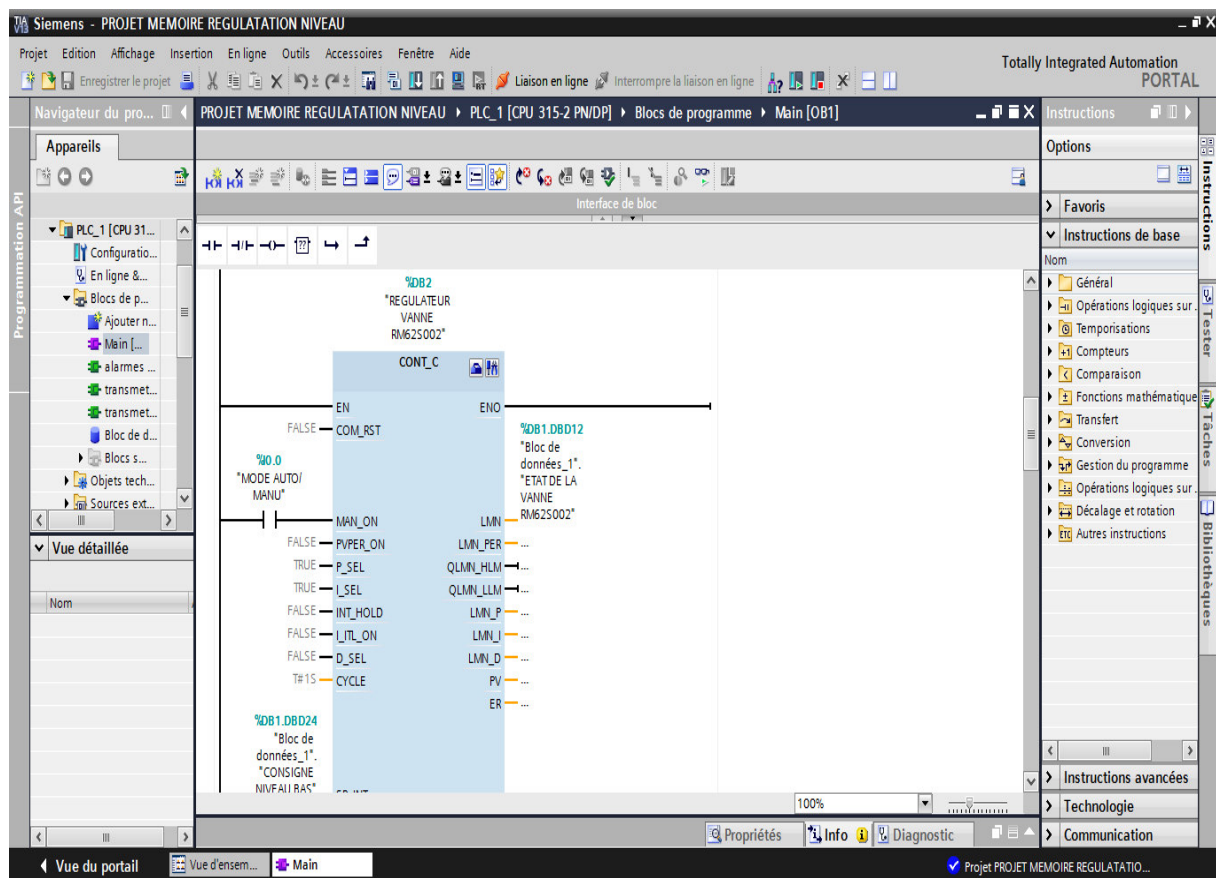


Figure IV.12 : Bloc FB41 Cont-c

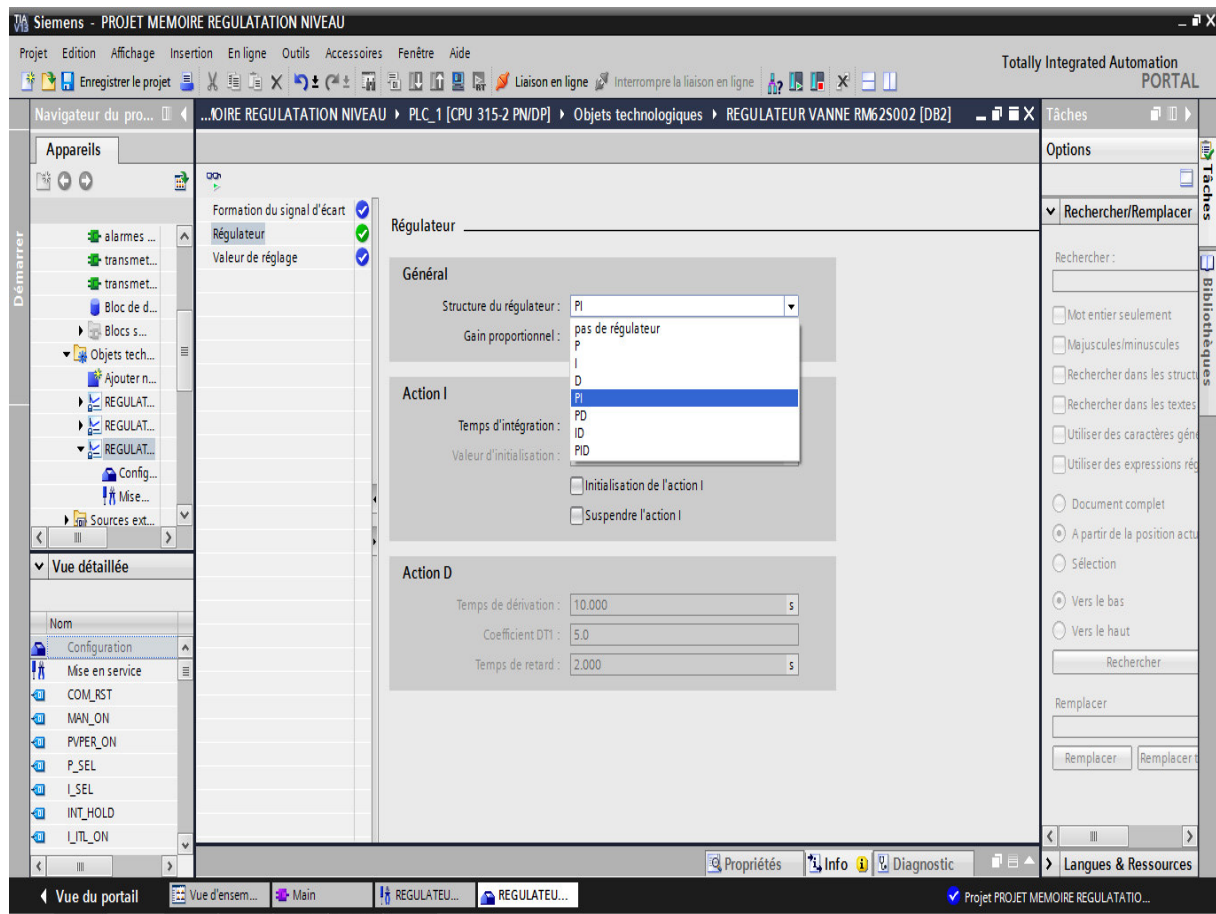


Figure IV.13 : Configuration du régulateur pour la vanne RM62S002

IV.2 PARTIE HARDWARE AUTOMATE PROGRAMMABLE S7-300

IV.2.1 DEFINITION DE L'API :

Un automate programmable est un système électronique fonctionnant de manière numérique, destiné à être utilisé dans un environnement industriel, il utilise une mémoire programmable pour le stockage interne des instructions orientées aux fins de mise en œuvre des fonctions spécifiques, telles que des fonctions de logique, de mise en séquence, de temporisation, de comptage et de calcul arithmétique, (Figure 3.8) pour commander au moyen d'entrées (Tout ou Rien, analogiques ou numériques) des divers types de machines ou de processus. 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. Fig ()

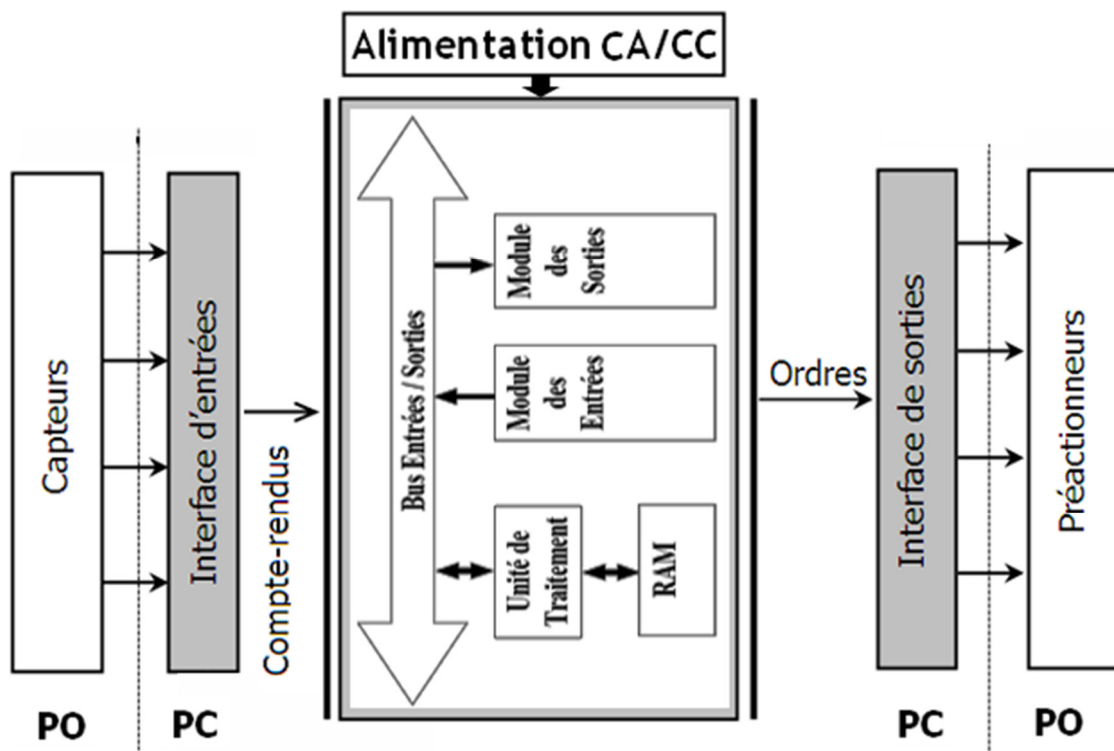


Figure IV.14 : organigramme des différentes étapes de l'automatisation

Trois caractéristiques fondamentales le distinguent des outils informatiques tels que les ordinateurs utilisés dans les entreprises :

- Il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses entrées/sorties industrielles.
- Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (température, vibrations, microcoupures de la tension d'alimentation, parasites, etc.).
- Enfin, sa programmation à partir des langages spécialement développés pour le traitement des fonctions d'automatismes facilitent son exploitation et sa mise en œuvre.

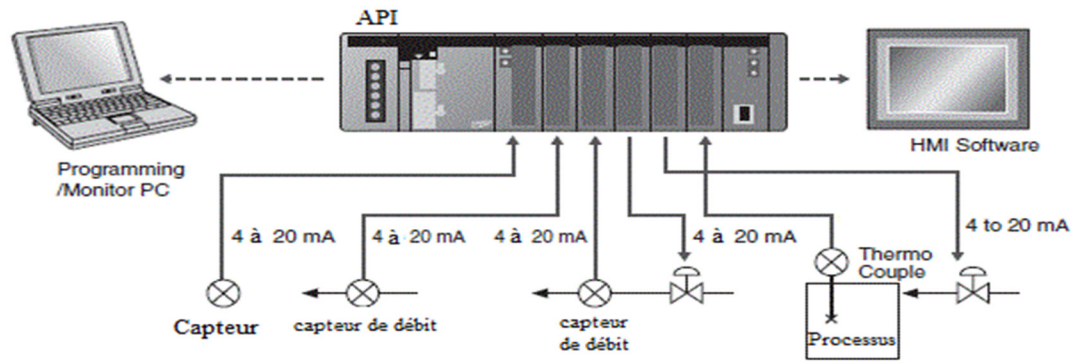


Figure IV.15 : câblage simplifié entre les organes de commande

IV.2.2 Les avantages des automates programmables :[8]

Dès leurs introductions, les API gagnent de la popularité dans les industries et deviennent de plus en plus essentiels et indispensables pour assurer un bon fonctionnement des processus. On peut citer quelques avantages qu'ils offrent :

- La facilité de mise en œuvre relativement aux autres systèmes d'automatisation qui les précèdent.
- La possibilité d'agir sur deux paramètres le matériel et le programme.
- La flexibilité dans la possibilité d'ajout ou de suppression d'une ou plusieurs entrées/sorties (capteur s/actionneurs), ainsi qu'une amélioration ou ajout de fonctions sans avoir à refaire le câblage et cela à travers une console de programmation.
- Rapidité d'exécution.
- Maintenabilité, fiabilité et facilité de diagnostic.
- La Possibilité de tester ses programmes avant utilisation.
- La Possibilité de mettre en œuvre plusieurs automates en réseaux.

IV.2.3 Choix d'un API

IV.2.3.a Critère de choix d'un API :[7]

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

- ✓ Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels et une trop grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions.
- ✓ La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables.

Il faut ensuite quantifier les besoins :

- ✓ Nombre d'entrées/sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées/sorties nécessaires devient élevé.
- ✓ La nature des entrées/sorties : Les entrées et les sorties peuvent être logique, analogique, numérique. Chaque entrée ou sortie devra donc être adaptée au capteur ou au pré-actionneur. Les cartes assurent l'isolation galvanique entre l'unité centrale et le système.

- ✓ Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.

Fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution de différentes fonctions).

IV.2.4 PRESENTATION DE L'API S7-300 :[13]

L'automate programmable industriel S7-300 fabriqué par SIEMENS, qui fait partie de la gamme SIMATIC S7, est un système de commande modulaire destiné à des tâches d'automatisation moyennes et hautes gammes, configurable selon les besoins de l'utilisateur. La configuration et le jeu d'instruction des API SIEMENS sont choisis pour satisfaire les exigences typiques et industrielles et la capacité d'extension variable permet une adaptation facile de l'appareil à la tâche considérée. Fig ()

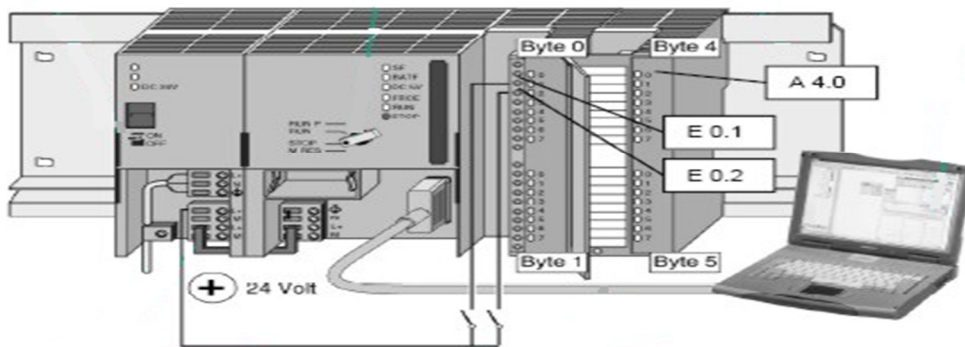


Figure IV.16 : API connecte avec un PC

IV.2.4.a CARACTERISTIQUE DE L'API S7-300 : [13]

- Gamme diversifiée de CPU
- Gamme complète de module
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules
- Bus de fond de panier intégré aux modules
- Possibilité de mise en réseau avec : l'interface multipoint(MPI), PROFIBUS ou INDUSTRIEL ETHERNET PN/IE
- Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules
- Liberté de montage aux différents emplacement
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil (configuration matérielle)

IV.2.4.b Modularité de l'API S7-300 :

Le S7-300 est de conception modulaire, une vaste gamme de module est disponible. Ces modules peuvent être combinés selon les besoins lors de la conception d'une solution d'automatisation, ou la gamme des modules est fixée dans l'ordre suivant

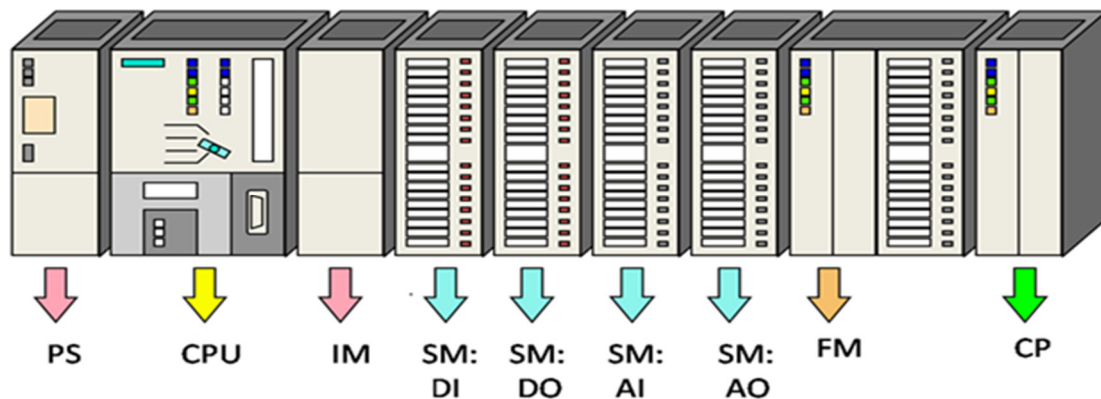


Figure IV.17 : Automate programmable gamme S7-300

▪ Le bloc d'alimentation(PS) :

Le module d'alimentation assure la conversion de la tension du secteur ou du réseau, en tension supportable par l'API (selon les besoins), pour l'alimentation de l'automate, ainsi que la fourniture de l'énergie nécessaire aux différents modules.

▪ Unité centrale (CPU) :

La CPU est le cerveau de l'automate. Elle permet de :

- Lire les états des signaux d'entrées.
- Exécuter le programme utilisateur et commander les sorties.
- Réaliser toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitements numériques (transfert, comptage, temporisation ...).

Elle est constituée par le regroupement du processeur et de l'espace mémoire. Le S7- 300 dispose d'une large gamme de CPU à différents niveaux. On compte les versions suivantes :

- CPU à utilisateur standard : CPU 313, CPU 314, CPU 315 et CPU 316.
- CPU avec fonctions intégrées : CPU 312 IFM et la CPU 314 1FM

Les fonctions intégrées permettent d'automatiser à moindre coût des tâches qui ne nécessitent pas la performance d'un module de fonction (FM). La particularité de ces CPU est qu'elles sont dotées d'entrées/sorties TOR intégrées, d'EEPROM intégrées et des fonctions intégrées.

- CPU avec interface PROFILBUS DP (CPU 315 - 2 DP, CPU 316 - 2 DP CPU 318-2 DP).

Elles sont utilisées pour la mise en place des réseaux. Toutes ces CPU peuvent être utilisées comme maître DP ou esclave DP.

▪ Coupleur (IM)

Les coupleurs sont des cartes électroniques qui assurent la communication entre les E/S, périphéries ou autres et l'unité centrale. L'échange de l'information entre la CPU et les modules d'E/S s'effectue par l'intermédiaire d'un bus interne (liaison parallèle). Les coupleurs ont pour rôle le raccordement d'un ou plusieurs châssis au châssis de base. Pour l'API S7-300, les coupleurs disponibles sont :

- IM 365 : Pour les couplages entre les châssis d'un mètre de distance au maximum.
- IM 360 et IM 361 : pour les couplages allant jusqu'à 10 mètres de distance.

▪ Module communication (CP)

Les modules de communication sont destinés aux tâches de communication par transmission en série. Ils permettent d'établir également des liaisons (point à point) avec :

- Des commandes robots.
- Communication avec des pupitres opérateurs.
- Des automates SIMATIC S7, SIMATIC S5 et des automates d'autres constructeurs

▪ Modules de fonctions (FM)

Ces modules réduisent la charge de traitement de la CPU en assurant des tâches lourdes de calculs. On peut citer les modules suivants :

- FM 354 et FM 357 : Module de commande d'axe pour servomoteur.
- FM 353 Module de positionnement pour moteur pas à pas.
- FM 355 : Module de régulation.
- FM 350-1 et FM 350-2 : Module de comptage.

▪ Modules de signaux (SM)

Ils servent d'interface entre le processus et l'automate. Ils existent des modules d'entrées/sorties TOR, ainsi que des modules d'entrées/sorties analogiques. Les modules d'entrées/sorties sont des interfaces vers les capteurs et les actionneurs d'une machine ou d'une installation. Le nombre total de modules est évidemment limité, pour des problèmes physiques tel que :

- L'alimentation électrique ;
- La gestion informatique ;
- La taille du châssis.

Il existe différents modules d'entrées/sorties dont :

➤ **Les modules d'entrées :**

Ce sont des circuits spécialisés destinées à recevoir en toute sécurité pour l'automate, les signaux issus des capteurs, les interrupteurs ou les boutons poussoirs, et adapter le signal en le mettant en forme, en éliminant les parasites et en isolant électriquement l'unité de commande de la partie opérative.

- **Les modules d'entrées tout ou rien(TOR)** : ils permettent de raccorder à l'automate les différents capteurs logiques tels que : boutons poussoirs, pressostats, limiteurs de couple, poires de niveau, capteurs de position.
- **Les modules d'entrées analogiques** : sont des interfaces pour des signaux analogiques. Les modules d'entrées analogiques convertissent des signaux analogiques (courant, pression, tension) en valeurs numériques qui peuvent être traitées par la CPU

➤ **Les modules des sorties :**

Ce sont des circuits spécialisés destinées à commander en toute sécurité, les pré- actionneurs ou les actionneurs, et adapter les niveaux de tensions de l'unité de commande à celle de la partie opérative du système en garantissant une isolation galvanique entre ces dernières.

- **Les modules de sorties TOR** : ils permettent de raccorder à l'automate les différents pré-actionneurs, tels que les bobines des contacts moteurs.
- **Les modules de sorties analogiques** : sont des interfaces pour des signaux analogiques. Ces modules fournissent des signaux analogiques en fonction de valeurs qui lui sont transmises par la CPU. L'opération de conversion est assurée par des convertisseurs numériques/analogique (CNA).
- **Périphériques de la communication extérieure :**

On peut communiquer avec l'automate S7-300 ou la CPU avec console de programmation (PG) ; contient le logiciel de programmation (STEP 7). Elle permet :

- D'écrire le programme, de la compiler et de transférer à l'automate ;
- D'exécuter le programme pas à pas et de le visualiser ;
- De forcer ou de modifier des données telles que les entrées, les sorties, les bits internes, les temporisations, les compteurs, etc.

Modules de simulation (SM 374) :

Le module de simulation est un module spécial qui est installé à la demande de l'utilisateur. Dans le S7-300, ce module se monte à la place d'un module d'entrée ou de sortie TOR. H assure plusieurs fonctions telles que :

- La simulation des signaux de capteurs aux moyens d'interrupteurs.
- La signalisation d'état des signaux de sorties par des LED.

▪ **Eléments auxiliaires :**

- Un ventilateur est indispensable dans le châssis comportant de nombreux modules, ou dans le cas où la température ambiante est susceptible de devenir assez élevée ;
- Un support mécanique : il peut s'agir d'un rack. L'automate se présente alors sous forme d'un ensemble de cartes, d'une armoire, d'une grille et des fixations correspondantes ;
- Des indicateurs d'états : concernant la présence de tension, le charge de batterie, le bon fonctionnement de l'automate...etc.

AUTOMATE CHOISI DANS NOTRE PROJET**CPU 315 PN/DP :**

Numéro de référence :6ES7 315-2EH14 0AB0

Mémoire de travail : 384 ko

Configuration multi rangée : jusqu'à 32 modules

Version : V3.2

Temps de surveillance du cycle :150 ms

Tension d'alimentation :24VCC

Vitesse de traitement des données :0.05ms/kilo-instruction

MPI/DP (maitre MPI ou DP esclave)

Configuration matérielle :

Le châssis « RACK-300 »

Le CPU 315 PN/DP

Module d'entrées/sorties TOR DI8/DO8 x DC24V/0,5A ; par groupes de 8

Module d'entrées analogiques AI8 x U/I/RTD/TC 12 bits, précision env.1%, par groupes de 8

Module de sorties analogiques AO8 x U/I 12 bits ; précision env. 0,6% ; par groupes de 8

CONCLUSION :

La diversité des technologies utilisées dans les systèmes industriels permet à l'utilisateur de choisir celle qui convient mieux à son système. Néanmoins les technologies programmées présentent des avantages, pour cela la plupart des industries, des programmeurs et des concepteurs des systèmes automatisés préfèrent son utilisation. Les automates programmables sont l'une de ces technologies programmées, ils permettent désormais des dialogues en réseaux, ce qui permet l'utilisation des moyen d'interface homme/machine ou de supervision aident les opérateurs dans la prise des décisions

CHAPITRE V

SUPERVISION ET SIMULATION DU PROJET
SUR TIA PORTAL V13

INTRODUCTION :

L'utilisation de moyens de supervision gagne de plus en plus sa place dans les systèmes industriels, ces derniers à offrir aux opérateurs toutes les informations qui peuvent lui servir dans sa prise de décision, notamment lors de l'arrivée d'un problème donné, comme il est peut-être des systèmes ayant plusieurs fonctionnalités tels qu'un réseau d'ordinateur coopérant dans la supervision d'un système. Dans ce chapitre nous allons implanter le système de supervision qui est composé d'un pupitre capable d'acquérir des données relatives au fonctionnement de la régulation de niveau de la bache alimentaire.

V.1 Supervision industrielle [14]

V.1.1. Définition de supervision industrielle :

La supervision industrielle consiste à surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé, pour l'amener et le maintenir à son point de fonctionnement optimal. Née du besoin d'un outil de visualisation des processus industriels, dans un contexte économique de productivité et de flexibilité, la supervision a bénéficié d'une avance technologique exceptionnelle.

La supervision est un maillon de l'information totale et intégrée de l'entreprise.

V.1.2. Les systèmes de supervision industrielle :

L'opérateur chargé de conduire le procédé industriel a besoin des outils de visualisation en temps réel du processus qui lui permettent à partir de l'évolution de ses paramètres de prendre des décisions adéquates.

Ils existent divers outils permettant cette visualisation en temps réel, nous citons par exemple le pupitre opérateur, les écrans industriels et les PC industriels, ce dernier est plus avantageux, notamment pour ses capacités de sauvegarde et traitement des données prélevées périodiquement du procédé, de ses capacités de communiquer avec plusieurs stations, autrement dit ses capacités de travail sur le réseau local (LAN) ou large (WAN).

- **Les systèmes monopostes :**

Ils sont utilisés dans de petites applications mais ils peuvent également commander et contrôler des parties d'installation autonome. Un système monoposte fonctionne de manière suivante, il dispose de toutes les ressources nécessaires à l'exploitation, il récupère les informations issues des automates par le couplage point à point, bus de processus ou LAN, la liaison avec le monde de la bureautique se fait via des réseaux locaux.

- **Les systèmes multipostes :**

Ils permettent la conduite de processus de la même partie de l'installation par plusieurs opérateurs, chaque opérateur voyant les actions de l'autre. Les indications de processus ou les acquittements de message depuis l'un des postes de conduite sont éventuellement à la disposition des autres postes de conduite. Plusieurs postes de conduite fonctionnent solidairement dans un système multiposte, ils utilisent en commun des performances centralisées, par exemple l'acquisition de données ou l'archivage.

V.1.3 Caractéristique principale d'un système de supervision :

Le système de supervision présent dans les situations normales, sur les synoptiques d'une ou plusieurs vues de synthèse sur le système industrielle, une ou plusieurs vues sur l'activité en cours et les éléments du système concerné.

Les modules de contrôle du système génèrent des alarmes, un journal enregistre tous les événements significatifs survenus sur le système pendant que les écrans de contrôle des opérateurs retransmettent les alarmes. L'élaboration de ces alarmes dépend du système et de l'effort de modélisation préalable à l'automatisation du système.

En pratique l'opérateur est seul devant son système, débordé par la quantité d'information qui se présente à lui, les éléments explicatifs font souvent référence à des modules qu'il connaît peu, ceci l'amène à prendre des décisions sur des références qui lui sont personnelles et dans le cas où elles ne sont pas adaptées à la situation réelle peuvent engendrer des dangers.

Contrairement au système à événement discret, les interfaces conçues pour la conduite de procédés continus nécessitent des options multimédias pour limiter les erreurs d'interprétation des informations et leur prise en compte rapide par l'opérateur. Pour cela, la communication homme/machine doit être particulièrement étudiée pour rendre efficace l'interaction entre le système d'aide à la supervision et l'opérateur.

V.1.4 Matériel supervisable :

Il faudra, dans le cas général, connaître les types et marques d'API connectables, c'est-à-dire susceptibles d'échange avec le superviseur le contenu de leur mémoire, il faudra aussi s'informer des régulateurs, des ordinateurs de conduite et des commandes numériques de machines-outils connectables, ainsi que d'autres dispositifs tels que les entrées-sorties, cette liste n'étant pas exhaustive. Un logiciel de supervision qui ne peut traiter qu'une seule marque de matériel est parfois dit dédié.

V.1.5 Base de données :

La base de données du superviseur contient les informations concernant les divers automatismes, c'en est donc l'élément central, et il faut connaître le nombre et le type de variable qu'elle peut mémoriser. Ces variables peuvent être :

- Tout ou rien (TOR), représenté par un bit unique 0 ou 1
- Analogique, représenté par un nombre de bits prédéfini
- Des chaînes de caractères, également codées suivant un formatage (nombre de bits) prédéterminé

Plusieurs modes de rafraîchissement sont envisageables :

- Cyclique, c'est-à-dire périodique à une fréquence définie par l'utilisateur
- Cyclique paramétrable, mode dans lequel la base de données est partagée en plusieurs blocs, rafraîchis avec différentes périodicités
- Sur exception, pour les seules variables qui ont changé de valeur, etc...

V.1.6 Communication :

Un superviseur est d'autant plus ouvert à divers types d'automatisme qu'il support (met en œuvre) un plus grand nombre de types de protocole, ma normalisation n'étant pas la règle, on l'a dit, Le problème se pose aussi dans la cohérence temporelle dans l'information transmise à la base de donnée, qui pourraient dater de créneaux de temps, d'intervalles d'échantillonnage différents, en particulier lorsqu'un ne provienne pas du même processus industrielle, la datation systématique des donnée résout ce problème mais en pose un autre, celui de la synchronisation des divers horloges, chaque procédé industrielle possédant la sienne, la difficulté d'accroît lorsque les information doivent cheminer dans un réseau de communication.

V.1.7 Traitement :

Divers traitements standard sont disponibles sur les superviseurs, l'exploitant peut aussi développer ses propres programmes à partir de langages particulier à la machine qu'il utilise, Les traitement les plus courants sont :

- **La représentation graphique des données :**

Sous forme de courbe de conduite ou d'historique présentes à l'écran, avec des facilites diverses (loups, fenêtre).

- **Le traitement des alarmes et défauts :**

L'alarme étant généralement élaborer par comparaison d'une variable et d'un seuil, alors le défaut est un évènement qui a entrainé une réaction du système de commande, Le système attendra de l'opérateur qu'il acquitte l'alarme, c'est-à-dire qu'il indique en a pris connaissance

- **L'archivage :**

Possible de conserver l'historique des variables du processus, dont la capacité doit être exprime en nombre de variable plutôt qu'en mégaoctets.

- **L'édition :**

L'impression sur papier de diverses informations, telles que la consignation d'état, relevé à une instante donnée de l'ensemble des valeurs des variables, ou le journal de bord, dont le contenu est habituellement fixé par l'exploitant.

V.1.8 La conduite de supervision :

La conduite est souvent imbriquée avec la supervision, On dispose alors sur le(s) poste(s) de supervision de la possibilité de télécommande le processus, en forçant (fixant) la valeur de certaines variables, et de lui envoyer des recettes, c'est-à-dire de modifier les caractéristiques du produit fabriqué, de charger de matière premier, etc. faudra, dans le cas d'une supervision multiposte, fixer les priorités d'accès.

V.1.9 La sûreté de fonctionnement :

Si l'on souhaite intégrer en tout ou partie les fonctions de conduite et supervision des API, il faut que la sûreté de fonctionnement des superviseurs, c'est-à-dire des logiciels de supervision, soit comparable à cette des API, les mesures à prendre sont les suivants :

- On définira des clefs d'accès réservées aux seuls opérateurs autorisés, à l'introduction de nouvelle recette, et l'on bornera les modifications possibles de la fabrication en cours.
- Il faudra être en mesure de détecter les erreurs de transmission, le cas échéant à travers les protocoles de communication eux-mêmes.
- On s'efforcera de tester les logiciels mis en œuvre : adéquation des algorithmes aux spécifications, débogage, qualification ou test du logiciel dans un maximum de cas possible et au moins dans toutes les combinaisons d'état des E/S
- Il y aura lieu, enfin, d'étudier la sûreté de fonctionnement du matériel hôte fiabilité, tenue aux grandeurs d'influence, etc.

V.1.10 Besoin auxquels doit répondre la supervision :

Cette notion de juste qualité engendre les besoins suivants pour la supervision :

✓ **Flexibilité global :**

Les trois composantes fondamentaux d'un système de production sont les hommes, les équipements et les produits, la maîtrise séparer de ces trois ressources est indispensable pour l'adéquation recherché, la supervision coopère ainsi à la décision

✓ **Traçabilité immédiate :**

Pallier les défauts, avant qu'ils ne surviennent. La diminution des rebuts, ainsi que la conformité des produits, exigent des systèmes de SPC (statiques process control) en temps réel intègre au supérieur et permettant de réagir rapidement aux dérives observer, grâce aux mesure et calculs immédiats de statistique de production, chaque produit peut être ainsi répertorié, par ses caractéristiques optimales de fabrication.

✓ **Ergonomie accrue :**

L'ergonome s'appuie sur quatre niveaux : lexical (vocabulaire), syntaxique (grammaire), sémantique (signification) et pragmatique (objectifs). La conception juste d'une information est fondamentale.

✓ **La télé supervision :**

La notion même de salle de control, lieux de prédilection des superviseurs, laisse la place aujourd'hui à des postes nomades circulants géographiquement et accompagnant les opérateurs d'exploitation sur leur lieu d'intervention, l'image de l'opérateur muni d'un récepteur radio remplace peu à peu celle de l'opérateur assis face à son écran.

✓ **Solution technologique :**

Parallèlement, la solution technologique, qui s'avérera très vite comme une nouvelle génération de l'informatique, fusionnent et seront déterminantes pour l'usine de la future

✓ **Concept d'objet :**

L'informatique sort peu à peu de sa structure fonctions/données au profit de l'objet, plus proche de notre forme de raisonnement, et bénéficiant surtout de concept fondamentaux pour un informatique inventif.

✓ **Adaptabilité :**

Pouvoir configurer au mieux ses ressources disponibles, tel est l'enjeu permanent de l'entreprise. Les réseaux de terrain apportent sur ce point des notions intéressantes, En effet, Ils assurent l'acquisition, le traitement et le pilotage des fonctions d'automatisme

V.2 PARTIE SUPERVISION AVEC SIMATIC winCC PROFESSIONNEL

V.2.1 Définition de WinCC professionnel :

Le WinCC (Windows Control Center) qui est intégré avec TIA PORTAL V13 de Siemens, est un logiciel d'ingénierie pour la configuration de pupitres SIMATIC, de PC industriels SIMATIC et de PC Standard avec le logiciel de visualisation WinCC Runtime.

Il a pour but grâce à la programmation de résoudre les tâches de supervision Concernant la surveillance de l'opérateur, de fabrication et le contrôle de l'automate De la production. Il fournit des unités fonctionnelles appropriées à l'industrie pour La représentation graphique, les alarmes, l'archivage et le Protocol.

V.2.2 INTRODUCTION DU PUPITRE D’AFFICHAGE HMI : on clique sur ajouter un nouvel appareil on sélectionne HMI (pupitre) puis on choisit l'écran qui convienne puis ok

➤ Dans notre cas on a choisi un HMI de 22 pouce 'un TP2200 confort

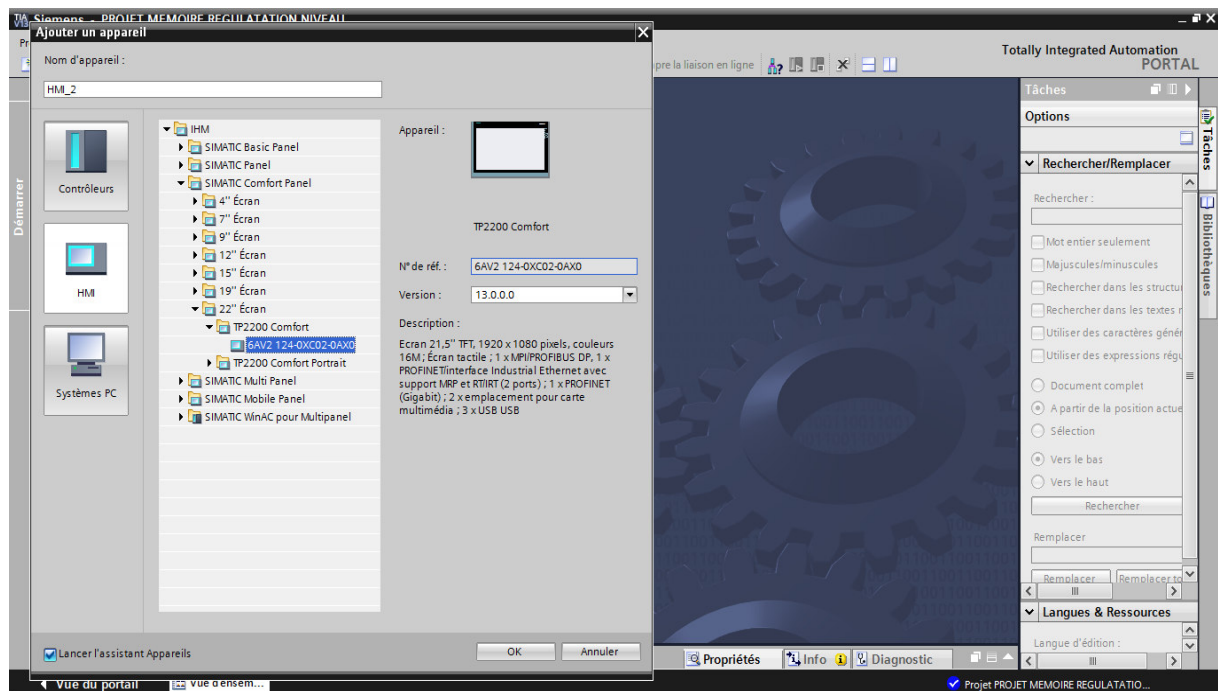


Figure V.1 : Insertion du HMI (1)

A/Liaison avec l'API :

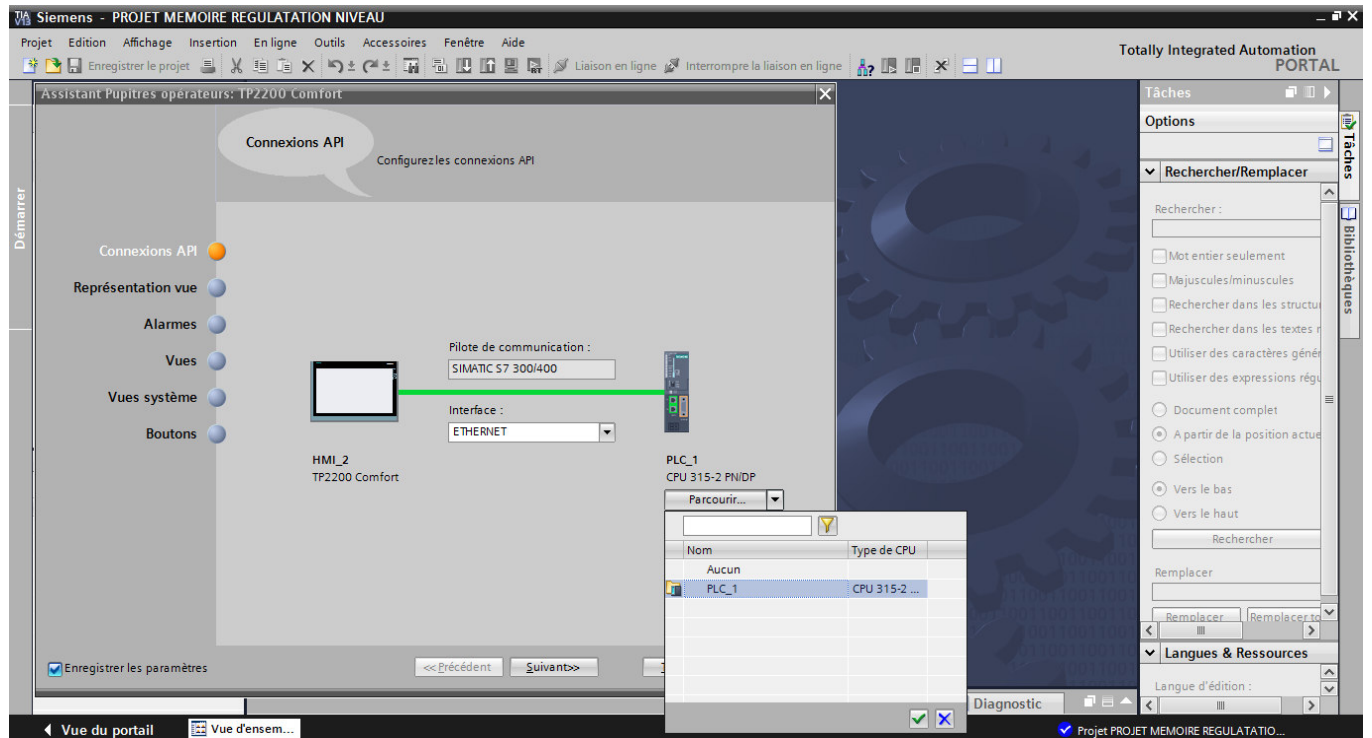


Figure V.2 : Insertion du HMI (suit)

B/VUE DU PUPITRE :

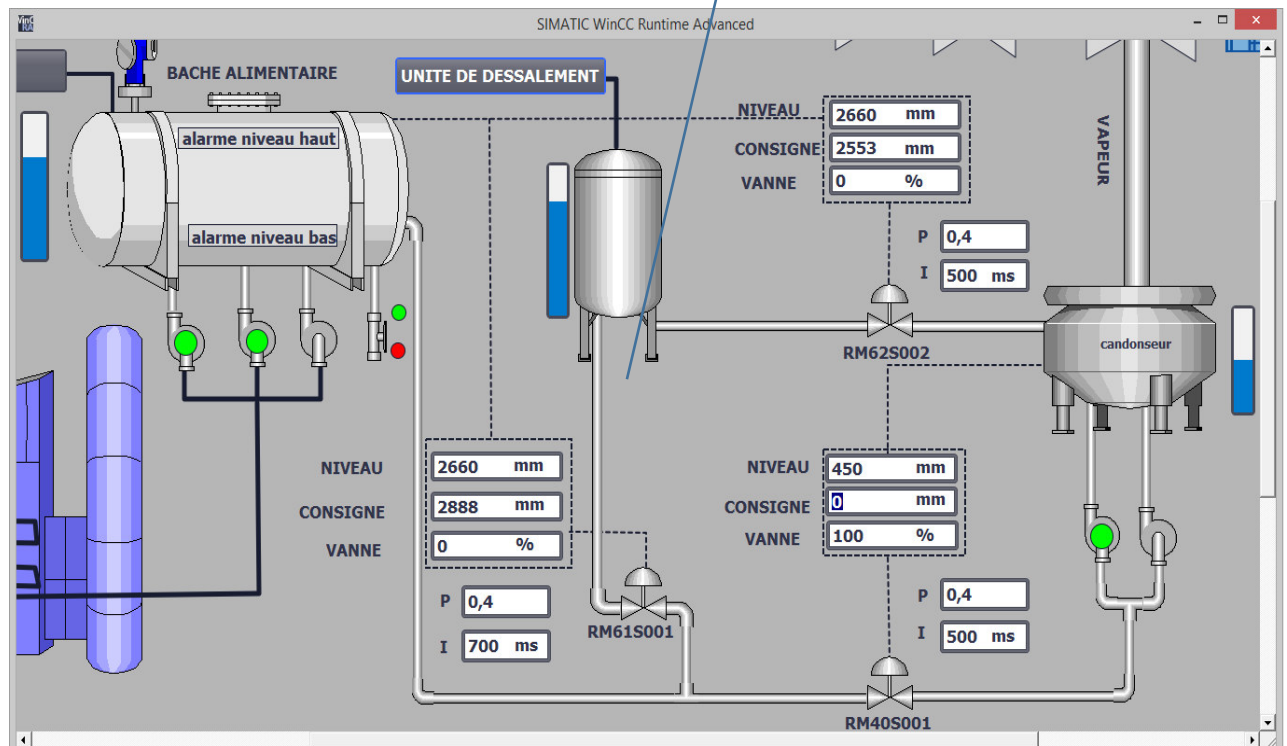


Figure V.3 : Vue du SCADA

C/Paramétrage des éléments : pour l'attribution des variable BOOL/ANALOGIQUE on sélectionne sur l'HMI l'élément a quand veux attribuer puis on va propriété/animation/liaison des variables/contribuer variable et on choisit l'adresse qui convient.

V2.3 SIMULATION :

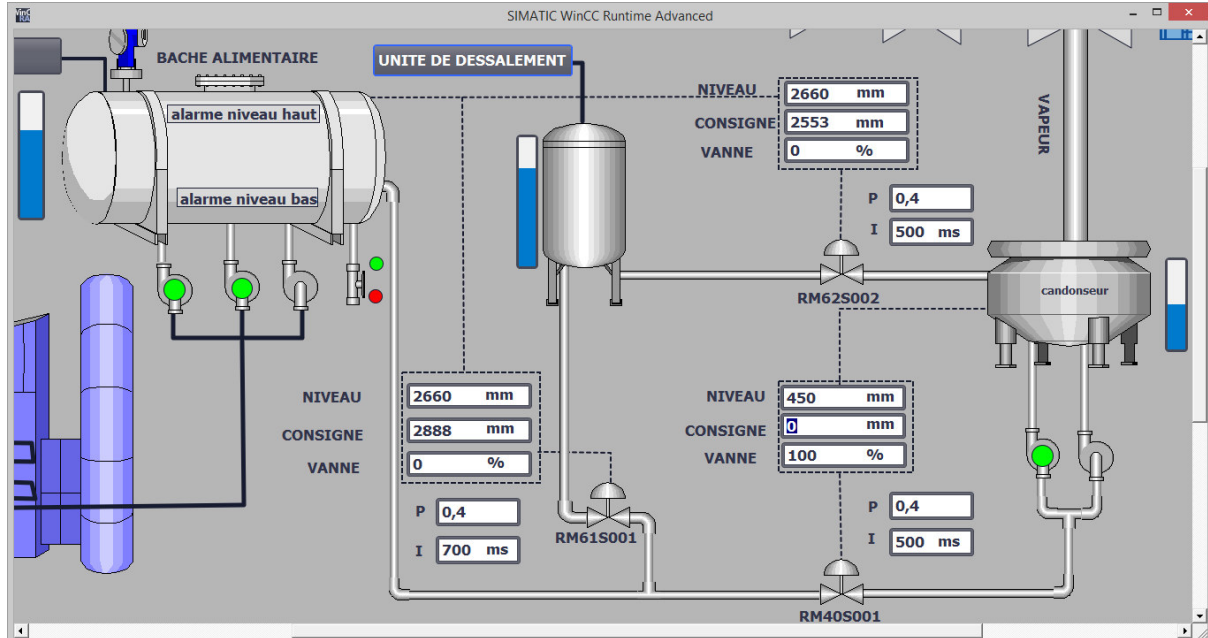


Figure V.4 : vue du SCADA après simulation (état stable sans alarme)

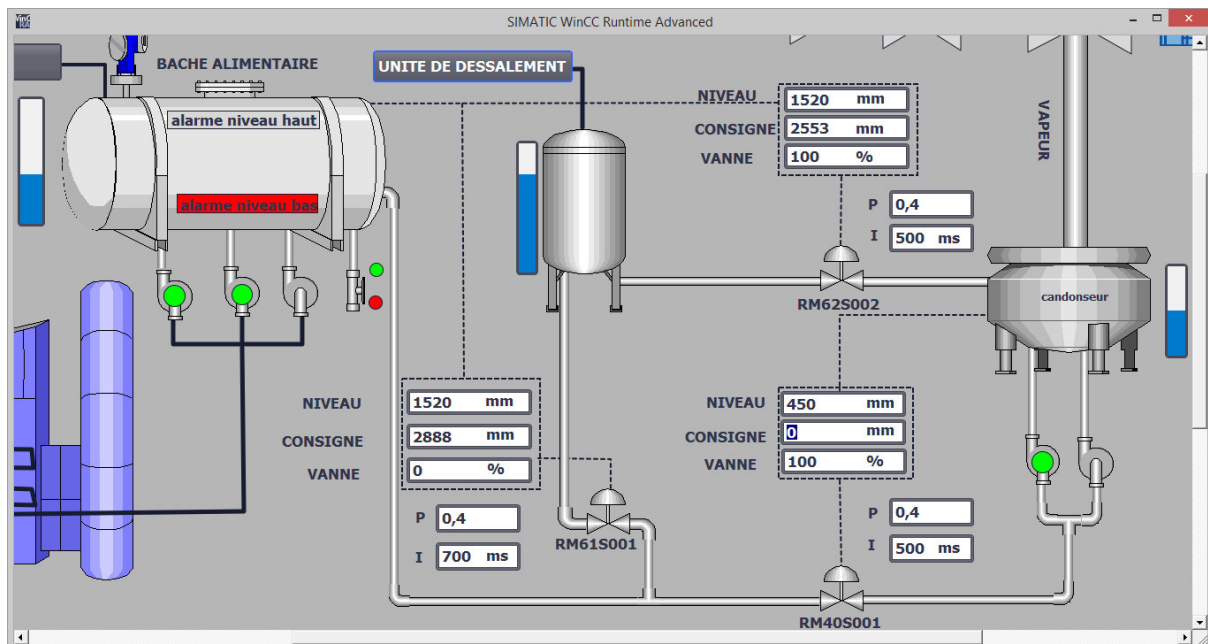


Figure V.5 : avertissement du niveau bas de la bache alimentaire

Cet état contribuera à l'activation de l'avertissement (alarme niveau bas). Dans cet état l'opérateur doit muter vers le mode manuel des régulateurs pour modifier l'état des vannes de Façon à annuler cette alarme si l'opération n'est pas réalisée rapidement

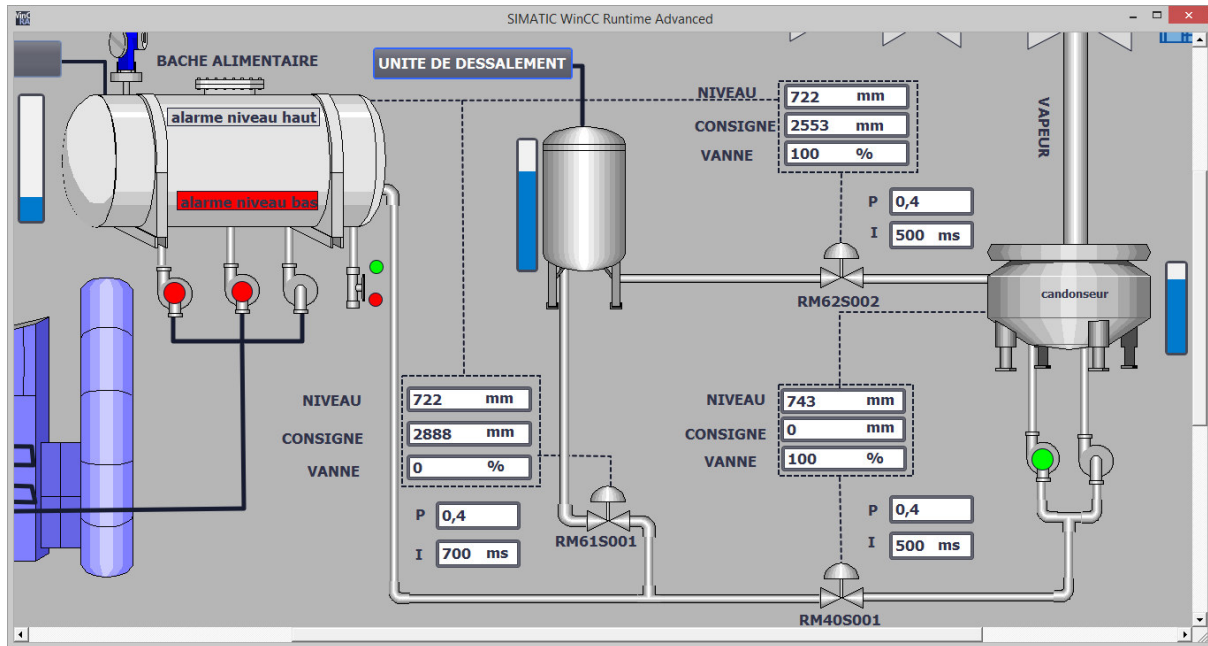


Figure V.6 : état critique du niveau bas déclenchement des pompes alimentaire

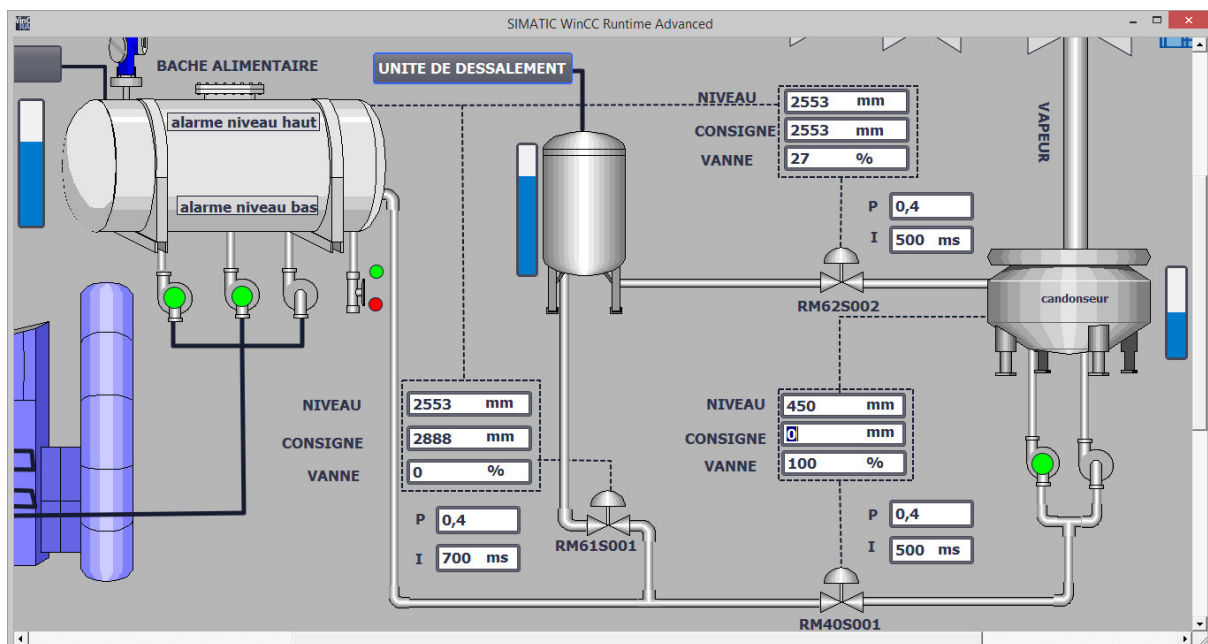


Figure V.7 : système sans alarme (stable)

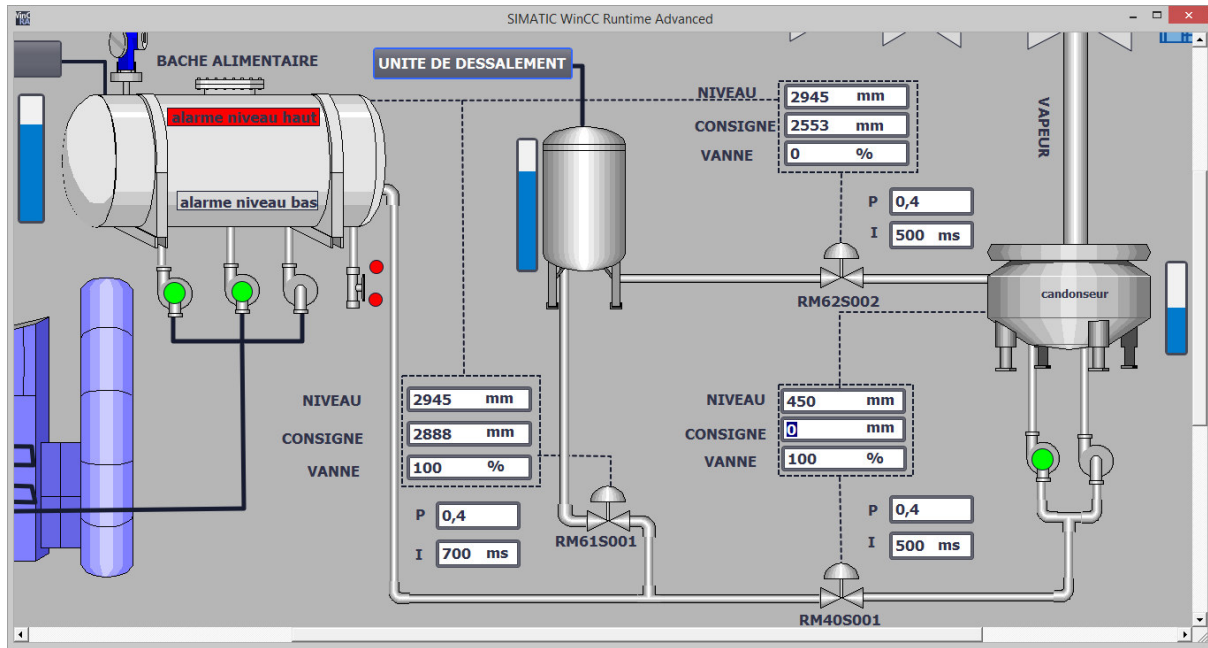


Figure V.8 : avertissement du niveau haut de la bache alimentaire

Cet état contribuera à l'activation de l'avertissement (alarme niveau haut). dans cet état l'opérateur doit muter vers le mode manuel des régulateurs pour modifier l'état des vannes de façon à annuler cette alarme si l'opération n'est pas réalisée rapidement

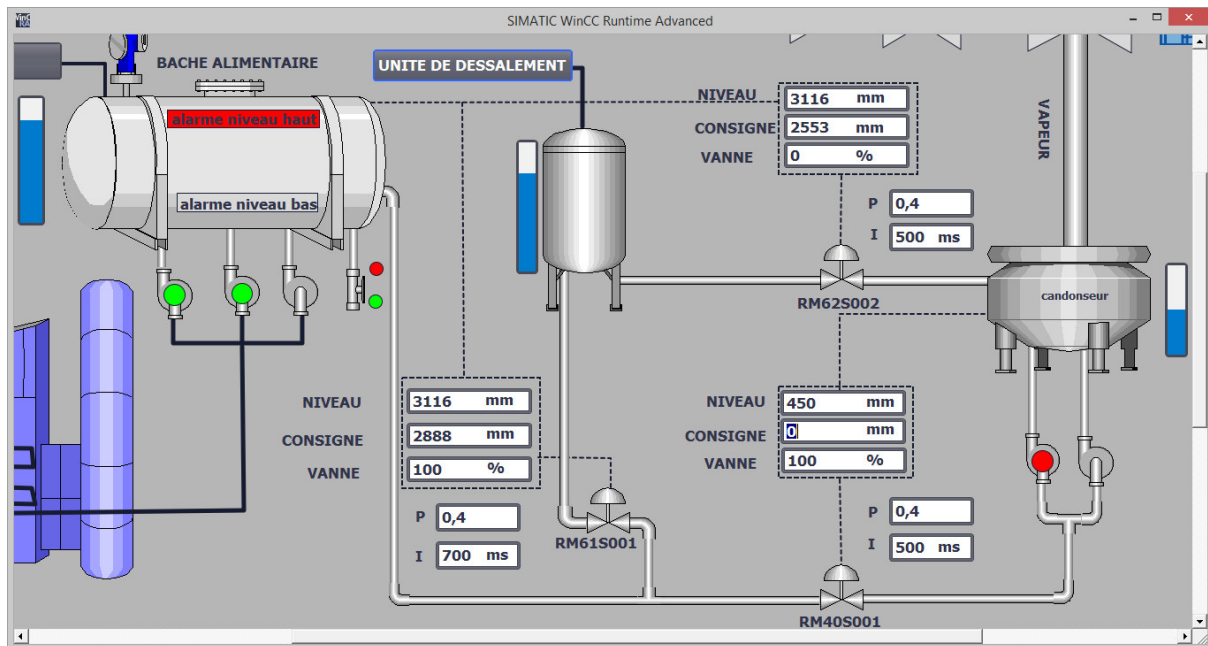


Figure V.9 : état critique du niveau haut, déclenchement des pompes d'extraction

CONCLUSION :

Dans ce dernier chapitre que nous avons consacré à la supervision de chaîne de régulation de la bache alimentaire de CAP-DJINET, nous avons décrit la supervision en précisant sa place dans l'industrie. Nous avons élaboré sous logiciel WinCC professionnel et TIA PORTAL V13 les vues qui permettent de suivre l'évolution du procédé en fonction du temps, en sus de la vue d'accueil et les principales vues qui le composent.

Conclusion générale

Le travail fourni dans le cadre de ce projet, avec l'appui du stage pratique au sein de la centrale thermique de CAP DJINET était une occasion pour nous d'exploiter nos connaissances théoriques et de nous familiariser avec le monde industriel. La partie à laquelle nous nous sommes intéressés est l'étude et supervision de la chaîne de relation de niveau dans une bêche alimentaire.

En premier lieu nous avons effectué l'analyse de la chaîne de régulation du système de remplissage de la bêche alimentaire. A partir de cette analyse, nous avons établi un modèle mathématique de notre système (bêche alimentaire). Ce modèle nous a permis de procéder à l'identification du système.

A partir de ce modèle mathématique, nous avons effectué une simulation sur MATLAB de façon à déterminer les paramètres du régulateur. Nous avons intégré au système un régulateur PI afin de répondre à l'exigence du cahier de charge (garder le niveau d'eau à 70% / 2660 mm).

Les résultats théoriques ainsi obtenus ont été implémentés dans les données pratiques du régulateur. En effet ces résultats ont servi à la programmation et la supervision du système sous TIA PORTAL V13. De cette manière nous avons pu contrôler le déroulement du processus de régulation de niveau de la bêche alimentaire. Nous avons établi un schéma de commande et de supervision en temps réel. Il est donc facile de cibler en cas de panne l'élément défectueux parmi les capteurs et les actionneurs qui ont provoqué une régulation inappropriée. Ainsi, l'opérateur de conduite peut intervenir et prendre les décisions appropriées pour remédier aux défauts survenus en un temps minime.

Nous pensons que cette étude était utile pour l'étude et la conception de la régulation de niveau de la bêche alimentaire de la centrale de CAP-DJENNET. Nous espérons que cette étude sera étoffée et réalisée un jour par l'équipe de maintenance de la centrale.

De point de vue pédagogique, nous espérons que notre projet sera d'un grand apport pour les promotions à venir.

Bibliographie

- [1] : Documentation interne de la centrale thermique de RAS-DJINET (bâche alimentaire).
- [2] : Documentation technique des constructeurs de la centrale (siemens Autriche, siemens KWU Allemagne, SGP Autriche...).
- [3] : Automatique régulation 4^{ème} année GE institut national des sciences applique de Lyon J.M RETIF Edition 2008.
- [4] : « Mohammed Bouassida » Régulation classique en industrie support de cours pour BTS-GMI version 2010
- [5] : support siemens guide SIMATIC régulation PID description fonctionnel
- [6] : PDF manuel siemens Régulation PID CONT-C
- [7] : LE BRUN Philip, Automate programmable industriel, technologie, choix et mise en œuvre des API, 1999.
- [8] : « G. MICHEL » Les API, architecture et application des automates programmables industrielles. Edition 1988. DUNOD.
- [9] : « P. JAQUARD, S. SANDR » Automate programmable industriel.
- [10] : guide transmetteur marque EMERSON type radar Rosmount 3300
- [11] : LIVRE application de Matlab et Simulink Mohand mokhtari & Michel marie.
- [12] : control tutorial for Matlab and Simulink introduction : Root locus controller design.
- [13] : Brochure produit siemens Totally integrated automation.
- [14] : Pierre BONNET, « Supervisory control & data acquisition », université de Lille 1, Thèse master, Novembre 2010

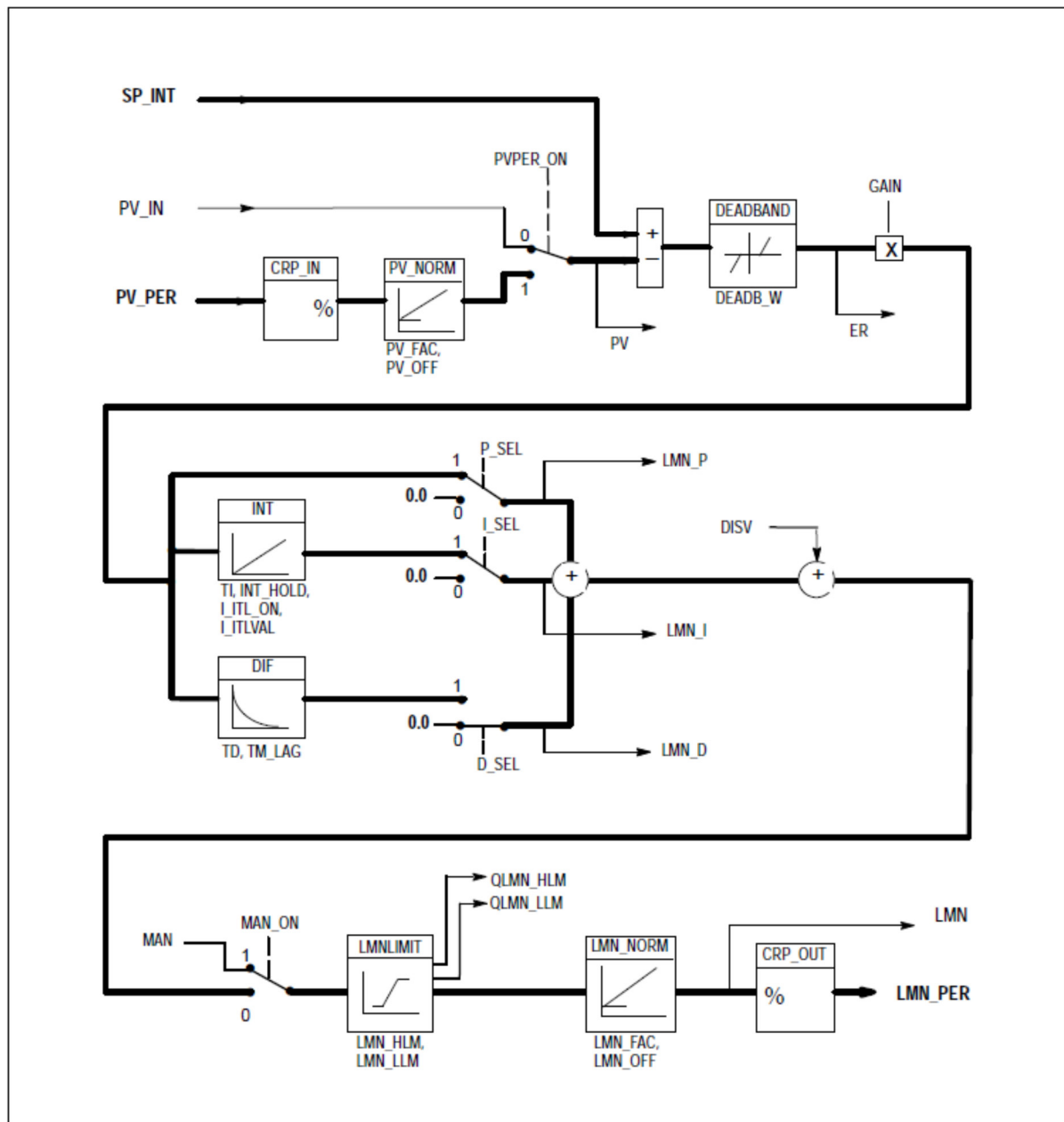
[15] : <https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation.html>

[16] : <https://fr.mathworks.com/products/matlab.html>

[17] : <http://www.emerson.com/en-us/automation/rosemount>

ANNEXE

Schéma fonctionnel



BLOC FB41 CONT-C

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
COM_RST	BOOL		FALSE	COMPLETE RESTART / Démarrage Le bloc renferme un sous-programme de démarrage qui est 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 grandeur de réglage.
PVPER_ON	BOOL		FALSE	PROCESS VARIABLE PERIPHERY ON / 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.
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.
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_ITL_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.
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.
CYCLE	TIME	≥ 1 ms	T#1s	SAMPLE TIME / Période d'échantillonnage Le temps s'écoulant entre les appels de bloc doit être constant. Il est indiqué au niveau de cette entrée.
SP_INT	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ¹	0,0	INTERNAL SETPOINT / Consigne interne Cette entrée sert à introduire une valeur de consigne.
PV_IN	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ¹	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.

Paramètres du bloc de régulation CONT-C

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
PV_PER	WORD		W#16#0000	PROCESS VARIABLE PERIPHERIE / Mesure de périphérie La mesure en format de périphérie est appliquée au régulateur par cette entrée.
MAN	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	0,0	MANUAL VALUE / Valeur de réglage manuelle Cette entrée sert à introduire une valeur de réglage manuelle moyennant des fonctions de contrôle-commande.
GAIN	REAL		2,0	PROPORTIONAL GAIN / Coefficient d'action proportionnelle Cette entrée indique le gain du régulateur.
TI	TIME	>= CYCLE	T#20 s	RESET TIME / Temps d'intégration Cette entrée détermine la réponse temporelle de l'intégrateur.
TD	TIME	>= CYCLE	T#10 s	DERIVATIVE TIME / Temps de dérivation Cette entrée détermine la réponse temporelle de l'unité de dérivation.
TM_LAG	TIME	>= CYCLE/2	T#2 s	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.
LMN_HLM	REAL	LMN_LLM à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	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 limite supérieure.
LMN_LLM	REAL	-100,0 à LMN_HLM (%) ou grandeur physique ²	0,0	MANIPULATED VALUE LOW LIMIT / Limite inférieure de la valeur de réglage La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et une limite inférieure. Cette entrée indique la limite inférieure.
PV_FAC	REAL		1,0	PROCESS VARIABLE FACTOR / Facteur de mesure Cette entrée est multipliée par la mesure. Elle sert à adapter l'étendue de valeur de mesure.
PV_OFF	REAL		0,0	PROCESS VARIABLE OFFSET / Décalage de mesure Cette entrée est ajoutée à la mesure. Elle sert à adapter l'étendue de valeur de mesure.
LMN_FAC	REAL		1,0	MANIPULATED VALUE FACTOR / Facteur de valeur de réglage Cette entrée est multipliée par la valeur de réglage. Elle sert à adapter l'étendue de réglage.

Paramètres du bloc de régulation CONT-C (suit)

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
LMN_OFF	REAL		0,0	MANIPULATED VALUE OFFSET / Décalage de valeur de réglage Cette entrée est ajoutée à la valeur de réglage. Elle sert à adapter l'étendue de réglage.
I_ITLVAL	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	0,0	INITIALIZATION VALUE OF THE INTEGRAL ACTION / Valeur d'initialisation pour l'action par intégration La sortie de l'intégrateur peut être forcée par l'entrée I_ITL_ON. La valeur d'initialisation est appliquée à l'entrée I_ITLVAL.
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.

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
LMN	REAL		0,0	MANIPULATED VALUE / Valeur de réglage Cette sortie donne en virgule flottante la valeur de réglage agissant réellement.
LMN_PER	WORD		W#16#0000	MANIPULATED VALUE PERIPHERY / Valeur de réglage de périphérie Cette sortie fournit la valeur de réglage en format de périphérie.
QLMN_HLM	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.
QLMN_LLM	BOOL		FALSE	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.
LMN_P	REAL		0,0	PROPORTIONALITY COMPONENT / Composante P Cette sortie contient la composante proportionnelle de la grandeur de réglage.

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
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.
PV	REAL		0,0	PROCESS VARIABLE / Mesure Cette sortie donne la mesure effective.
ER	REAL		0,0	ERROR SIGNAL / Signal d'erreur Cette sortie donne le signal d'erreur effectif.

Paramètres du bloc de régulation CONT-C (suit)

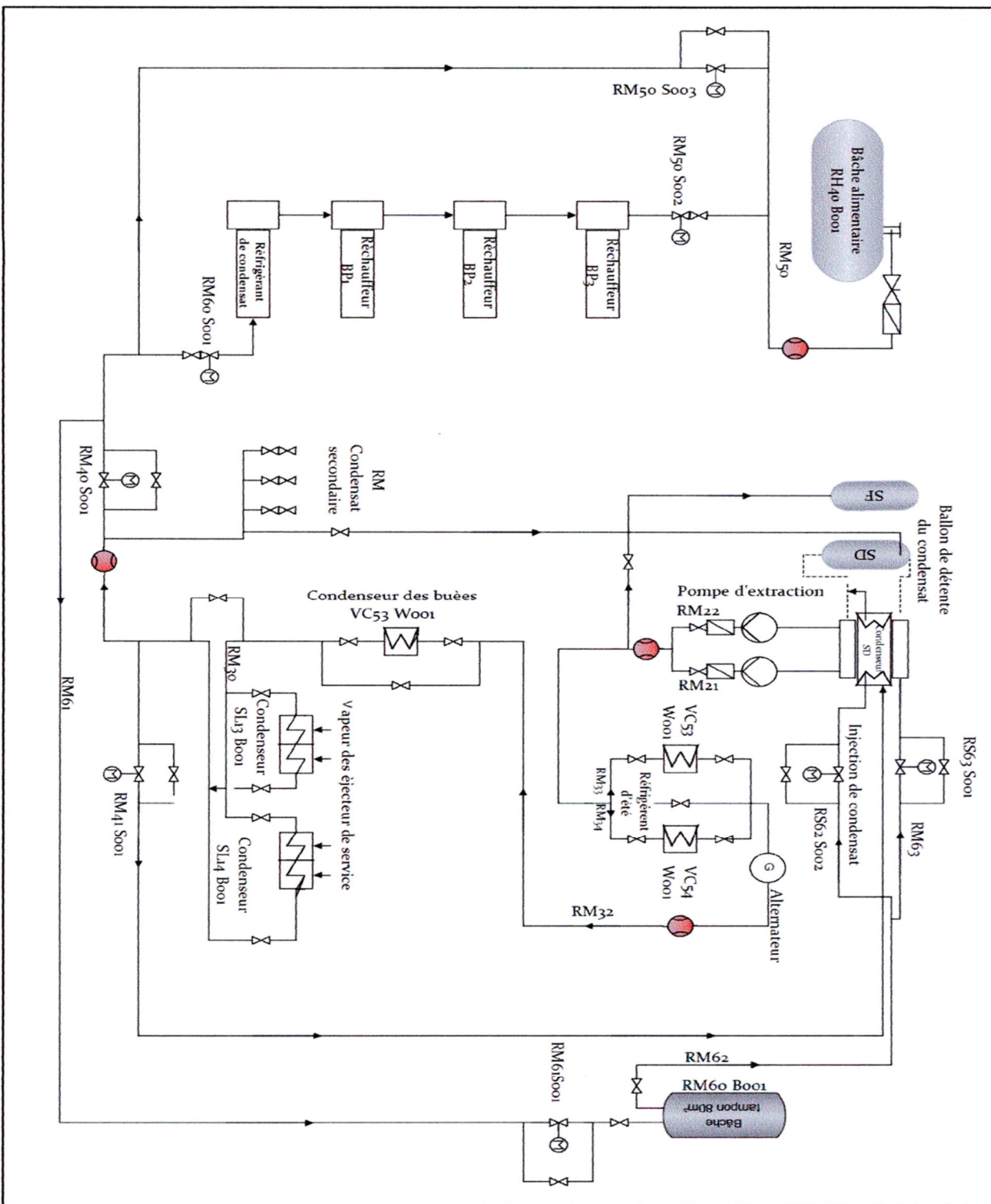
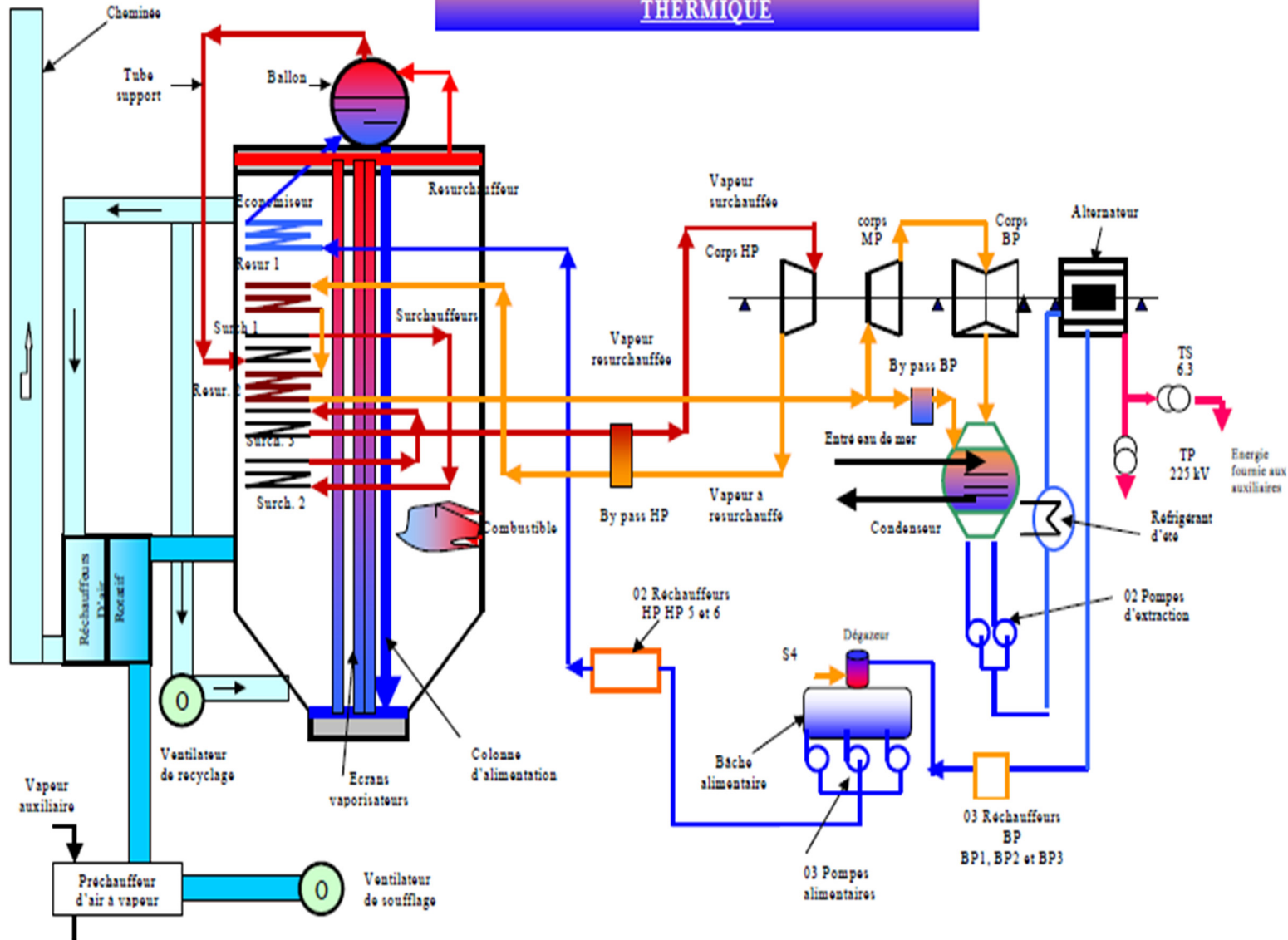


Schéma de la conduite du condensat primaire (RM)

SCHEMA SYNOPTIQUE D'UNE TRANCHE THERMIQUE



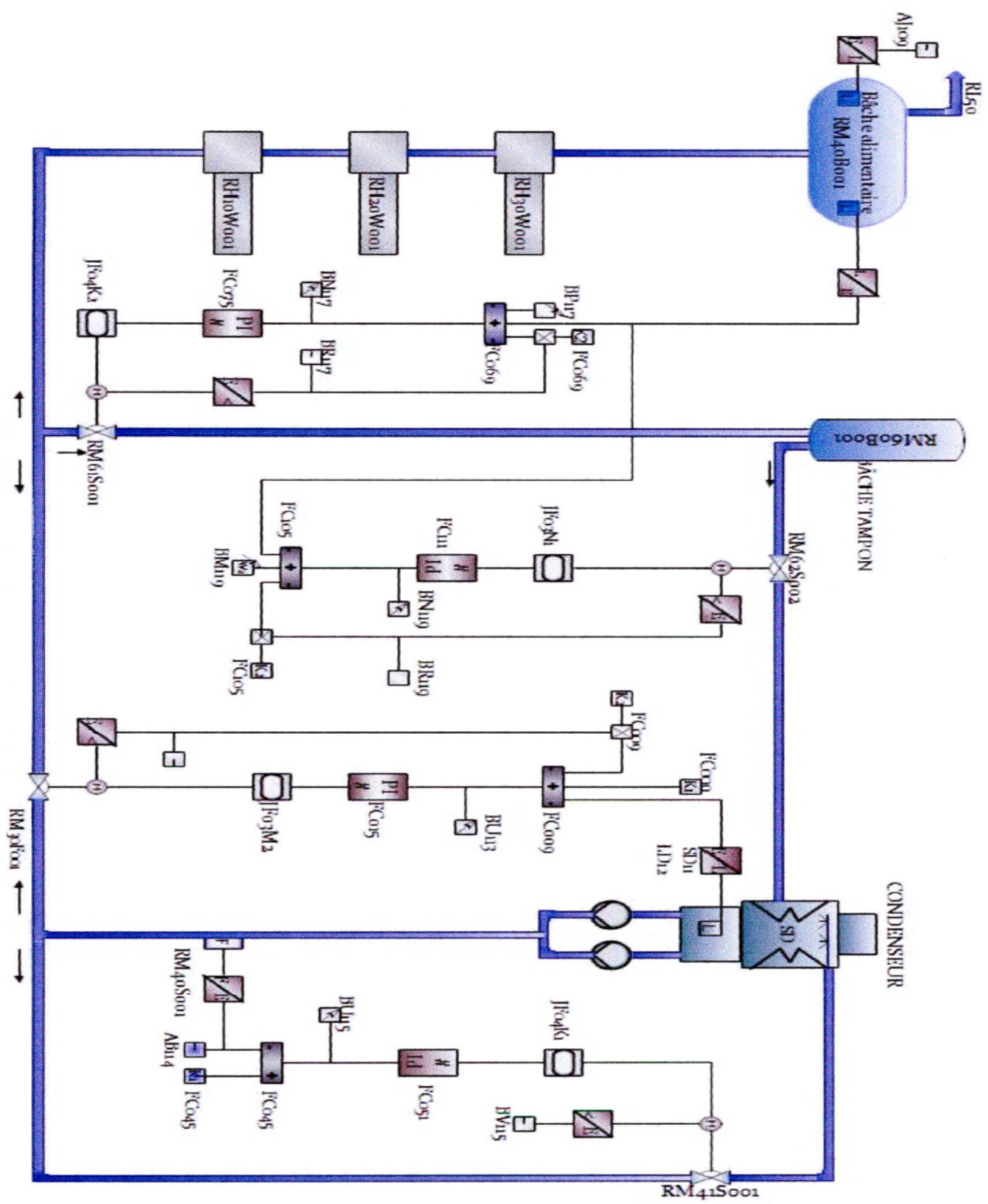


Schéma principal du circuit RM

2.2.5 - LISTE DES VALEURS LIMITES

SYSTEME RM

SIGNAL ALPHANUMERIQUE	DENOMINATION DU SIGNAL	VALEUR LIMITE	VALEUR DE SERVICE	ACTION	2 EME VALEUR LIMITE
RM30 F001	Débit d'eau d'extraction	< 60 T/h	420 T/h	Débit mini de la pompe Ouverture by-pass. Alarme	
RM21 P002	Pression refoulement pompe RM21 D001	< 15 bar	16 - 18 bar	Alarme	
RM22 P002	Pression refoulement pompe RM22 D001	IDEM			
RM32 F001	Débit d'eau d'extraction	< 230T/h > 70T/h			
RM60 L003	Niveau bache tampons bas (100 % = 900 mm)	< 24 %	32 % < N < 49 %	Alarme niveau bas	
RM60 L004	Niveau bache tampons bas (100 % = 900 mm)	< 32 %	32 % < N < 49 %	Ouverture de la vanne d'appoint UD50 S001.	
RM60 L005	Alarme niveau bache tampon haut	> 49 %	32 % < N < 49 %	Fermeture de la vanne d'appoint UD50 S001.	
RM60 L006	Alarme niveau bache tampon haut	> 91 %	32 % < N < 49 %	Alarme niveau haut	
RM11 P001	Pression aspiration pompe d'extraction 1	< 0,8 bar		Alarme	
RM12 P001	Pression aspiration pompe d'extraction 2	< 0,8 bar		Alarme	
RM21/22 T003	T° palier pompe d'extraction	> 70 °C	55 - 60 °C	Alarme	
RM21/22 T003	T° palier pompe d'extraction	> 80 °C	55 - 60 °C	Déclenchement pompe d'extraction.	
RH40 L004	Niveau bache alimentaire (100 % = 3800 mm)	< 19 %	70 %	Déclenchement pompes alimentaires.	
RH40 L005	Niveau bache alimentaire (100 % = 3800 mm)	< 45 %	70 %	Alarme	
RH40 L006	Niveau bache alimentaire (100 % = 3800 mm)	> 76 %	70 %	Alarme	
RH40 L007	Niveau bache alimentaire (100 % = 3800 mm)	< 77 %	70 %	Fermeture trop plein	
RH40 L008	Niveau bache alimentaire (100 % = 3800 mm)	> 79 %	70 %	Ouverture trop plein	
RH40 L009	Niveau bache alimentaire (100 % = 3800 mm)	> 82 %	70 %	Déclenchement pompes d'extraction.	
RH10 L002	Niveau réchauffeur BP1 (100 % = 1850 mm)	> 51 %		Alarme niveau très haut by pass des réchauffeurs BP.	
RH10 L003	Niveau réchauffeur BP1 (100 % = 1850 mm)	> 78 %	70 %	Niveau T. T. H déclenchement pompes d'extraction.	
RH10 L004	Niveau réchauffeur BP1 (100 % = 1850 mm)	> 43 %	70 %	Alarme niveau haut.	

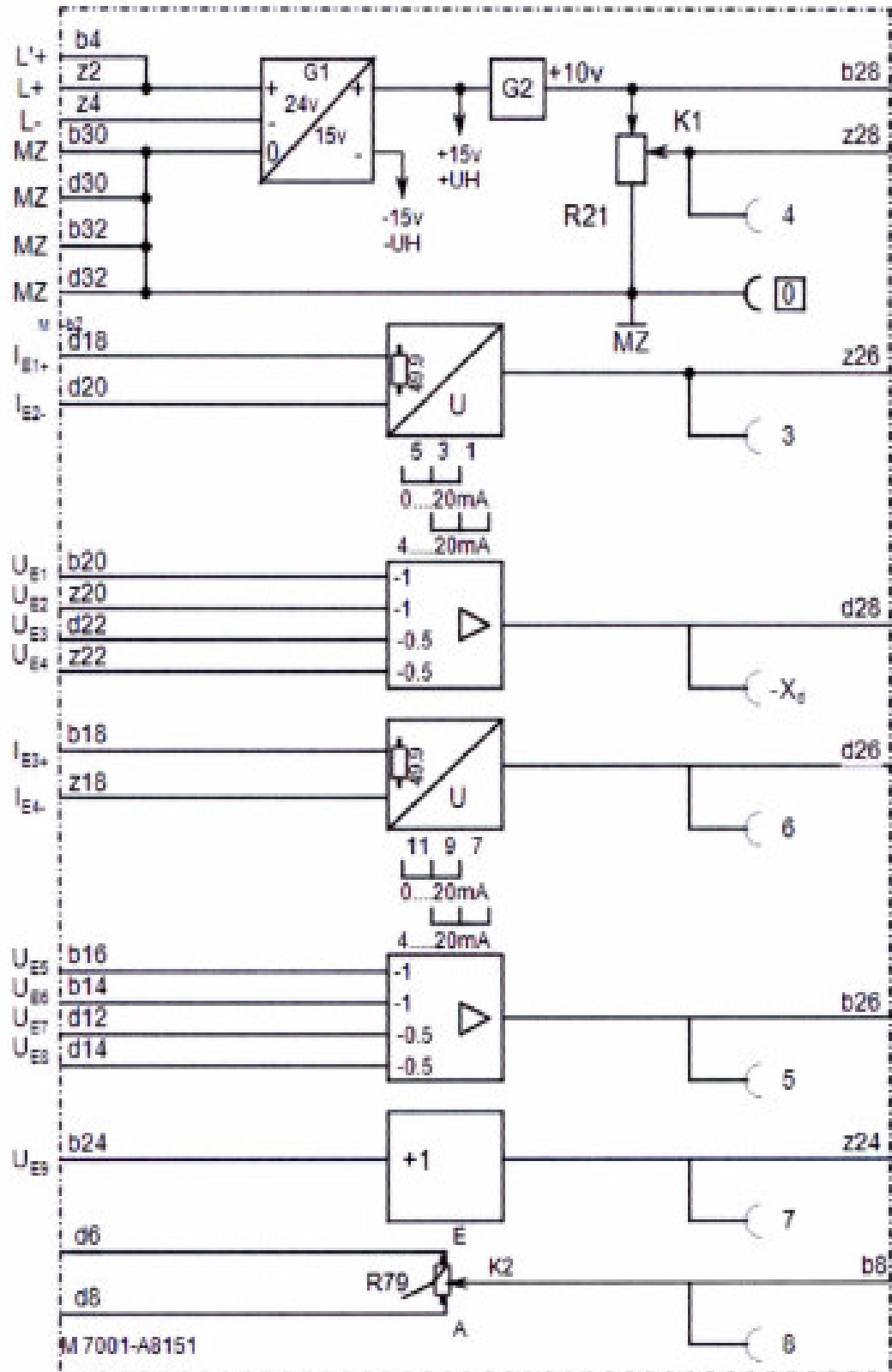


Schéma interne du comparateur électronique MP 7001 A-8151 ancienne technologie

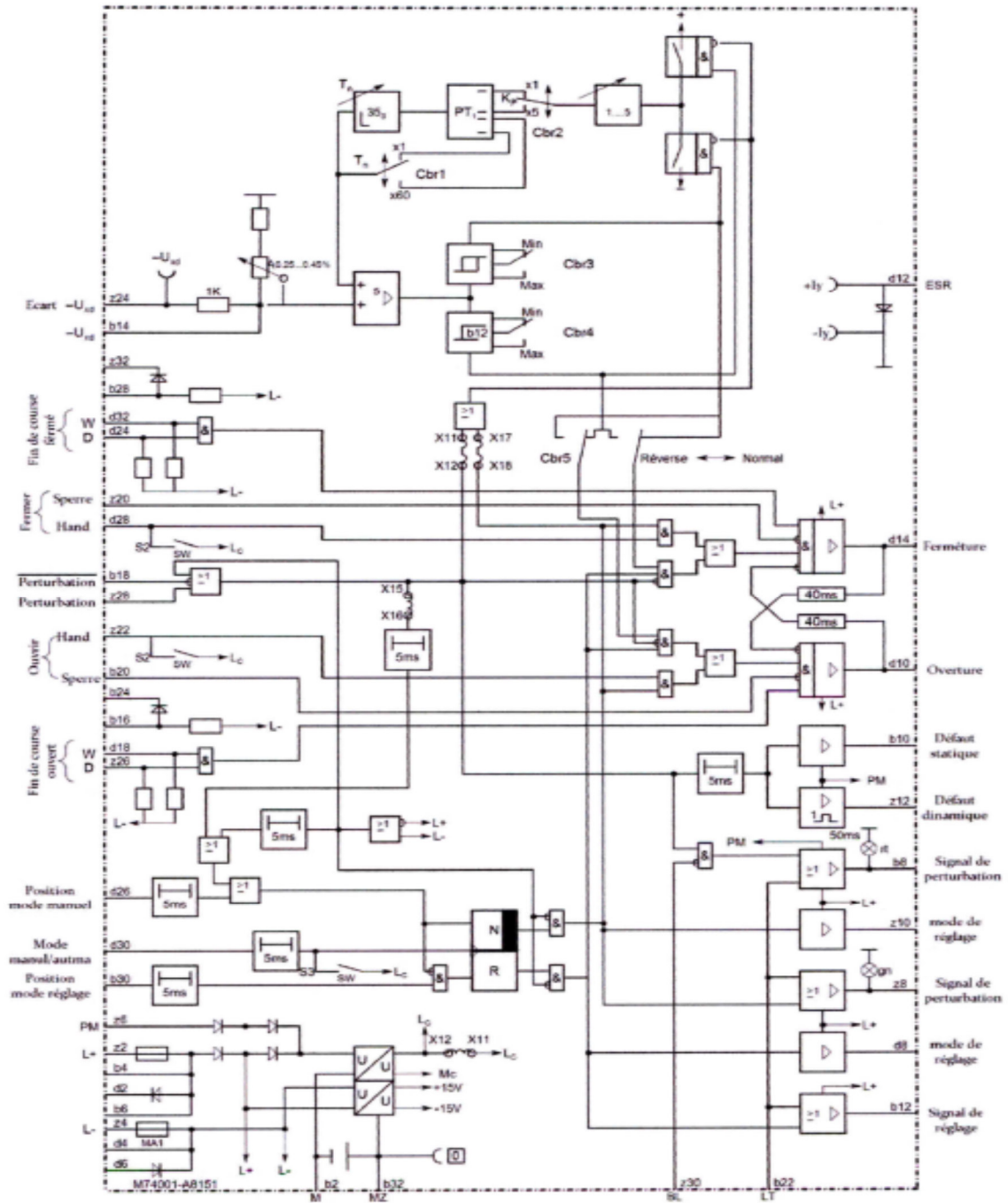
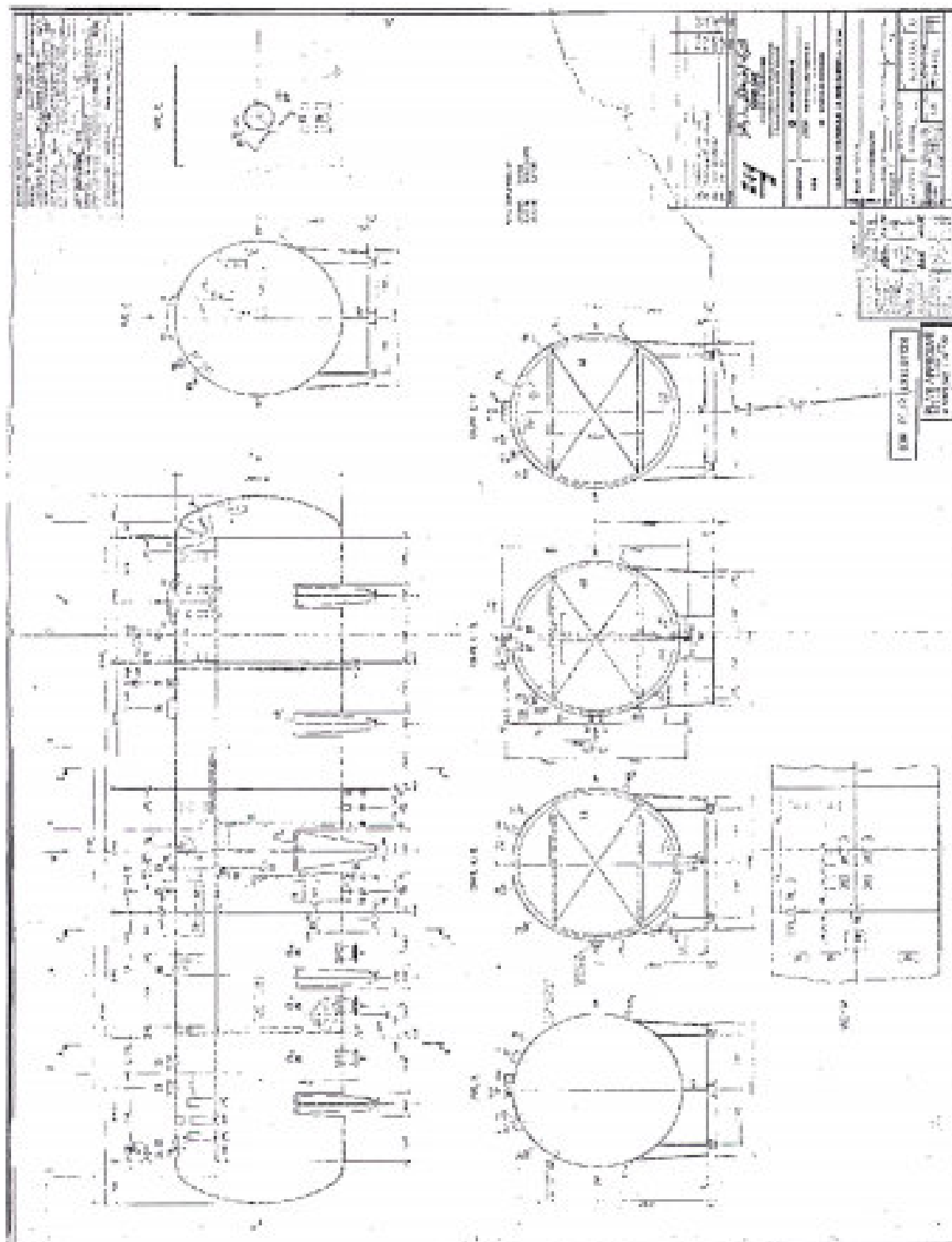


Schéma interne du régulateur PI utilisé chez sonégaz MP 74001-A8151 (ancienne technologie)



Différents coté de vue de la bêche alimentaire