

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة وهران 2 محمد بن احمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle
قسم صيانة الأدوات
Département maintenance en instrumentation



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Ingénierie de la maintenance en Instrumentation

Thème

**Etude théorique et expérimentale sur la régulation des procédés industriels
et analyse des paramètres utilisés dans une chaîne de régulation d'une
centrale à vapeur, cas d'application : l'Unité Pédagogique Contrôle et
Application**

Présenté et soutenu publiquement par :

Msc. BABOU Amira

Msc. BERKANE Farah

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr TITAH Mawloud	MCB	IMSI	Président
Mr KACIMI Abdarraahmane	MAA	IMSI	Examinateur
Mm.Guendouz Djilalia	MCA	IMSI	Invité
Mr. GHOUARI Adel	MCB	IMSI	Encadreur

Année universitaire
2020/2021

Résumé

Notre étude consiste à identifier d'une part le processus réel de l'unité pédagogique, notamment celui des unités de régulation (unité 000, unité 100, unité 200 et unité 300). Puis, on s'intéresse à l'indentification des chaînes de régulation existant dans chaque unité. L'approche développée prend appui sur la nécessité de mettre en œuvre des actions participant à la rénovation. Un des vecteurs semblant pouvoir répondre à cette attente est celui des systèmes DCS; Passage des systèmes pneumatiques aux systèmes numériques, du contrôle centralisé au contrôle distribué. Dans cette optique, il a été décidé de développer un système de simulation dynamique, utilisant l'environnement WINCC et Step7, pour la réalisation d'une plateforme de surveillance et de contrôle de différentes chaîne de régulation de l'unité pédagogique contrôle et application UPCA.

Mots clés: UPCA, paramètres de régulation, step7, WinCC flexible, pneumatique, numérique, DCS.

ملخص

تتمثل دراستنا في تحديد العملية الحقيقية لوحدة التدريس من ناحية ، ولا سيما تلك الخاصة بالوحدات التنظيمية (الوحدة 000 ، الوحدة 100 ، الوحدة 200 ، الوحدة 300). بعد ذلك ، نحن مهتمون بتحديد السلاسل التنظيمية الموجودة في كل وحدة. يعتمد النهج الذي تم تطويره على الحاجة إلى تنفيذ الإجراءات المشاركة في التجديد. أحد النواقل التي يبدو أنها قادرة على تلبية هذا التوقع هو أنظمة DCS ؛ التحول من الأنظمة الهوائية إلى الأنظمة الرقمية ، من التحكم المركزي إلى التحكم الموزع. مع وضع ذلك في الاعتبار ، تقرر تطوير نظام محاكاة ديناميكي ، باستخدام بيئة WINCC و Step7 ، لإنشاء منصة مراقبة وتحكم لسلاسل تنظيم مختلفة لوحدة التحكم والتطبيق UPCA.

الكلمات الرئيسية: UPCA ، معلمات التحكم ، Step7 ، WinCC flexible ، هوائي ، رقمي ، DCS.

Abstract

Our study consists in identifying on the one hand the real process of the teaching unit, in particular that of the regulatory units (unit 000, unit 100, unit 200 and unit 300). Then, we are interested in identifying the regulatory chains that exist in each unit. The approach developed is based on the need to implement actions participating in the renovation. One of the vectors which seems to be able to meet this expectation is that of DCS systems; Switching from pneumatic to digital systems, from centralized control to distributed control. With this in mind, it was decided to develop a dynamic simulation system, using the WINCC and Step7 environment, for the creation of a monitoring and control platform for different regulation chains of the UPCA control and application teaching unit.

Keywords: UPCA, control parameters, Step7, WinCC flexible, pneumatic, digital, DCS.

REMERCIEMENTS

On tient à remercier dieule tout puissant de nous avoir donnés la santé et la patience d'entamer et de terminés ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr AdelGhouari, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnels

DEDICACES

Je dédie cet événement marquant de ma vie

A ma famille, qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui, pour leurs soutien, leurs patience et leurs encouragement durant le long mon parcours scolaire.

En particulier mes chers parents « CHIKRI Saliha » et « Miloud », source de vie, d'amour et d'affection.

A mon oncle « Rachid » pour son soutien moral et ces conseils précieux.

A « Babou Amira », chère amie avant d'être binôme

A ma chère sœur et mes chers frères et leurs enfants, source de joie et de bonheur

A tous mes amies, tout particulièrement a « HellaZahret-El-Khouloud Yasmine », « Lahlali Naima », « Mouaz Rania », membres du groupe « YUM-YUM ».

A vous chères lecteurs.

Berkane Farah

DEDICACES

Je dédie le fruit de ce travail

A mes chers parents « Belabbaci Djamila » et « Abdelkader » qui m'ont soutenu et m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs durant ces années d'étude.

A ma tendre sœur « Meriem » et mes frères « Sid Ahmed » et « Abd El Rahmen » qui m'ont supporté tout au long de mon parcours.

A mon meilleur groupe « Yum-Yum » commençant par :

Ma chère amie avant d'être binôme « Berkane Farah » pour son entente et sa sympathie.

Ma meilleure amie « Mouaz Rania » pour son soutien moral, ces conseils précieux et son amour.

Ma copine préférée depuis l'enfance « Lahlali Naima » qui m'a toujours aidée dans les moments difficiles.

Ma chère bien aimée « Hella Zahret-El-Khouloud Yasmine » qui a jamais cessée de me soutenir.

A ma cousine préférée « Belabbaci Imane » pour son encouragement.

A mon cher ami « Aouali » qui étais toujours là pour moi.

A tous les membres du club « Basmat-Muhandis » que je considère comme ma petite famille et qui ont marqué ma vie universitaire.

Babou Amira

Liste des abréviations

B001 : Ballon de l'unité 000
P001 : pompe d'alimentation générale
PC003 : régulateur de pression du collecteur d'eau
PCV003 : vanne de régulation de pression du collecteur d'eau
LE004 : détecteur de niveau ballon B001
LT004 : transmetteur de niveau ballon B001
LG004 : niveau à glace du ballon B001
LI004 : indicateur de niveau ballon B001
LV004 : vanne de remplissage du ballon B001
TAH005 : alarme de température haute ballon B001
FRQ007 : enregistreur totaliseur du débit d'eau à l'entrée du ballon
HSV020 : vanne de fermeture du retour d'eau
SOV004-020 : vanne de sécurité sur vanne pneumatique.
LISA004 : indicateur de niveau switch avec alarme

B101 : Ballon de l'unité 100
FE101 : mesure du débit d'eau à l'entrée de l'unité 100
FT101 : transmetteur du débit d'eau à l'entrée de l'unité 100
FRC101 : enregistreur régulateur du débit d'entrée
FR102 : enregistreur du débit de sortie
FCV101 : vanne de réglage du débit d'entrée dans l'unité 100
FE102 : mesure du débit d'eau à la sortie de l'unité 100
FT102 : transmetteur du débit d'eau à la sortie de l'unité 100
HCV103 : vanne de réglage de la pression dans le ballon B101
LT104 : niveau du ballon B101
LRC104 : régulateur de niveau ballon B101
LT104-105 : niveau du ballon B101
LISAHL104 : indicateur régulateur tout ou rien du niveau B101
LCV104 : vanne de régulation de niveau
PT107 : transmetteur de pression B101
PR107-HR103 : enregistreur de pression B101
SOV101A/B : commande tout ou rien du niveau B101.
LSHA106 : indicateur régulateur de niveau haut du ballon B101

B201-B202 : Ballons de l'unité 200.
PIC201-202 : régulateur de pression B201
PCV201 : vanne de régulation de pression du B201
PCV202 : vanne de régulation de pression du B202
LT203 : transmetteur régulateur de niveau du B202
LR203 : enregistreur de niveau du ballon B202
LCV203A/B : vanne de régulation du niveau du B202
LTC205 : transmetteur de niveau du ballon B201
LRC205 : régulateur de niveau du ballon B201
LCV205 : vanne de régulation du niveau du ballon B201

Liste des abréviations

FE206 : mesure du débit d'eau à l'entrée de l'unité 200
FT206 : transmetteur du débit d'eau à l'entrée de l'unité 200
FX206 : relais de linéarisation de débit
FQ206 : totaliseur du débit d'eau à l'entrée de l'unité 200
FR206 : enregistreur de débit entré ballon B201
FR207 : enregistreur de débit sorti ballon B201
LR205 : enregistreur de niveau ballon B201
FT207 : mesure du débit d'eau à la sortie du ballon B201
SOV205-203B : vannes de sécurité de l'unité 200
FC204 : régulateur de débit
LX203 : convertisseur du signal du transmetteur LT203
LRC203 : régulateur de niveau du ballon B202

B301 : chaudière électrique de l'unité 300
P301 : pompe d'alimentation de la chaudière
HRC301 : programmation de la température d'entrée B303
HIC301 : téléaffichage de la température de B303
HR301 : enregistreur du signal du programmeur
HCV301 : vanne de réglage de la température d'eau chaude à l'entrée de B303
TT302 : transmetteur de température
TRC302 : régulateur de température sur chaudière
HIC302 : sélecteur de régulation chaudière
TSC302ABCD : manoccontacts de commande de chauffe
TRCV302A et B : vanne de régulation de température chaudière
TSH303 : alarme de température haute sur chaudière.
TSH304 : sécurité de parois chaudière.
TI305 : sonde de température/ indicateur de température multipoints
TR306 : enregistreur de température multipoints
FE306 : mesure du débit d'eau de sortie
FT306 : transmetteur de débit de sortie d'eau froide
FIC306 : régulateur de débit d'eau de sortie unité 300
FR306-307 : enregistreur de débit
FCV306 : vanne de réglage du débit d'eau de sortie
FE307 : mesure du débit d'eau d'entrée unité 300
FT307 : transmetteur du débit d'eau d'entrée.
LT308 : transmetteur de niveau ballon B303
LIC308 : régulateur de niveau ballon B303
LR308 : enregistreur de niveau ballon B303
TR309 : enregistreur de température ballon B303
PR310 : enregistreur pression d'eau chaude
LCV308 : vanne de réglage du niveau de B303
TIC309 : sonde de température / régulateur de température ballon B303
PT310 : transmetteur de pression chaudière
PIC310 : régulateur de pression de la chaudière

Liste des abréviations

PCV310 : vanne de régulation de pression de la chaudière
PIAH310 : manomètre à contact sécurité chaudière
LT312 : transmetteur de niveau chaudière
LIC312 : régulateur de niveau chaudière
LR312-FR313 : enregistreur de niveau et débit de la chaudière B301
LSL312 : alarme de niveau bas chaudière
LCV312 : vanne de régulation de niveau chaudière
FT313 : transmetteur de débit d'eau chaude vers B303
HIC313 : émetteur de point de consigne
PCV321 : détendeur de vapeur
SOV312-309B-306-302A : vanne de sécurité sur vanne pneumatique
AI/AO: Analogic Input/Output.
DI/DO: Digital Input/Output.
CPU : central processing unit, unité centrale de traitement(UCT).

Figure II.1.Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation.....	6
Figure II.2.Procédé régulé par une boucle fermée.....	7
Figure II.3.Régulateur PID.....	8
Figure II.4.Structure série du régulateur PID.....	10
Figure II.5.Structure parallèle du régulateur PID.....	10
Figure II.6.Structure mixte du régulateur PID.....	10
Figure II.7.Caractéristique d'un régulateur tout ou rien.....	11
Figure II.8.exemple de TOR.....	12
Figure II.9. Régulation pneumatique.....	12
Figure II.10. schéma d'une boucle de régulation pneumatique.....	13
Figure II.11.Indicateur pneumatique.....	14
Figure II.12.Principe de fonctionnement d'une boucle numérique.....	15
Figure II.13.Principe d'une boucle cascade.....	17
Figure II.14.Principe d'une boucle mixte.....	17
Figure II.15.principe d'une boucle partage d'étendue.....	18
Figure III.1.Construction des chaînes.....	19
Figure III.2.Le réglage de le dosage d'un liquide.....	19
Figure III.3.Signal analogique et numérique.....	20
Figure III.4.Capteur intelligent.....	21
Figure III.5.Structure et principe de fonctionnement d'un transmetteur de pression intelligent.....	22
Figure III.6.Schéma d'une vanne fermée et ouverte.....	23
Figure III.7.Schéma d'une vanne de régulation.....	24
Figure III.8.Différents types de vannes.....	24
Figure III.9.Positionneur de vanne.....	25
Figure III.10.Schéma d'une électrovanne.....	25
Figure III.11.Fonctionnement d'une soupape.....	26
Figure III.12 Structure d'un système automatisé.....	27
Figure III.13. Système de contrôle distribue.....	28
Figure IV.1 Vue globale de l'Unité Pédagogique.....	29
Figure IV.2 : Photo de l'unité pédagogique en fonctionnement prise en 1885.....	30
Figure IV.3 : Vue de l'UPCA sur Google Earth.....	31
Figure IV.4 : Organigramme du centre de formation de l'ex-IAP.....	32
Figure IV.5: Vue de l'unité 000 de l'UPCA.....	33
Figure IV.6 : Schéma de l'unité 000.....	34
Figure IV.7: Vue de l'unité 100 de l'UPCA.....	35
Figure IV.8 : Schéma de l'unité 100.....	36
Figure IV.9 : Vue de l'unité 200 de l'UPCA.....	37
Figure IV.10 : Schéma de l'unité 200.....	38
Figure IV.11 : Vue de l'unité 300 de l'UPCA.....	39
Figure IV.12 : Schéma de l'unité 300 A.....	40
Figure IV.13 : Schéma de l'unité 300 B.....	41
Figure IV.14 : Vue de l'unité 400 de l'UPCA.....	42
Figure IV.15 : Vue de l'unité 500, la mini-centrale thermique d'UPC.....	43
Figure IV.16 : Tableau d'affichage de paramètres des unités en dessous des enregistreurs graphiques et des régulateurs utilisés pour fixer des consignes d'entrées.....	44
Figure IV.17 : Pupitre de commande à gauche pour le contrôle de la chaudière et à droite pour contrôler les unités de régulation, unités : 000, 100, 200 et 300.....	45

Liste des figures

Figure V.1 : Les différentes configurations possibles d'une chaîne d'acquisition et de restitution de données.....	46
Figure V.2 : Les modules de s7-300.....	48
Figure V.3. Commande d'un API.....	49
Figure V.4 : Vue de l'architecture du système de monitoring.....	50
Figure V.5 : Page de démarrage assistant de STEP7.....	51
Figure V.6 : Choix de CPU.....	51
Figure V.7 : Sélection du langage et des blocs.....	52
Figure V.8 : Fenêtre de configuration du matériel.....	52
Figure V.9 : Fenêtre des mnémoniques.....	53
Figure V.10 : Diagramme de contacts langage LADDER.....	54
Figure V.11.a : Ouverture de la vanne d'admission d'eau du ballon B001.....	55
Figure V.11.b : Ouverture des alarmes en cas de hausse pour protéger le ballon B001.....	55
Figure V.11.c : Bloc diagramme utilisé pour contrôler l'évolution de la température dans un ballon de stockage.....	56
Figure V.12. Visualisation de programme.....	56
Figure V.13.a. La simulation de l'Ouverture de la vanne d'admission d'eau du ballon B001.....	57
Figure V.13.b. L'opération SCALE des alarmes en cas de hausse pour protéger le ballon B001.....	57
Figure V.13.c.Activation des alarmes en cas de hausse pour protéger le ballon B001.....	58
Figure V.14. Fenêtre de la liaison entre step7 et WinCC.....	59
Figure V.15. Création de projet «unité pédagogique contrôle et application.....	59
Figure V.16 : Vue de l'unité 000.....	60
Figure V.17 : Vue de l'unité 100.....	61
Figure V.18 : Vue de l'unité 200.....	61
Figure V.19. Vue des alarmes.....	62

Liste des équations

Equation II.1. Correcteur proportionnelle.....	8
Equation II.2. Correcteur intégrale.....	9
Equation II.3. Correcteur dérivé.....	9
Equation II.4. Correcteur PID série	10
Equation II.5. Correcteur PID parallèle.....	10
Equation II.6. Correcteur PID mixte.....	10

Sommaire

I. Introduction	1
I.1 Problématique et méthodologie	1
I.2. Contexte et motivation	2
I.3. Objectifs du mémoire	3
I.4. Décomposition du mémoire.....	3
II. Etude théorique sur les chaînes de régulations	5
II.1. Régulation des paramètres de l'industrie	5
II.2. Principe de fonctionnement	5
II.3. Eléments de régulation	6
II.4. Critères de performance d'une régulation.....	7
II.5. Types de régulation.....	8
II.5.1. Régulateur PID	8
II.5.2. Régulation Tout Ou Rien – TOR	11
II.6. Étude des technologies de régulations utilisées dans une industrie.....	12
II.6.1. Principes fondamentaux et applications	12
II.6.2. Les technologies de régulation pneumatiques.....	13
II.6.3. La technologie numérique	14
II.7. Les différents types de boucles	16
II.7.1. Boucle de régulation cascade (cascade control)	16
II.7.2. Boucle de régulation prédictive - mixte - à priori (Feed forward)	17
II.7.3. Boucle de régulation par partage d'étendue (split-range)	17
III. Chaînes de mesures et instrumentations	19
III.1. Chaînes de mesures	19
III.2. classification des signaux.....	20
III.2.1. Définition.....	20
III.2.2. Communication numérique	20
III.3. Chaînes d'Instrumentation	20
III.3.1. Les appareils de mesure	21
III.3.2. Généralité sur les actionneurs.....	22
III.3.3. Les positionneurs	25
III.3.4. Les électrovannes	25
III.3.5. Les soupape	26

III.4. Système DCS.....	26
III.4.1. Définition.....	26
III.4.2. Fonctionnalités du système	26
III.4.3. Structure des systèmes automatisés	27
III.4.4. Avantage des système DCS	28
IV. Présentation de l'unité pédagogique contrôle et application	29
IV.1.Présentation de l'UPCA	29
IV.2. Historique	30
IV.3.Situation géographique du L'UPCA.....	30
IV.4.Organigramme de L'UPCA	31
IV.5. Description des unités.....	32
IV.5.1. Description de l'unité 000.....	32
IV.5.2. Description de l'unité 100.....	35
IV.5.3. Description de l'unité 200.....	37
IV.5.4. Description de l'unité 300.....	39
IV.5.5. Description de l'unité 400.....	42
IV.5.6. Description de l'unité 500.....	43
IV.5.7. Description de la salle contrôle	44
V. Elaboration d'un modèle de simulation dynamique et discussion des résultats.....	46
V.1. Les Automate programmable industriel API.....	46
V.2. Définition d'un automate programmable industriel (API).....	47
V.2.1.L'automate programmable S7-300.....	47
V.2.2. Le module de S7-300	47
V.3. Développement d'un système de monitoring pour UPCA	48
V.3.1. Architecture matérielle	48
V.3.2. Architecture logiciels	50
V.3.3. Création du projet dans SIMATIC Manager	50
V.3.4. Configuration des modules à utiliser	52
V.3.5. Langages de programmation.....	54
V.3.6. Compilation et Simulation.....	56
V.3.7. Création de l'interface graphique sous WinCC	58
V.4. Analyse et discussions des résultats	60
V.4.1.Vue de l'unité 000	60
V.4.2.Vu de l'unité 100	60

V.4.3.Vu de l'unité 200	62
V.4.4.Création des alarmes analogique	62
VI. Conclusion générale	64
VI.1. Conclusion.....	64
VI.2. Perspectives.....	65
Annexe C : Unité pédagogique contrôle et applications UPCA	66
Annexe A : hardware	73
Annexe B : software	73
Bibliographie	79

I. Introduction

I.1 Problématique et méthodologie

L'industrie fait essentiellement partie, par convention, du secteur secondaire, secteur définis dans les systèmes de comptabilité nationale ; elle produit des biens matériels. On distingue l'industrie manufacturière et les industries d'extraction plutôt classées dans le secteur primaire.

Un découpage a priori de l'industrie en fonction des destinations des produits (bien de consommation, bien d'équipement, biens intermédiaires), recouvre une réalité économique caractérisée par la part relative des équipements et de main-d'œuvre dans la valeur ajoutée que l'on peut qualifier de capitalistique et non pas une convention de statisticien ou de comptable national. D'autres variables, comme la structure financière, celle de l'emploi, la croissance peut conduire à décomposer l'industrie en grands groupes de secteurs. Ceux-ci ne sont plus exclusivement caractérisés par la destination des produits. On distingue alors :

Les industries de biens de consommation traditionnels, l'industrie textile, l'industrie de l'habillement, l'industrie du cuir, l'industrie du bois. Les industries de biens d'équipement: l'industrie automobile, construction électrique, construction mécanique, construction navale et aéronautique, ont des équipements plus lourds. Ainsi, les industries de biens intermédiaires: sidérurgie, transformation des métaux, industrie chimique, industrie verrière, métaux non ferreux, industrie du papier, matériaux de construction, ont les équipements les plus lourds, une main-d'œuvre peu qualifiée. Cette classification a été proposée par Alain Desrosières en 1972. (1)

Dans l'industrie nous souhaitons asservir des grandeurs physiques issues de processus technologiques. Ces grandeurs pourront être électriques (tension, courant, puissance, ...), mécaniques (force, vitesse, position, couple, ...), thermiques (température, gradient, ...), hydrauliques (pression, débit, niveau, ...), optiques (éclairage, position, ...), chimiques (concentration, ...). Toute grandeur physique issue d'un processus technologique pourra être asservie. Si la mesure de la grandeur physique est continue (valeur instantanée), nous réaliserons un asservissement continu. Si la mesure de la grandeur physique ne se fait qu'à certains instants, nous réaliserons un asservissement échantillonné. Dans les deux cas la finalité est la même. Mais les techniques et les outils mathématiques sont différents. (2)

Afin de mettre en œuvre les asservissements en milieu industriel. L'usage d'outils informatiques comme organes de contrôle des processus asservis est essentiel. C'est le cas par exemple des ordinateurs ou des microprocesseurs qui peuvent entre autre, assumer des fonctions de calculateurs numériques. Mais de tels instruments sont à base de composants électriques (microprocesseurs, mémoires, ...) et fonctionnent avec des signaux binaires, porteurs d'informations numériques, on parle alors de signaux numériques. Se pose alors un problème fondamental, à savoir qu'un outil numérique ne peut s'accommoder de signaux analogiques, pourtant quasi exclusifs dans la majorité des systèmes physiques. (3)

Pour un procédé industriel, une stratégie ou topologie de régulation est l'organisation du système de contrôle-commande en vue de maintenir une grandeur physique dans une plage de tolérance donnée. Le choix de stratégie est très important dans les industries de transformation (par exemple les industries chimiques, papetières, agroalimentaires) en raison de la variabilité d'un nombre élevé de grandeurs physiques incidentes (dites « perturbations ») qui y sont présentes. Les stratégies visent à maîtriser les grandeurs physiques les plus importantes qui sont impliquées dans le processus. Chaque boucle de régulation a pour objectif de maintenir une grandeur physique (dite « grandeur réglée ») égale à une valeur souhaitée (Consigne), quelles que soient les variations des grandeurs perturbatrices, à l'aide d'un actionneur agissant sur une grandeur réglante.

C'est un dispositif (matériel ou logiciel) nommé « régulateur » qui détermine le signal de commande de l'actionneur en recherchant à annuler l'écart entre la grandeur réglée et la consigne. En fonction des performances souhaitées, on peut être amené à opter pour des schémas de régulation (on dit aussi stratégies ou topologies) simples ou complexes suivant les tolérances imposées par le cahier des charges du procédé. (4)

Donc le terme de régulation est employé lorsqu'on cherche à combattre des perturbations afin de garder une valeur constante par exemple, une température, une pression, un débit ou une hygrométrie...La régulation mesure en permanence par les capteurs le système à régler puis transmet ces informations au régulateur celui-ci compare cette mesure à la valeur désirée (la consigne) puis suivant son algorithme le régulateur va transmettre ses ordres aux actionneurs (vannes, volets, moteurs, etc.), afin de corriger les erreurs et conduire la sortie du système vers la consigne.(5)

I.2.Contexte et motivation

L'homme est remplacé par les systèmes automatisés dans des opérations dangereuses répétitives ou pénibles (robot aspirateur, boîte de vitesse automatique, pilote automatique, allumage automatique des phares). Les systèmes automatisés permettent de diminuer les erreurs et d'augmenter la rapidité. L'automatisation nous permet de remplacer un système à logique câblé par un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions automatiques pour assurer la commande de pré actionneur et d'actionneur à partir d'information logique, analogique ou numérique, et la surveillance des processus industriels, qui est le cas de notre projet de rénovations de l'unité pédagogique contrôle et application UPCA.

Dans le domaine de l'automatisation, l'informatique a permis à l'industrie de développer beaucoup de choses, et cela par la connexion d'un ordinateur à un système automatisé. La connexion d'automates à un ordinateur a permis de franchir une étape de plus dans la voie du progrès technologique. Aujourd'hui, il serait difficile de concevoir un système sans avoir recours à différentes technologies et composants qui forment les systèmes automatisés car ces derniers rendent la capacité de production très élevée dans tous les domaines industriels en fournissant un produit de qualité et en augmentant la sécurité de l'homme.

Le progrès technologique dans le monde de l'électronique et de l'informatique a permis une évolution considérable dans le domaine du contrôle des procédés industriels. Cette évolution est traduite par un changement dans les techniques de contrôle : Passage des systèmes pneumatiques aux systèmes numériques, du contrôle centralisé au contrôle distribué qui est le DCS. C'est l'objet de notre projet, nous intéressons au passage de système pneumatique, qui possède beaucoup d'inconvénients, au système numérique, pour cela on veut intégrer des boucles de régulation des différents paramètres présentes au niveau de l'unité pédagogique UPCA dans un système DCS.

I.3. Objectifs du mémoire

L'objectif global de cette étude consiste à identifier d'une part le processus réel de l'unité pédagogique, notamment celui des unités de régulation (unité 000, unité 100, unité 200 et unité 300). Puis, on s'intéresse à l'identification des chaînes de régulation existant dans chaque unité. L'approche développée prend appui sur la nécessité de mettre en œuvre des actions participant à la rénovation et au développement des systèmes utilisés pour le monitoring au sein de la salle de contrôle UPCA. Un des vecteurs semblant pouvoir répondre à cette attente est celui des systèmes DCS. Dans cette optique, il a été décidé de développer un système de simulation dynamique, utilisant l'environnement WINCC et Step7, pour la réalisation d'une plateforme de surveillance et de contrôle de différentes chaînes de régulation.

D'autre part, les questions fondamentales auxquelles cette étude tentera de répondre s'articulent autour de trois axes principaux. Le premier concerne l'implantation des réseaux capables de gérer le fonctionnement de l'UPCA et ses unités de régulation. La deuxième question s'articule sur la fiabilité du basculement de l'ancienne technologie pneumatique vers la technologie DCS. La dernière question qu'on doit répondre c'est l'efficacité d'adaptation des nouvelles chaînes de régulations au fonctionnement de l'UPCA.

L'objectif terminal de cette étude est de développer une nouvelle documentation technique pour l'UPCA, ceci via l'étude des composants de l'unité pédagogique et aussi via l'investigation théorique des chaînes de régulation, car il s'agit d'identification des chaînes de régulation au sein de l'UPCA. Ainsi, nous désirons d'aider notre partenaire SOMIZ à trouver la bonne méthodologie de maintenance pour améliorer le processus UPCA avec l'intégration du système DCS dans la salle de contrôle.

I.4. Décomposition du mémoire

Concernant la structure de ce mémoire, outre la première partie dont le contenu vient d'être précisé ci-dessus, elle s'organise en trois parties distinctes :

Le contexte de l'étude qui s'articule lui-même sur rénovation de l'unité pédagogique UPCA : la reconnaissance de l'importance de la régulation et ses bases scientifiques, le chapitre II de cette étude repose sur la présentation des différentes bases de la régulation, on a pris en considération la

définition des chaînes de régulation dans une industrie, particulièrement celle du domaine pétrolière et les centrales thermiques.

Cependant, le chapitre III a été consacré dans sa majorité à la présentation des chaînes de mesures et l'instrumentation, qui sont utilisées dans les industries. Ce chapitre contient aussi une illustration sur le principe de fonctionnement des capteurs, et les actionnaires.

Le chapitre IV est consacré à l'étude du principe de fonctionnement de l'unité pédagogique UPCA. À cet effet, une étude approfondie a été développée pour donner une idée claire sur le fonctionnement d'une micro-centrale thermique.

Le dernier chapitre de cette étude sera réservé au développement d'un système de monitoring, pour la simulation dynamique de la micro-centrale thermique UPCA. Nous présenterons la méthodologie suivie ainsi que les outils logiciels utilisés pour développer une telle application.

II. Etude théorique sur les chaînes de régulations

II.1. Régulation des paramètres de l'industrie

La régulation a pour but de réaliser le contrôle continu des principaux paramètres, qui caractérisent le fonctionnement du procédé en question. A titre indicatif le niveau qui sépare les phases liquide et vapeur dans un ballon est maintenu constant grâce à la régulation de niveau qui s'adapte aux différentes perturbations : changement de débit d'alimentation, variation de pression, etc. Cela permet d'éviter des incidents graves tels que l'envoi de liquide dans le circuit gaz ou l'inverse.

Ainsi, La température de sortie du produit réchauffé dans un four est toujours réglée. Cela permet une adaptation automatique de la chauffe quand les conditions changent ; variation du débit ou de la température du produit à réchauffer, changement des caractéristiques du combustible, etc. en revanche, La régulation des pressions de fonctionnement des colonnes de distillation est une nécessité pour obtenir un fonctionnement stable.

Ainsi, cette régulation doit s'adapter aux variations de température de l'air ambiant utilisé comme fluide de réfrigération dans les condenseurs de tête des colonnes. Les débits d'alimentation des unités ainsi que ceux qui circulent entre unités et bacs ou de bacs à bacs doivent être connus donc mesurés. Certains d'entre eux doivent être réglés pour assurer un fonctionnement stable des unités

Les boucles de régulation constituent pour l'opérateur, qui est informé par l'instrumentation des conditions de marche, le moyen d'action sur les conditions de fonctionnement d'une installation. Il peut ainsi parfaire les réglages, les modifier en fonction des consignes de fabrication, ou faire évoluer les conditions de marche dans les phases transitoires ou perturbées.

II.2.Principe de fonctionnement

Pour réguler un système physique, il faut : Mesurer la grandeur réglée avec un capteur. Réfléchir sur l'attitude à suivre : c'est la fonction du régulateur. Le régulateur compare la grandeur réglée avec la consigne et élabore le signal de commande. Agir sur la grandeur réglant par l'intermédiaire d'un organe de réglage(6)

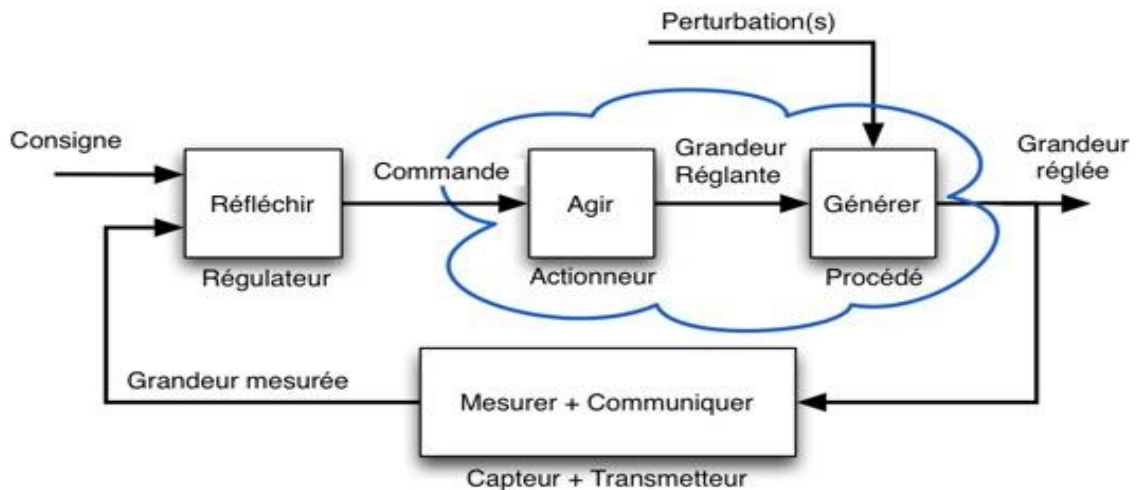


Figure. II.1. Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation

La mesure de niveau est assurée par le capteur et dirigée vers le transmetteur. Celui-ci transforme la mesure en un signal et le transmet au régulateur qui, par ailleurs, a reçu une consigne de hauteur de niveau. Le régulateur compare la mesure à la consigne et, s'il existe un écart, agit sur le servomoteur de la vanne de régulation par un signal de commande dans le sens voulu pour ramener la grandeur réglée à la valeur de consigne. Un positionneur généralement installé sur la vanne automatique, vérifie en permanence que la position réelle de la vanne correspond bien à la position théorique correspondant au signal régulateur.

La présence supplémentaire d'alarmes de niveau haut et bas permet de prévenir l'opérateur en cas de remplissage anormal ou de vidange excessive du ballon. Dans d'autres cas de boucles de régulation, la vanne automatique peut être remplacée par un organe de réglage ou actionneur tel que vannes, servomoteur pour orienter les pales d'un ventilateur, etc.(7)

II.3. Eléments de régulation

Le contrôle de procédé met en œuvre une chaîne d'outils à plusieurs niveaux, ce qu'on appelle la boucle de régulation. Cette dernière se compose de plusieurs éléments :

- **Point de consigne** : c'est la grandeur désirée.
- **Grandeur asservie** : c'est la grandeur qui l'on veut contrôler et/ou régler.
- **Comparateur /Correcteur**: élément qui opère la comparaison entre le point de consigne et la mesure de la grandeur asservie, il renvoie les résultats de cette comparaison à l'élément suivant de la boucle.
- **Régulateur** : est l'organe central de la chaîne de régulation il crée un signal de commande qui est envoyé à l'actionneur.
- **Actionneur** : élément qui met en œuvre les résultats de la comparaison.
- **Capteur** : il mesure la grandeur asservie et la transforme en un signal électrique.
- **Convertisseur** : tout au long de processus, transformant la nature des signaux en signaux compréhensibles par les différents éléments de la boucle. (8)

II.4. Critères de performance d'une régulation

Pour un système de régulation, les spécifications restent souvent vagues en raison surtout de la grande diversité de problèmes de régulation. Les critères qualitatifs à imposer dépendent d'abord de la nature du processus à régler. A titre d'exemple, on ne peut imposer aveuglément un processus transitoire rapide ou un taux d'amortissement de 0,75 pour n'importe quel système.(9)

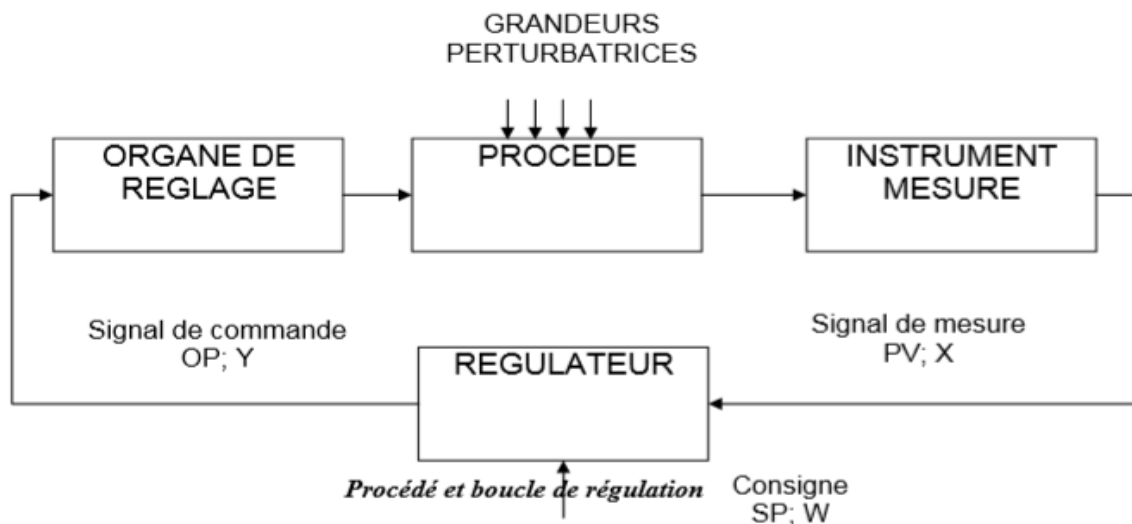


Figure II.2. Procédé régulé par une boucle fermée

Les performances d'une régulation peuvent se définir à partir de l'allure du signal de mesure suite à un échelon de consigne. Notons toute fois que les critères de performances classiques peuvent se résumer comme suit :

- **Stabilité** : Cette condition est impérative mais avec un certain degré de stabilité (marge de sécurité). En général on impose une marge de gain de 2 à 2.5.
- **Précision** : L'exploitant demande à ce que le système possède une bonne précision en régime permanent d'où une nécessité de mettre un régulateur PI ou d'afficher un gain important dans le cas d'un régulateur P.
- **Rapidité** : On demande en pratique que le système soit capable rapidement de compenser les perturbations et de bien suivre la consigne.
- **Dépassement** : En général on recommande un système de régulation dont le régime transitoire soit bien amorti et dont le dépassement ne dépasse pas 5 à 10% la valeur nominale. (9)

Pour définir l'objectif global d'une régulation, les critères qualitatifs du cahier des charges sont traduits par des critères quantitatifs. Les qualités exigées les plus rencontrées industriellement sont la stabilité, la précision et la rapidité. Pour les systèmes asservis la loi d'évolution de la consigne en fonction du temps est à décrire avec attention mais le résultat sera décrit par les trois premiers critères.(10)

II.5. Types de régulation

Plusieurs types de régulation industrielle sont à distinguer. Nous citons principalement :

- La régulation **TOR** : Tout Ou Rien (ON–OFF Control)
- La régulation **MLI** : Modulation de la Largeur d'Impulsion (PWM) avec PID
- La régulation **PID** : Continue Proportionnelle, Intégrateur, Dérivateur
- La régulation **FUZZY** : Continue PID avec l'introduction de la logique floue
- La régulation **MULTI-BOUCLES** : Maître Esclave, Cascade, Rapport
- La régulation **NUMERIQUE**(11)

II.5.1. Régulateur PID

II.5.1.1. Définition

Le régulateur standard le plus utilisé dans l'industrie, est le régulateur PID (Proportionnel, Intégral, Dérivé), Compte tenu de sa simplicité, sa facilité d'implantation, sa performance et son faible cout. Il est de ce fait utilisé sur la grande majorité des installations industrielles et il permet de régler à l'aide de ses trois paramètres, les performances d'un processus. Mais malheureusement le correcteur PID n'est pas considéré comme une commande robuste, puisque sa performance dépend du monde identifié. Régulateur PID (Proportionnel, Intégral, Dérivé) C'est un système d'auto régulation (boucle fermée), qui cherche à réduire l'erreur entre la consigne et la mesure.(12)

$$e = \text{consigne} - \text{mesure}$$

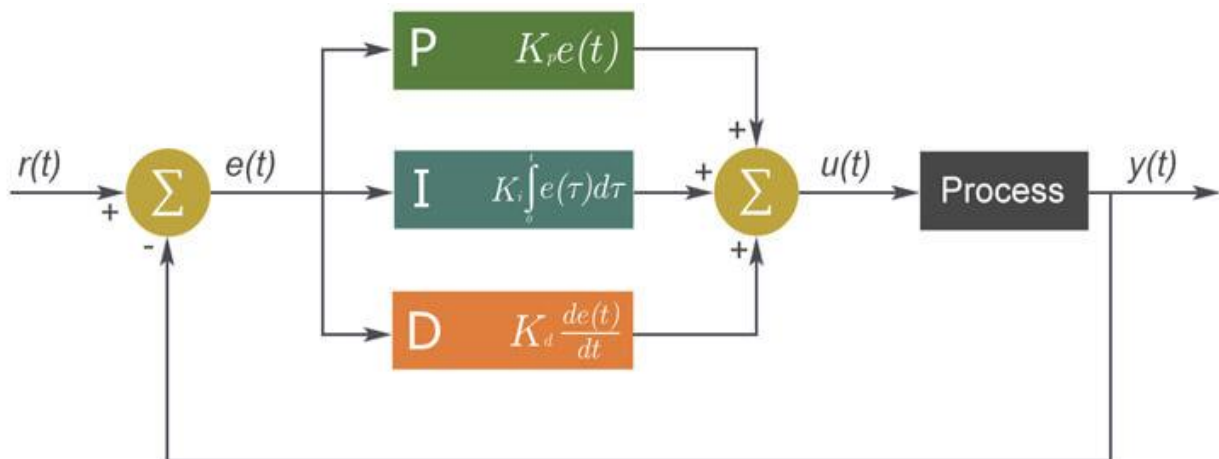


Figure. II.3. Régulateur PID

L'avantage d'un régulateur PID est sa performance dynamique, sa précision de réglage et sa stabilité. Les éléments de ce régulateur sont une combinaison d'actions P (Proportionnelle), I (Intégrale) et D (Dérivée) choisies en fonction du type d'application. (13)

II.5.1.2. Action proportionnelle (P)

- ❖ Elle permet de réduire l'erreur statique (améliorer la précision) :
- ❖ Plus l'action est grande (K grand), plus l'erreur statique est réduite
- ❖ Plus l'action est grande, plus les oscillations sont importantes durant le régime transitoire,
- ❖ Un excès d'action (k très élevé) conduit à l'instabilité du système(5)

$$U(t) = Kr \cdot e(t)$$

Equation II.1. Correcteur proportionnelle(14)

II.5.1.3. Action intégrale (I)

- ❖ Elle permet de supprimer l'erreur statique
- ❖ Plus la constante T_i est petit, plus l'action intégrale est forte,
- ❖ Une action excessive (T_i trop petit ou K_i trop grand) conduit a une instabilité du système (du à l'augmentation du déphasage).(5)

$$S(t) = \varepsilon(t) + \frac{1}{\tau_i} \int \varepsilon(t) dt$$

$$S(p) = \left(1 + \frac{1}{\tau_i p}\right) \varepsilon(p)$$

$$S(p) = \frac{1 + \tau_i p}{\tau_i p}$$

Equation II.2. Correcteur intégrale.(14)

II.5.1.4. Action dérivée (D)

Plus T_d est grand plus l'action dérivée est forte, T_d très forte permet de :

- ❖ Réduire ou les oscillations obtenue en une action proportionnelle seul
- ❖ Accélérer la réponse mesurée
- ❖ Améliorer la stabilité du système (apport d'une avance de phase)
- ❖ L'action dérivée est limitée par un excès d'action qui peut conduire à l'instabilité du système.(5)

$$S(t) = \varepsilon(t) + \tau_d \frac{d\varepsilon}{dt}$$

$$S(p) = (1 + \tau_d p) \varepsilon(p)$$

$$C(p) = 1 + \tau_d p$$

Equation II.3. Correcteur dérivé.(14)

- correcteur PID série :

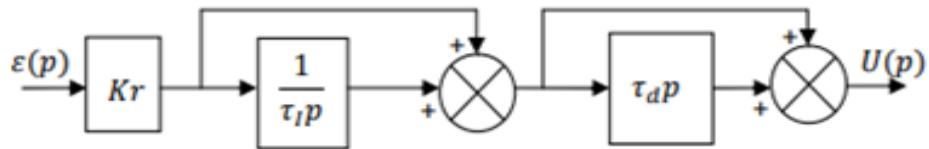


Figure II.4. Structure série du régulateur PID

$$C(p) = Gr \left(1 + \frac{1}{\tau_i p} + \tau_d p \right)$$

Equation II.4. Correcteur PID série (14)

- correcteur PID parallèle :

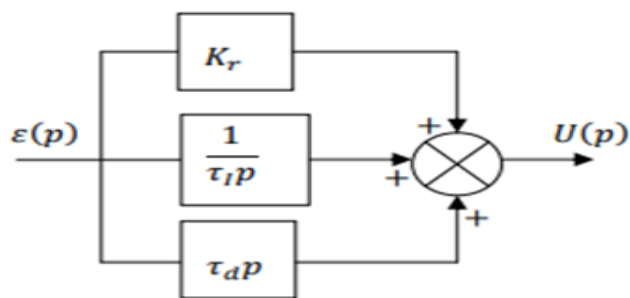


Figure II.5. Structure parallèle du régulateur PID

$$C(P) = Gr + \frac{1}{\tau_i p} \tau_d p$$

Equation II.5. Correcteur PID parallèle (14)

- correcteur PID mixte :

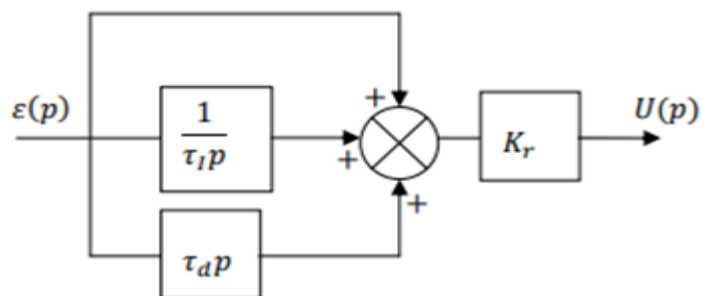


Figure II.6. Structure mixte du régulateur PID

$$C(P) = Kr(1 + \frac{1}{\tau ip})(1 + \tau dp)$$

Equation II.6. Correcteur PID mixte (14)

Ces anomalies appelées caractéristiques apparentes du système, représentent le grand travail des régulateurs et mathématiciens. Maîtriser ces anomalies n'est pas une tâche facile, surtout lorsqu'on aura le choix entre rapidité et stabilité, et ce choix n'est pas décisif. On note qu'il y a plus qu'une méthode de détermination de ces paramètres.(11)

II.5.2. Régulation Tout Ou Rien – TOR

Lorsque la mesure atteint la limite inférieure, l'actionneur prend une position particulière (arrêt ou marche pour une pompe, ouvert ou fermé pour une vanne).

De façon analogue, le fait d'atteindre la limite supérieure place l'actionneur dans la position contraire. La mesure oscille donc entre ces deux valeurs extrêmes et sa variation prend deux variables celle qui correspond à la commande maximale 100 et celle qui correspond à la commande minimale 0. Ce réglage simple, bon marché présente l'inconvénient d'être peu précis.(15)

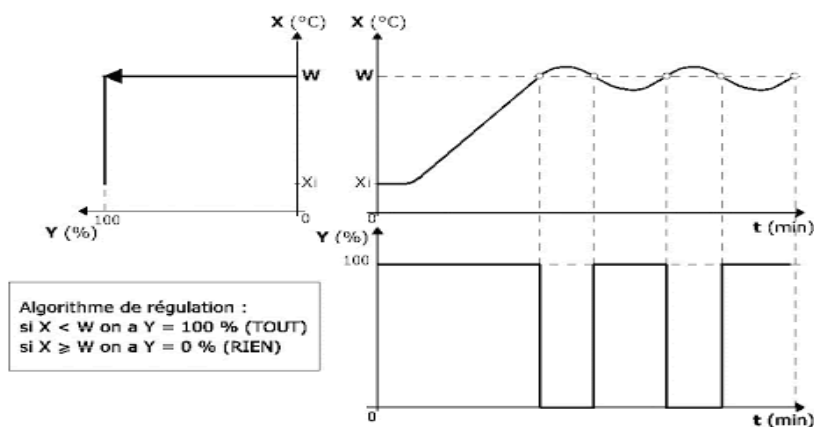


Figure II.7. Caractéristique d'un régulateur tout ou rien

Le brûleur est mis en marche et commence à chauffer l'eau. Il fournit la Totalité de sa puissance (100 %). Lorsque la température de l'eau dépasse la consigne et atteint la valeur T1, l'aquastat déclenche l'arrêt du brûleur. Pendant l'arrêt du brûleur (0 %), l'eau refroidit. Cependant, lorsque la température de l'eau repasse en-dessous de la consigne et atteint la valeur T0, l'aquastat enclenche la remise en marche du brûleur. Le brûleur fournit à nouveau la totalité de sa puissance pour chauffer l'eau et le cycle recommence.(16)

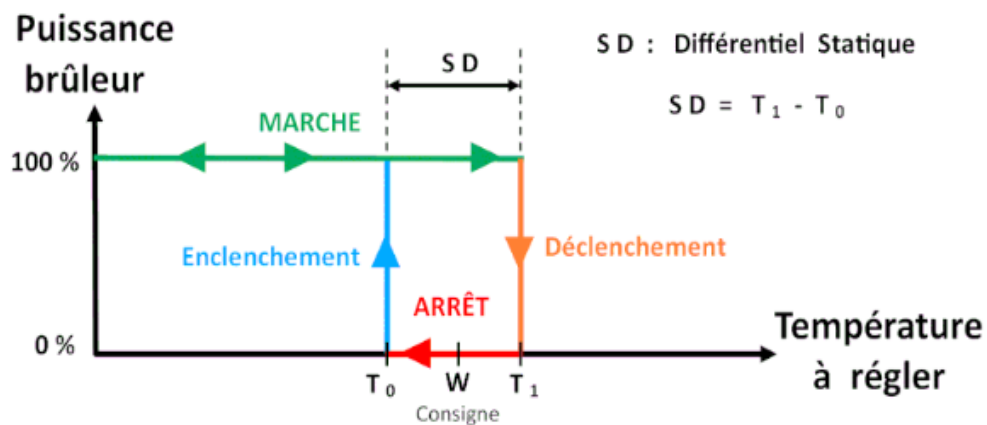


Figure II.8. exemple de TOR

II.6. Étude des technologies de régulations utilisées dans une industrie

II.6.1. Principes fondamentaux et applications

Dans la science et la technologie, le pneumatique est la technologie de contrôle des gaz sous pression pour générer des forces et des mouvements. Aujourd'hui elle est principalement utilisée pour le contrôle et les techniques d'automatisation. Le terme de pneumatique vient du Grec ancien « pneuma », qui signifie « air ».

En utilisant de l'air comprimé, un travail mécanique est réalisé, les composants sont contrôlés ou les signaux sont transmis.(17)

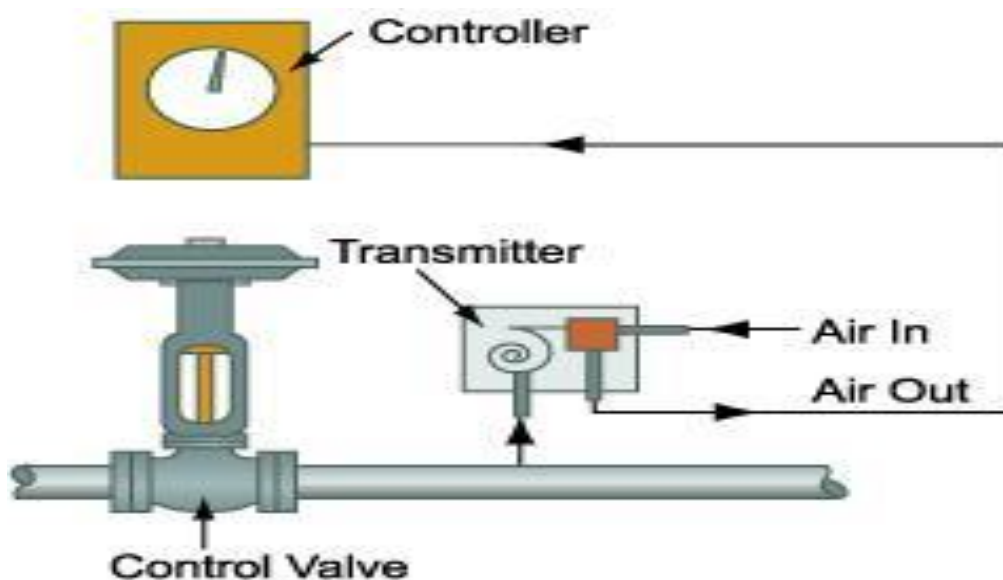


Figure II.9. Régulation pneumatique

II.6.2. Les technologies de régulation pneumatiques

II.6.2.1. Principe de fonctionnement

Le schéma de principe ci-dessous rappelle les éléments constitutifs d'une boucle de régulation pneumatique. Le fonctionnement des différents appareils pneumatiques tels que, le transmetteur, le régulateur et le positionneur pneumatique revient toujours à générer un déplacement ou une force. Il est nécessaire de leur fournir de l'énergie sous forme de pression d'air. A partir du réseau Air-Instrument, l'alimentation en air d'un appareil pneumatique est assurée par un filtre détenteur dont le rôle est de maintenir une pression constante quelle que soit la consommation de l'appareil en question. On utilise les systèmes d'air comprimé pour convertir l'énergie de l'air comprimé en énergie mécanique. Un système d'air comprimé est généralement constitué de quatre sous-systèmes :

- la production d'air comprimé,
- le conditionnement de l'air comprimé,
- la distribution de l'air comprimé,
- et le travail à effectuer.(18)

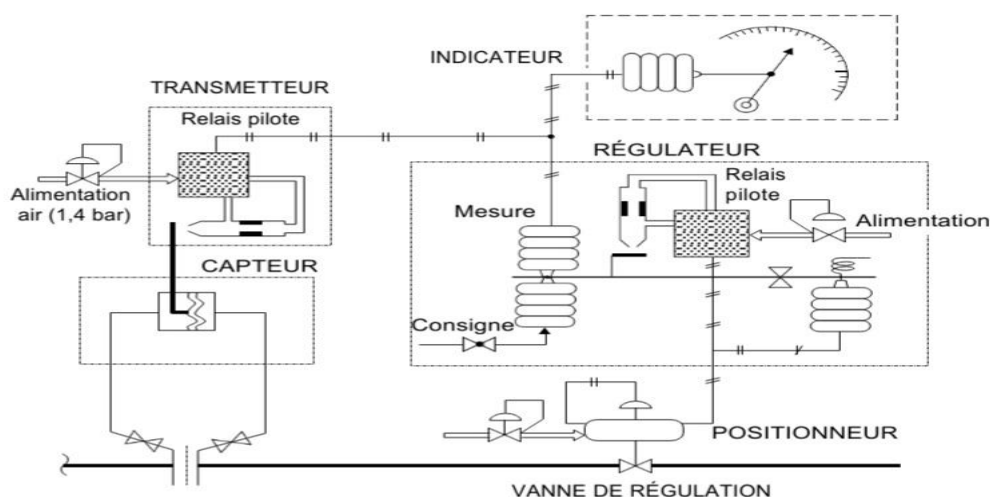


Figure. II.10.schéma d'une boucle de régulation pneumatique.

Le fonctionnement d'un appareil pneumatique revient toujours à générer un déplacement ou une force. L'émission du signal pneumatique consiste à les transformer en une pression d'air variable ou signal de sortie. Ceci est généralement réalisé par un système buse-palette ou par un montage s'en rapprochant. (18)

II.6.2.2. Réception d'un signal pneumatique

Le signal pneumatique est reçu dans un soufflet pour être transformé en une force utilisable. A titre d'exemple le schéma ci-dessous illustre le fonctionnement d'un indicateur pneumatique. Le signal est transformé par un système soufflet-embellage en un déplacement

d'une aiguille devant un cadran. Le cadran de ce type d'appareil est généralement gradué de 0 % à 100 % :

- ❖ le 0 % correspondant à un signal de 0,2 bar
- ❖ le 100 % correspondant à un signal de 1 bar(18)

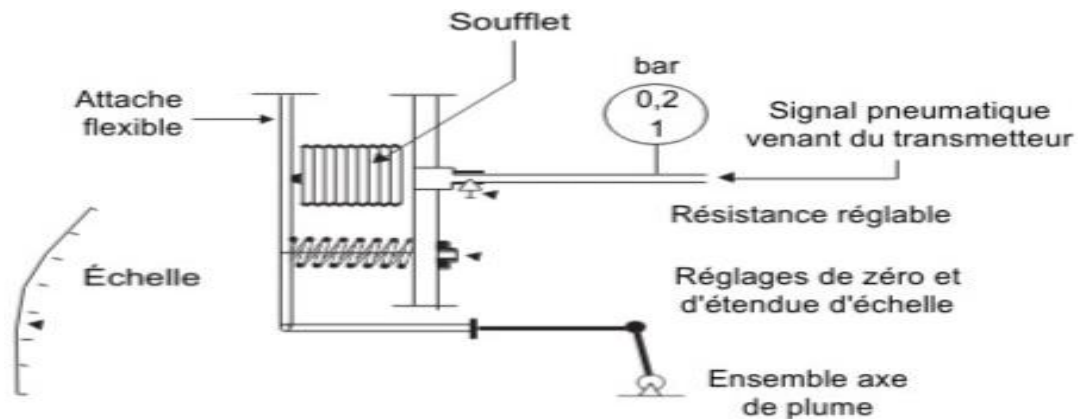


Figure II.11. Indicateur pneumatique

II.6.2.3. Avantage des boucles pneumatique

- ✓ pression insensibilité aux parasites industriels tels que l'induction parasites.
- ✓ champs magnétiques d'air directement utilisable sur une membrane ou un piston
- ✓ conviennent bien à la sécurité incendie (pas de génération d'étincelles, bonne tenue au feu)

II.6.2.4. Inconvénients des boucles pneumatiques

- ✓ lenteur de transmission
- ✓ portée limitée (quelques centaines de mètres en tube 4//6 ou 6/8)
- ✓ coût d'installation élevé
- ✓ sensibilité à l'humidité et aux poussières nombreuses pièces mécaniques en mouvement
- ✓ difficulté d'effectuer sans conversion des calculs élaborés.

Néanmoins, il existe encore de nombreuses boucles pneumatiques et il s'en installe de nos jour pour des applications simples (ex : régulation locale de pression ou de niveau, sécurité locale, ...).(18)

II.6.3. La technologie numérique

L'importance du numérique dans les procédés de fabrication ne cesse de croître et c'est devenu l'une des principales préoccupations. Une usine avec des machines à la pointe de la technologie, des capteurs, des dispositifs IIoT, des robots et qui intègre avec succès toutes ces technologies pour superviser, gérer et améliorer le processus de production.(19)

II.6.3.1. Principe de fonctionnement d'une boucle dite "numérique"

Actuellement la plupart des transmetteurs, (à l'exception, partiellement, de ceux dits "intelligents") et la majorité des organes de réglages fonctionnent avec des signaux analogiques. Seuls quelques systèmes d'acquisition de données sur des capacités de stockage (niveaux, températures, densité, etc.) fonctionnent entièrement en numérique.

Les boucles numériques concernent donc essentiellement le fonctionnement interne des régulateurs numériques autonomes et les signaux émis à l'intérieur d'un Système Numérique de Contrôle Commande (SNCC). Des interfaces ou convertisseurs analogique/numérique A/N sont alors nécessaires entre les différents éléments de la boucle.

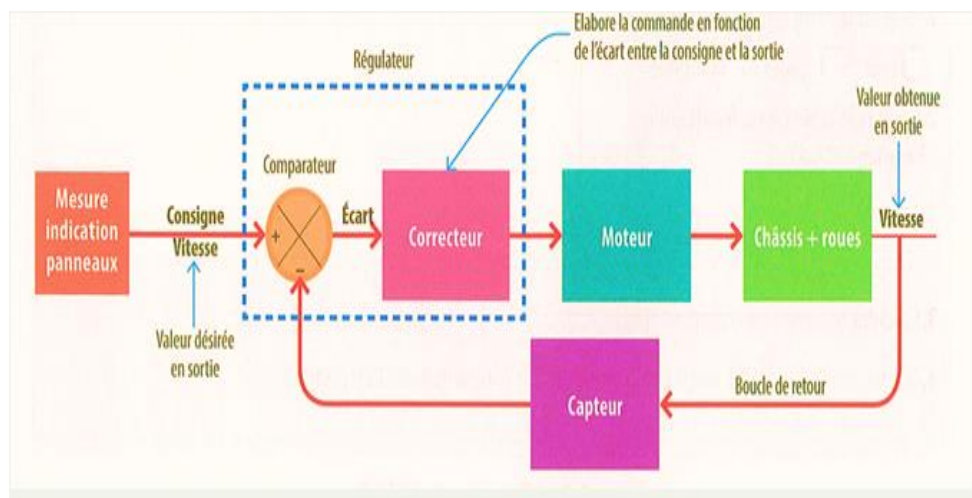


Figure. II.12. Principe de fonctionnement d'une boucle numérique

Le schéma fonctionnel d'une commande en boucle numérique comporte :

- **Une chaîne directe ou chaîne d'action**: elle est constituée par un correcteur, un amplificateur et un actionneur. La chaîne d'action est une chaîne de puissance.
- **Une Chaîne de réaction ou chaîne inverse** : encore appelée boucle de rétroaction, elle surveille en permanence l'état de la sortie pour informer le régulateur (comparateur + correcteur) des modifications à apporter sur la chaîne directe.
- **Le comparateur** : il élabore le signal d'erreur qui permet au correcteur d'agir sur la chaîne d'action.
- **Le régulateur** : Il élabore un signal de commande à partir de l'écart entre la consigne et la mesure. C'est l'organe « intelligent ».
- **Le pré-actionneur** : Il maîtrise la puissance à fournir à l'actionneur dans le processus à partir du signal issu du régulateur. C'est lui qui module l'énergie reçue du système.
- **L'actionneur** : Il convertit cette puissance en une autre puissance utile par le processus ; C'est le muscle du système.
- **Le capteur** : Il donne une image de la grandeur asservie et en rend compte au régulateur. (20)

II.6.3.2. Avantage des boucles numérique

- Signaux peu sensibles aux perturbations et dont la précision ne se dégrade pas lors d'une communication.
- Le bit représenté par une suite d'impulsions ne dépend pas de la dimension de ces impulsions. Même affaibli, le bit transmis reste le même.
- Signaux directement utilisables dans un calculateur ou un SNCC,
- Très grandes possibilités de configuration (échelle, zéro, unités, etc.) et facilité de dialogue avec les instruments numériques tels que transmetteurs,
- Nouvelles fonctions (ex : PID auto-adaptatif) irréalisables en analogique,
- Possibilité de connecter plusieurs appareils sur la même liaison numérique, ce qui permet de réduire les coûts de câblage et d'installation

II.6.3.3. Les inconvénients des boucles numériques

- Normalisation des liaisons (bus, protocole) en cours et donc très imparfaite, ce qui pose des problèmes de compatibilité entre appareils de constructeurs différents,
- Actuellement, boucles en général hybrides (analogique - numérique),
- Nécessite des compétences nouvelles pour l'utilisateur.(18)

II.7. Les différents types de boucles

II.7.1. Boucle de régulation cascade (cascade control)

Une régulation cascade est composée de deux boucles imbriquées. Le système peut être décomposé en deux sous-systèmes liés par une grandeur intermédiaire mesurable. Une première boucle, boucle esclave a pour grandeur réglée cette grandeur intermédiaire. La deuxième boucle, boucle maître, a pour grandeur réglée la grandeur réglée de la régulation cascade et commande la consigne de la régulation esclave. En résumé une structure en cascade est constituée de deux boucles de régulation :

- La boucle primaire avec régulateur maître
 - La boucle secondaire avec régulateur esclave.
- En mode cascade, le signal de sortie du régulateur primaire constitue la consigne du régulateur secondaire. (21)

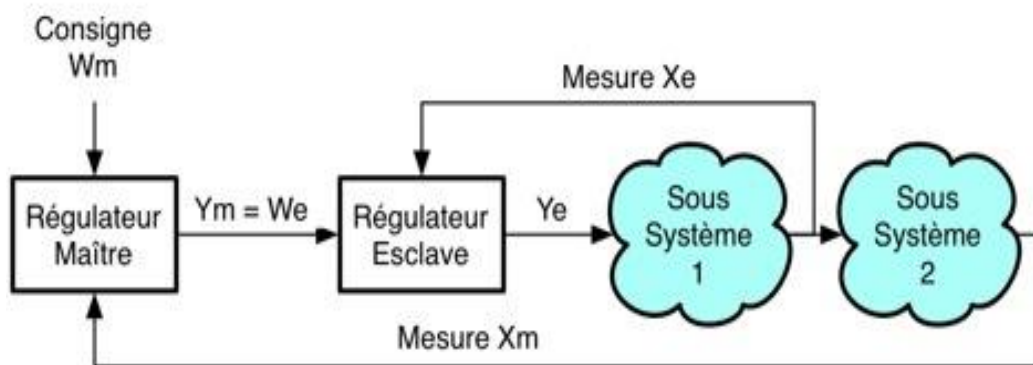


Figure II.13. Principe d'une Boucle cascade

II.7.2. Boucle de régulation prédictive - mixte - à priori (Feed forward)

On utilise la mesure d'une perturbation pour compenser ses effets sur la grandeur réglée. L'opérateur K_2 peut être un simple gain, un module avance/retard ou un opérateur plus complexe. Une telle boucle est utile lorsque qu'une perturbation a un poids important et que la mesure ne varie pas rapidement suite à cette perturbation. (9)

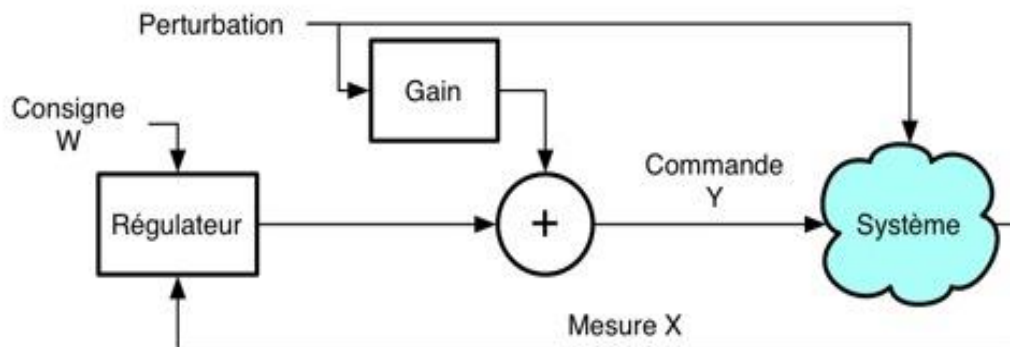


Figure II.14. Principe d'une boucle mixte

II.7.3. Boucle de régulation par partage d'étendue (split-range)

On utilise une régulation à partage d'étendue lorsque l'on désire contrôler le système à l'aide de deux organes de réglage différents. Ces organes de réglage peuvent avoir des effets antagonistes de type chaud-froid.

C'est une boucle de régulation qui permet de commander la position de plusieurs vannes ou organes de réglage à partir d'un seul régulateur. Comme l'indique une traduction possible (Etendue partagée), le passage de la position ouverte à la position fermée des organes de réglage ne correspond qu'à une partie seulement de l'échelle (0 – 100%) du SV du régulateur. Celle-ci est partagée entre les différents organes de réglage.

En régulation classique (électrique ou pneumatique). C'est le positionneur de chaque vanne qui permet ce type de régulation: un seul signal (SV du régulateur) est envoyé simultanément sur les différents organes de réglage. En numérique le split-range peut être calculé. (22)

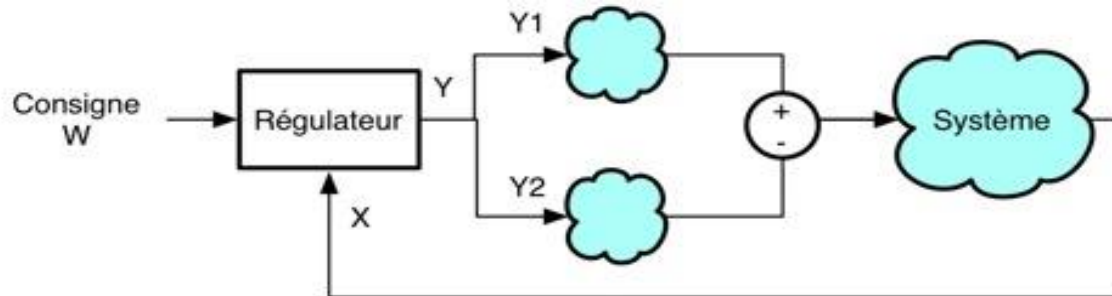


Figure .II.15. Principe d'une Boucle partage d'étendue

III. Chaînes de mesures et instrumentations

III.1. Chaînes de mesures

Une chaîne de mesure est un terme technique utilisé surtout par les instrumentistes électroniciens, pour les régleurs on préfère le terme boucle de régulation qui définit le minimum des instruments nécessaires pour asservir et réguler un procédé industriel à une seule entrée et une sortie unique, constituée de trois instrument de base à savoir:

- **Un instrument de mesure soit le capteur**, posté à la sortie du système, il mesure sans trop déformer la grandeur réglée qu'on appelle **PV** (PROCESS VALUE), et envoi un signal de mesure **M** qui est l'image de PV vers l'instrument suivant.
- **Un instrument de Réflexion soit le régulateur**, c'est l'organe qui régule en calculant les écarts instantanés, ensuite les influencés par des effets mathématiques pour générer un signal réglé **CO**(CONTROL OUTPUT) appliqué à l'organe suivante.
- **Un instrument d'action soit l'actionneur**, c'est l'outil qui reçoit l'ordre du régulateur et le traduit en une réalisation en pourcentage d'action soit **Y%** pour agir sur la variable Réglant et influencer le système dans le but de ramener la mesure à la consigne voulue.

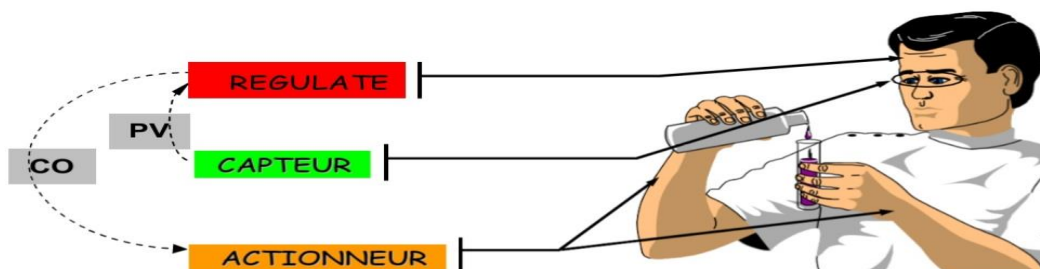


Figure III.1. Construction des chaînes

La personne qui essaye de verser un niveau précis (déjà décidé) est contraint de voir juste l'évolution du niveau dans le tube à essai et commander ses bras pour réussir rapidement sans fuite à l'extérieur ni dépassement de la consigne, s'il ferme ses yeux un instant la régulation devient impossible.(11)

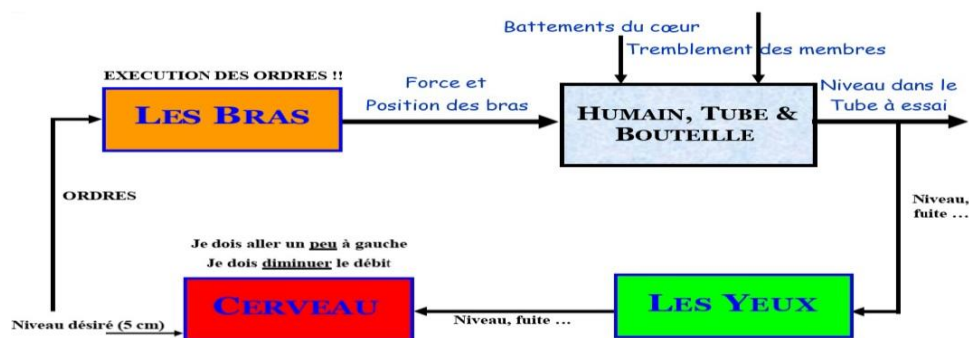


Figure III.2. Le réglage de le dosage d'un liquide

III.2. classification des signaux

III.2.1. Définition

Il y a deux types de signaux : Analogique et Numérique. Les signaux sont utilisés pour transporter des informations d'un appareil à un autre. Le signal analogique est une onde continue au cours d'une période donnée. Le signal numérique est discret par nature. La différence clé entre les signaux analogiques et numériques est que le signal analogique est représenté par les ondes sinusoïdales alors que le signal numérique est représenté par des ondes carrées.(23)

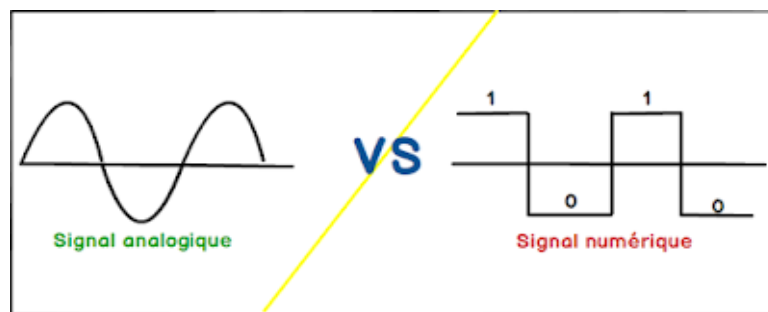


Figure. III.3. Signal analogique et numérique

III.2.2. Communication numérique

Les systèmes numériques actuels utilisent toujours des signaux analogiques. Ceci nécessite l'échantillonnage de ces signaux à intervalle de temps régulier afin d'obtenir une suite de valeurs discrètes. Chaque valeur discrète va pouvoir ainsi être convertie en une valeur numérique suivant un code bien défini. Ce code se présente sous la forme d'une succession d'états binaire (0 ou 1). Cet état binaire est défini comme étant l'élément de base de l'information numérique. Chaque bit peut prendre deux états logiques le "0" ou le "1".

Les bits sont groupés 8 par 8 pour former les octets. (1 octet = 8 bits et 1 kilo octet = 1 ko = 2¹⁰ octets = 1024 octets). La conversion d'un signal variable analogique en un signal numérique est bien entendu d'autant plus précise que la taille des mots est importante.

III.3. Chaînes d'Instrumentation

C'est un appareil qui est sensible à une grandeur physique (entrée) .Suite à une variation de son entrée, il peut modifier sa sortie d'une manière prédéterminée et mesurable. Tous les instruments nécessitent une alimentation en énergie, de même nature que leur sortie (électrique, pneumatique). Cette alimentation peut être fournie séparément ou à travers le signal de sortie. Pour chaque valeur d'entrée existe une valeur correspondante de sortie (et vice-versa).

L'instrumentation est la régulation aux quels sont associés les automatismes et séquences d'opération constituent un domaine technique tout à fait primordial dans la conduite des procédés en continus. L'instrumentation industrielle constitue un vaste domaine. Elle

regroupe principalement les équipements de terrain et les dispositifs de contrôle exemple (soupapes, vannes), qui permettent de mesurer et de contrôler différents paramètres physiques .Les domaines d'application de l'instrumentation sont nombreux : chimie, pétrole & gaz, électricité automatisme etc...Le rôle de l'instrumentation est de fournir des informations concernant les conditions de fonctionnement des installations de fabrication. Il s'agit le plus souvent de grandeurs physiques simples comme les pressions, débits, niveaux, températures, mais aussi de variables élaborées comme des compositions chimiques ou des caractéristiques diverses de qualité : densité, viscosité, pH, ... Des alarmes (visuelles ou sonores) avertissent l'opérateur lorsqu'une grandeur opératoire s'écarte de sa valeur habituelle.(24)

III.3.1. Les appareils de mesure

Une chaîne de régulation doit posséder des appareils de mesure les plus précis possible afin d'indiquer ou de transmettre avec précision des valeurs qui permettront le meilleur des contrôles. Pour cela il faut maîtriser la grandeur à régler, la grandeur de réglage, la grandeur perturbatrice et les paramètres de marche. En revanche, ces appareils de mesure comprennent des qualités telle que, la précision, la sensibilité, la réponse ainsi que la fidélité.

III.3.1.1. Capteurs

Ce sont ceux qui détectent un seuil pour donner une alarme, arrêter en urgence un système, démarrer un équipement de secours...etc

III.3.1.2. Capteurs intelligents

Les capteurs intelligents les dernières années du XXe siècle ont vu apparaître le concept de capteurs intelligents En plus de leur faculté de mesure une grandeur physique, ils possèdent d'autres fonctionnalités dont voici une liste non-exhaustive :

- Fonctions configurable de traitement du signal (filtre, gains...)
- Fonctions d'auto-test et d'auto-contrôle
- Etalonnage automatique (25)

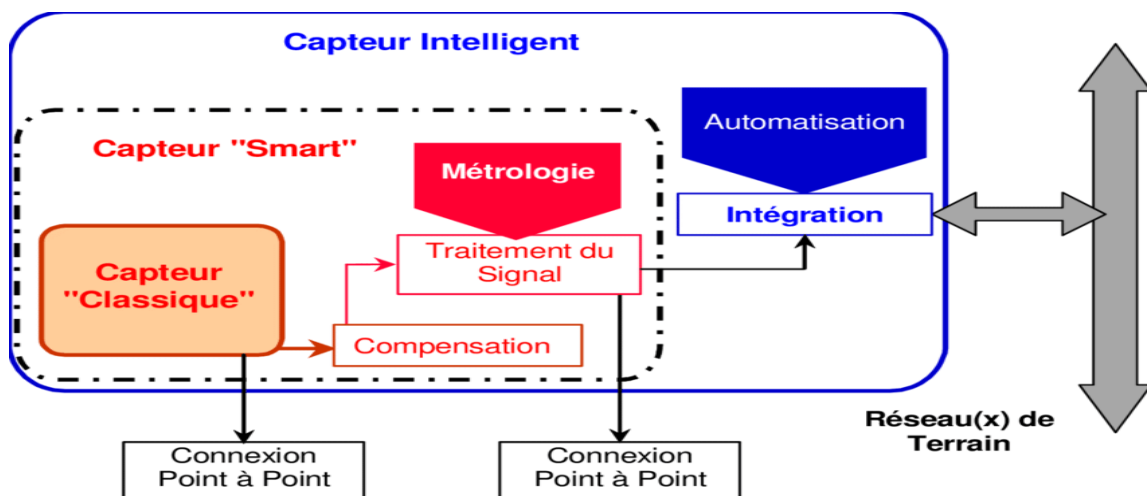


Figure .III.4. Capteur intelligent

II.3.1.3. Transmetteurs

Les transmetteurs ont un rôle primordial dont le rôle est d'effectuer une mesure dans une chaîne de régulation.

III.3.1.4. Transmetteurs intelligents

Pour un transmetteur soit qualifié d'intelligent, il doit utiliser un microprocesseur et doit également posséder un protocole de communication numérique qui peut être utilisé pour lire les valeurs mesurées par le transmetteur et pour configurer différents paramètres dans ce dernier.

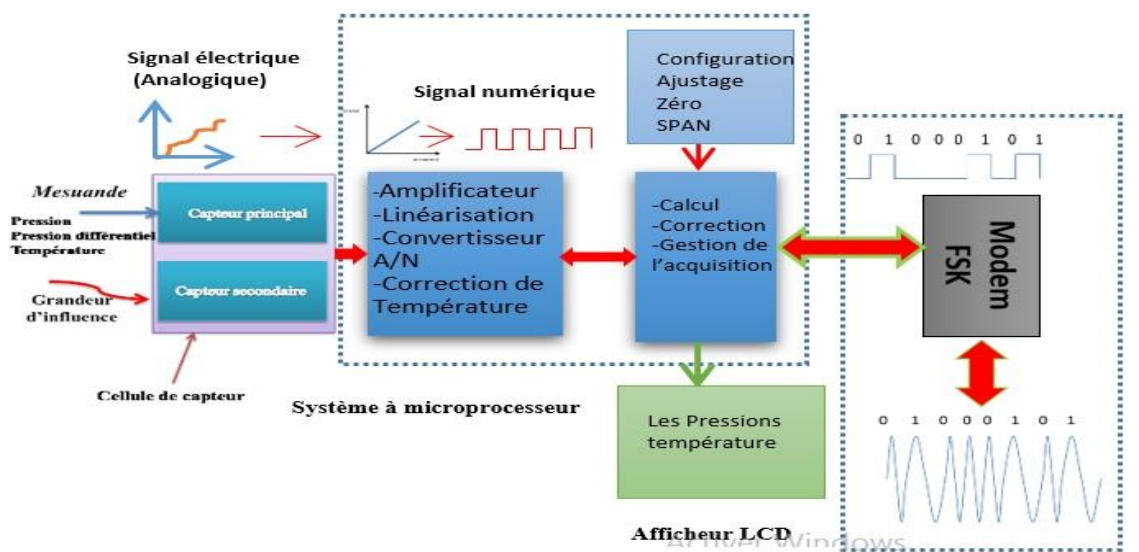


Figure III.5. Structure et principe de fonctionnement d'un transmetteur de pression intelligent

III.3.2. Généralité sur les actionneurs

Un actionneur est un objet qui transforme l'énergie qui lui est fournie en un phénomène physique qui fournit un travail, modifie le comportement ou l'état d'un système. Dans les définitions de l'automatisme, l'actionneur appartient à la partie opérative d'un système automatisé.(26)

II.3.2.1. Les vannes tout ou rien

Ces vannes automatisées peuvent être utilisées avec des servomoteurs électriques, pneumatiques, électropneumatiques et électro-hydrauliques. Les servomoteurs permettent aux vannes d'être utilisées automatiquement au moyen d'un système de contrôle, soit manuellement à distance.(27)

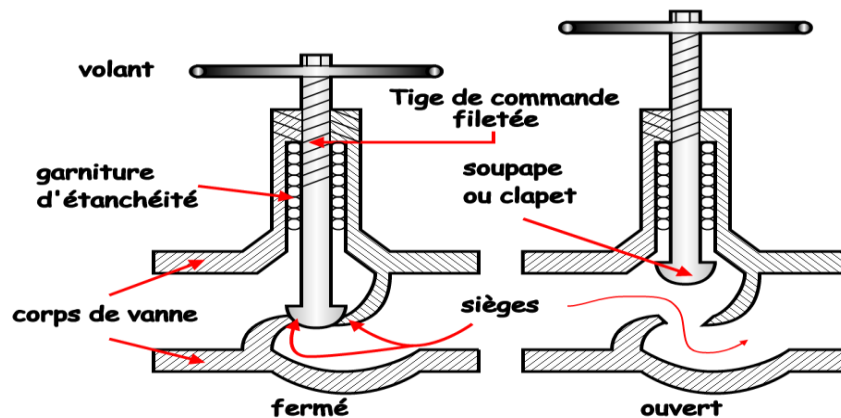


Figure .III.6. Schéma d'une vanne fermée et ouverte

III.3.2.2. Les vanne de régulation

Le contrôle de la valeur d'un paramètre dans un procédé, par rapport à une consigne, se fait toujours en agissant sur le débit d'un fluide.

Les vannes de régulation assurent cette fonction et il existe une très grande variété dont les formes de corps, les matériaux qui les constituent, les performances etc...dépendent de l'exigence des applications dans chaque procédé. Une vanne de régulation est un organe de réglage complexe que seuls les ingénieurs des bureaux d'étude maîtrisent le savoir-faire pour en définir la constitution, elles sont constituées de trois parties essentielles, le servomoteur, le presse-étoupe et le corps. Parmi les principes de fonctionnement on distingue :

- Les vannes à déplacement rectiligne :
 - A simple siège (a simple clapet)
 - A cage.
- Les vannes à tige rotative :
 - Sphérique
 - Papillon
 - A disque.(28)

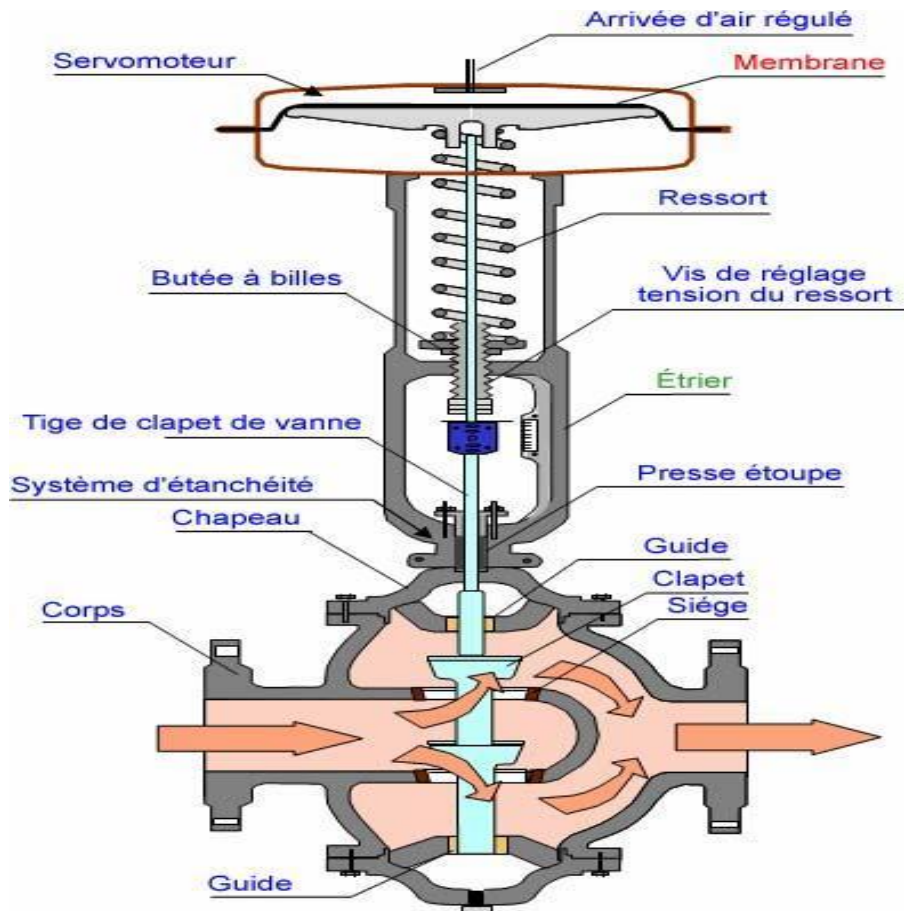


Figure .III.7.Schéma d'une vanne de régulation

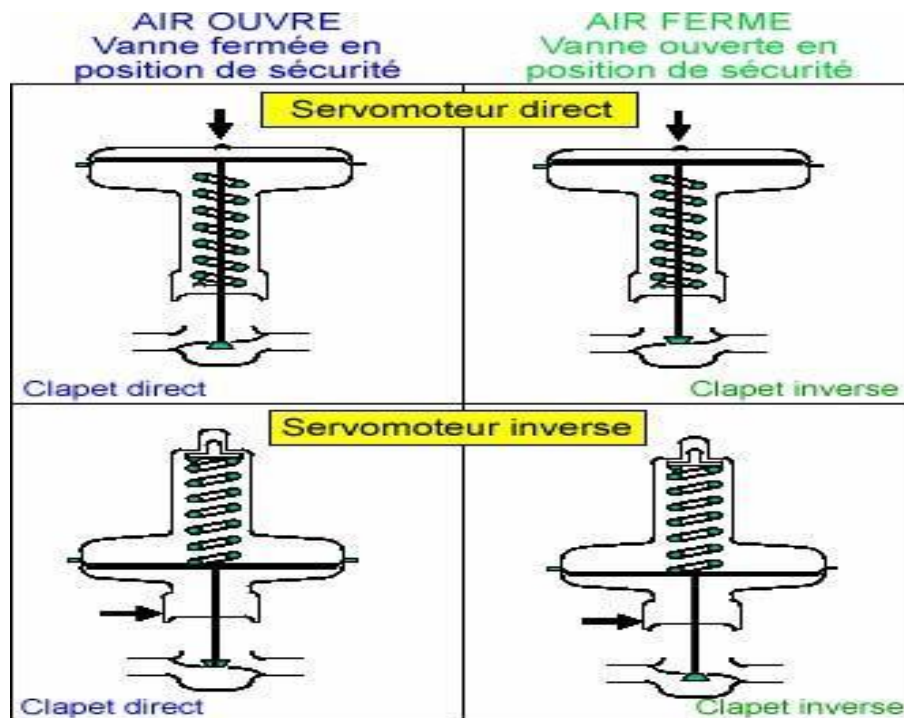


Figure .III.8.Différents types de vannes

III.3.3. Les positionneurs

Le positionneur est un appareil qui permet de placer et maintenir une pièce dans une certaine position. En régulation industrielle, le positionneur est un mécanisme utilisé pour piloter à distance l'ouverture d'une vanne. Il permet de stabiliser le clapet de la vanne dans la position voulue, selon la consigne fournie par le régulateur. Ce positionnement est rapide et fidèle, en dépit des perturbations du système. On distingue deux types :

- Le positionneur électro-pneumatique est un convertisseur I/P (intensité/pression) recevant une commande du régulateur en mA (4 - 20 mA), et la transforme en un signal pneumatique en bar (0,2 - 1 bar) vers l'actionneur.
- Le positionneur pneumatique reçoit un signal pneumatique et transmet un signal pneumatique vers l'actionneur.(29)



Figure .III.9.Positionneur de vanne

III.3.4. Les électrovannes

Une électrovanne est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe, il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique.(30)

Schéma d'une électrovanne

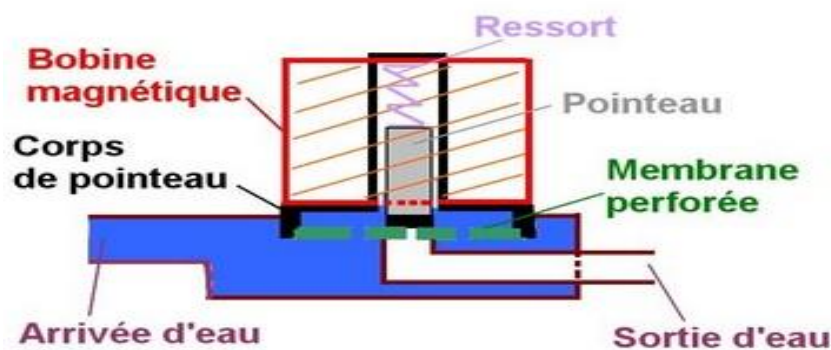


Figure .III.10.Schéma d'une électrovanne

III.3.5. Les soupape

Une soupape de sûreté ou soupape de sécurité est un dispositif de protection contre les surpressions, dans des installations devant supporter de fortes pressions mais qui pourraient être endommagées, voire détruites si la pression devenait trop élevée. Son fonctionnement est proche, même si son rôle est très différent, de celui du clapet anti-retour utilisé dans tout système où la circulation du fluide ne devrait s'effectuer que dans un seul sens, comme dans un chauffe-eau solaire. (31)

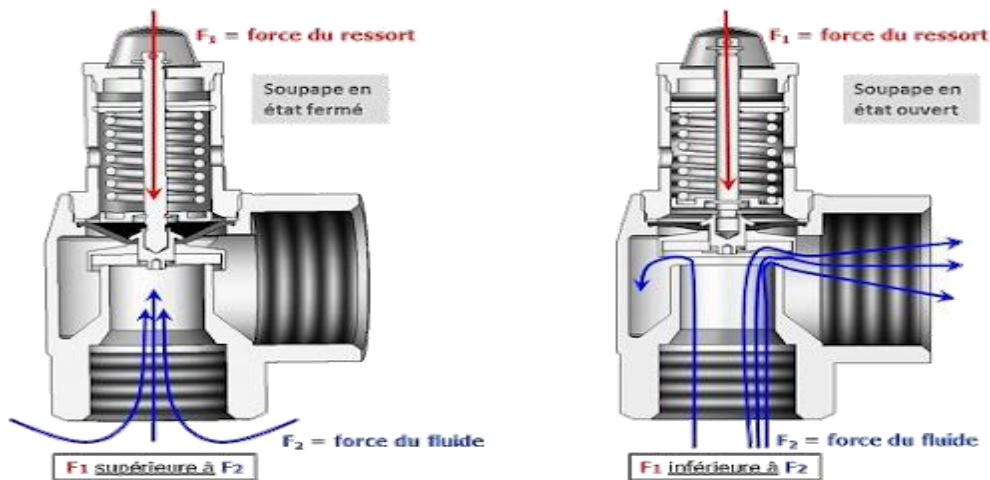


Figure .III.11.Fonctionnement d'une soupape

III.4. Système DCS

III.4.1.Définition

Un système de contrôle distribué ou DCS (distributed control system) ou encore système numérique de contrôle-commande (SNCC) est un système de contrôle industriel destiné aux usines ou process industriels dont les éléments de commande sont distribués ou géo-répartis. A la différence des systèmes de contrôle centralisés qui comportent un seul contrôleur central qui gère toutes les fonctions de contrôle-commande du système, les systèmes de contrôle distribués ou DCS sont constitués de plusieurs contrôleurs qui commandent les sous systèmes ou unités de l'installation globale.(32)

III.4.2. Fonctionnalités du système

Un SNCC est composé à la base d'un ensemble d'équipements à base d'un microcontrôleur assurant chacun une tâche spécifique.

- acquisition des données : raccordé généralement et essentiellement avec les équipements du terrain (capteur, actionneur), ils permettent de filtrer et conditionner le signal pour assurer la bonne communication entre le régulateur et ces équipements de terrain.

- régulation et traitement de donnée : ce sont les équipements qui assurent la fonction de commande de régulation et d'asservissement en utilisant des boucles de régulation PID ou bien à l'aide d'une logique combinatoire.
- un système de communication : en utilisant des protocoles de communications et des topologies spécifiques pour assurer la communication entre les différents équipements du système.
- surveillance : ce sont des équipements qui veillent sur le bon fonctionnement de l'ensemble d'équipement du système (alarme système), ainsi que le bon fonctionnement du process (alarme process)
- historique : l'historique des données process, les alarmes système et les alarmes process, les logs...
- archivage : cette fonction assure l'archivage et l'enregistrement de différentes données du système dans la base de données du serveur
- supervision : comme son nom l'indique, cette fonction permet de superviser le système et afficher l'état instantané de chaque équipement du système.(33)

III.4.3. Structure des systèmes automatisés

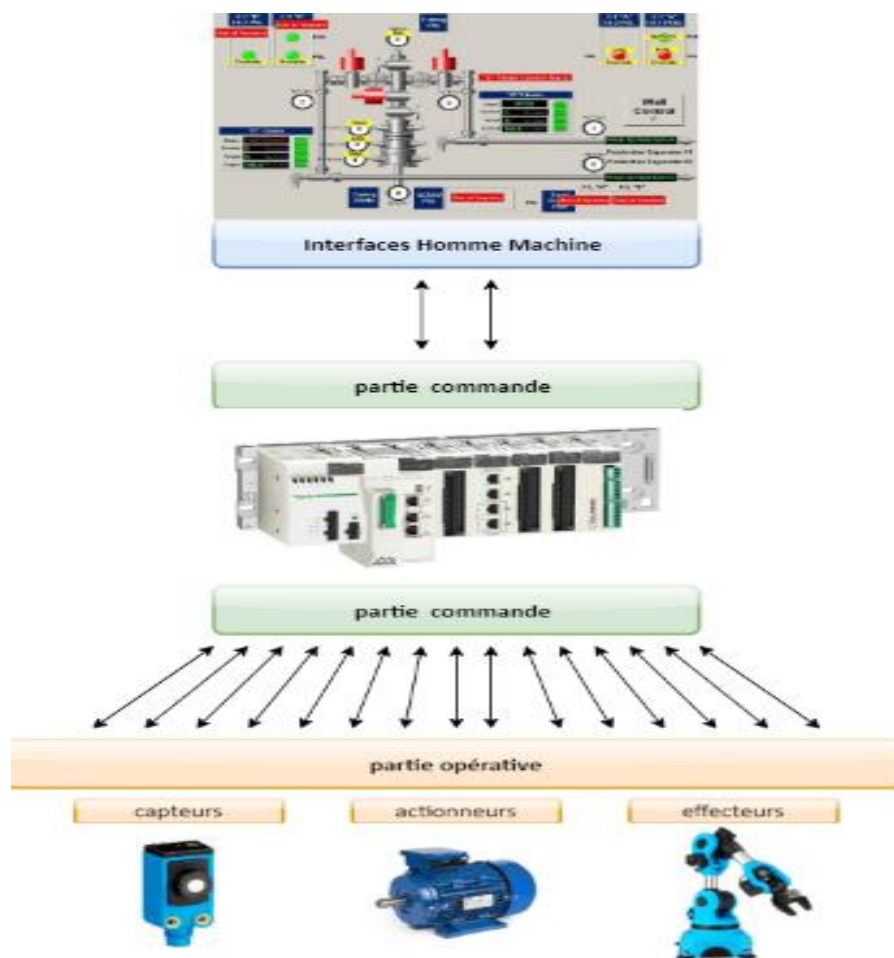


Figure .III.12. Structure d'un système automatisé(34)

Les systèmes d'automatisation industrielle peuvent répondre à des demandes toujours croissantes, mais l'architecture et les principes de base restent les mêmes, il est donc important de bien comprendre l'architecture d'automatisme :

- **Niveau 0:** Le sol ou «**parties fonctionnelles**» est un ensemble de sous-composants qui remplissent des fonctions physiques (déplacement, émission lumineuse ...), mesurent des grandeurs physiques (température, humidité, luminosité ...) et expliquent à la pièce commandée. Il est composé d'actionneurs électriques, pneumatiques, hydrauliques et autres, tels que des vérins, des moteurs électriques, etc.
- **Niveau 1:** également appelée « **partie commande** », elle est constituée d'un ou plusieurs contrôleurs qui coordonnent une série d'actions sur la partie opérationnelle afin d'obtenir cette valeur supplémentaire. Ces contrôleurs peuvent être des contrôleurs logiques programmables, des microcontrôleurs ou des PC industriels.
- **Niveau 2:** Surveillance ou **Interface Homme-machine:** Pour contrôler ou surveiller des installations industrielles, une interface homme-machine (IHM) est utilisée. La portée de l'IHM peut aller de la solution de base consistant à installer des boutons et des indicateurs sur la console aux interfaces de contrôle en 3D ou en réalité augmentée. La plupart des IHM sont des écrans tactiles ou des PC industriels.(34)

III.4.4. Avantage des système DCS

L'avantage de l'intégration des systèmes de DCS est leur modularité, qui permet de les installer et de les modifier facilement, et permet aussi d'éliminer la manipulation de documents papier. C'est des systèmes de contrôle distribués dotés d'une interface homme machine pour la supervision et d'un réseau de communication numérique.

A la différence des systèmes de contrôle centralisés qui comportent un seul contrôleur central qui gère toutes les fonctions de contrôle commande du système, les systèmes de contrôle distribués ou DCS sont constitués de plusieurs contrôleurs qui commandent les sous systèmes ou unités de l'installation globale.



***Figure III.13.** Système de contrôle distribués*

IV. Présentation de l'unité pédagogique contrôle et application

IV.1. Présentation de l'UPCA

L'unité Pédagogique est composée de plusieurs unités, ces unités forment un train qui comporte une salle contrôle et six unités :

- Unité **000** : unité commune qui alimente les autres unités en eau, et pour la régulation de niveau d'eau.
- Unité **100** : unité conçue spécialement pour la régulation du niveau de débit d'eau.
- Unité **200** : unité de régulation de débit et de pression,
- Unité **300** : unité destinée pour la régulation de la température.
- Unité **400** : Sur la même ligne l'unité pédagogique contient une unité 400 qui est destinée pour la séparation entre l'eau, l'huile et l'air comprimé de 15 bars.

Ainsi, cette unité se compose d'une unité très importante, cette dernière est une mini centrale thermique, elle s'agit d'une unité pour la production d'électricité via une turbine à vapeur et aussi pour la production de l'air comprimé de 15 bars qui doit être utilisé pour l'alimentation de l'unité 400 et de produire de l'air comprimé pour les laboratoires et la salle de contrôle. Ainsi, elle produit de l'air instruments de 8 bars pour alimenter les différents instruments utilisés dans la salle de contrôle et les vannes pneumatiques utilisés dans les autres unités.



Figure IV.1. Vue globale de l'Unité Pédagogique

IV.2. Historique

Le centre de formation de l'ex-IAP situé à Es Sénia est implanté sur une aire de 42 hectares. C'est une ancienne école de stagiaires de métiers pétroliers notamment les métiers de l'entreprise Sonatrach. Le bon fonctionnement de ces formations est assuré via un programme très riche et très rigoureux. Ce programme vise essentiellement la maîtrise de raffinage et la pétrochimie, la chimie industrielle, le dessin d'installations pétroliers, la maintenance du matériel, la sécurité "prévention et intervention".

Ainsi, le centre de l'ex-IAP, appelé aujourd'hui UPCA, dispose une importante plateforme pour les travaux pratiques, notamment une unité pédagogique de génie chimique à la taille des installations industrielles. Aussi, il dispose d'une école à feu permettant des interventions d'extinction sur des feux d'hydrocarbures, ceci est possible via des scénarios de flammes sur des bacs, de camions, des tuyauteries, des vannes etc.



***Figure IV.2.** Photo de l'unité pédagogique en fonctionnement prise en 1885*

IV.3. Situation géographique du L'UPCA

UPCA située à BP N°5, route de l'aéroport ES-Sénia Oran. La wilaya d'Oran couvre une superficie de 2 144 km² et s'étend le long du littoral méditerranéen qui forme sa limite naturelle Nord .L'UPCA c'est une unité pédagogique existe au sein de l'institut de maintenance et sécurité industrielle –université Oran 2 Ahmed Ben Mohamed.

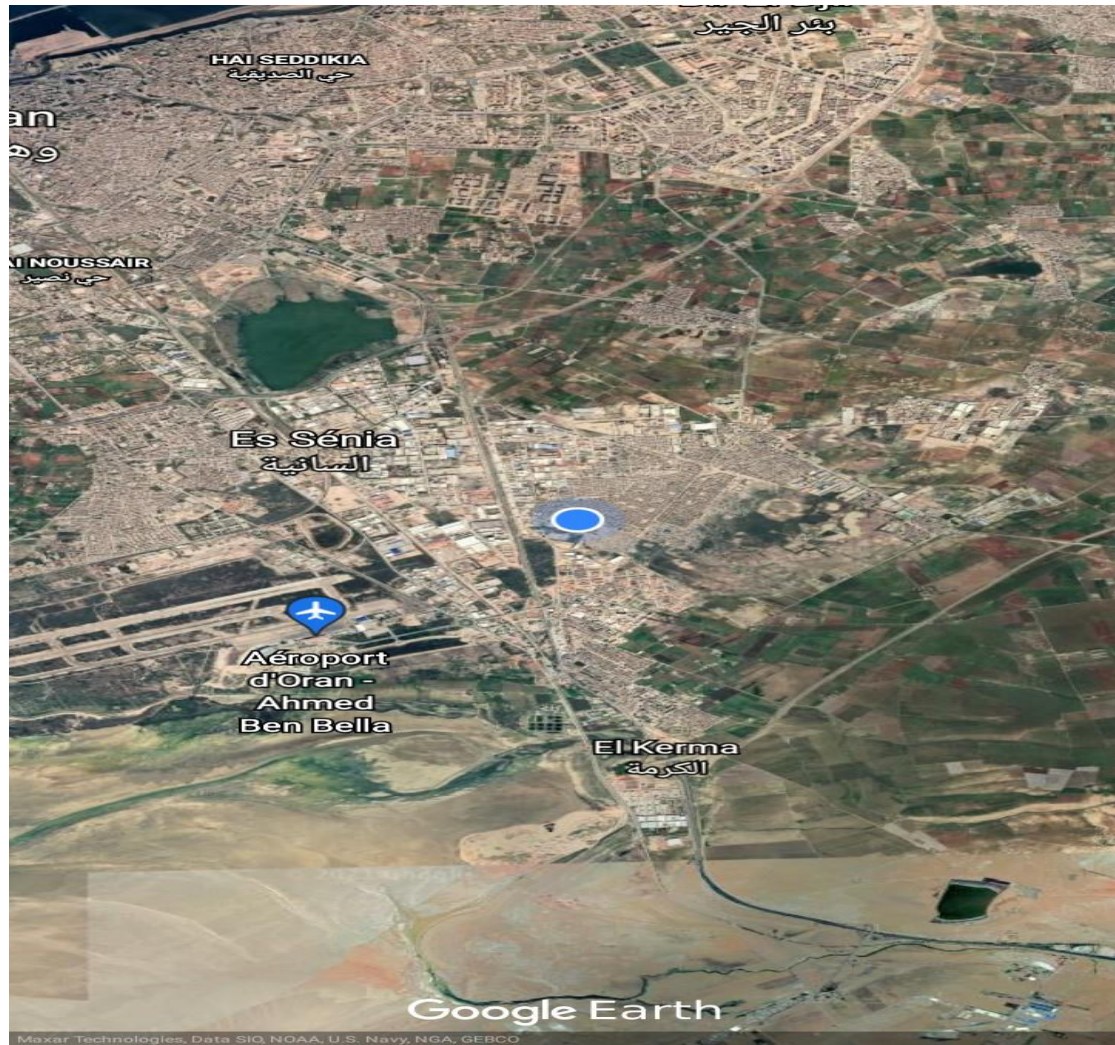


Figure IV.3. Vue de l'UPCA sur Google Earth

IV.4. Organigramme de L'UPCA

L'UPCA ex centre de formation des techniciens de l'IAP se constitué de plusieurs bâtiments, bloc pédagogique **B**, bloc admiratif **A**, laboratoire d'instrumentation **C**, une salle polyvalente, un terrain de sports etc. ainsi, une unité pédagogique qu'on appel dans ce mémoire **UPCA** (Unité Pédagogique Contrôle et Applications).

L'organigramme du centre de formation, se présente ainsi de la façon suivante (Figure 1. 3)

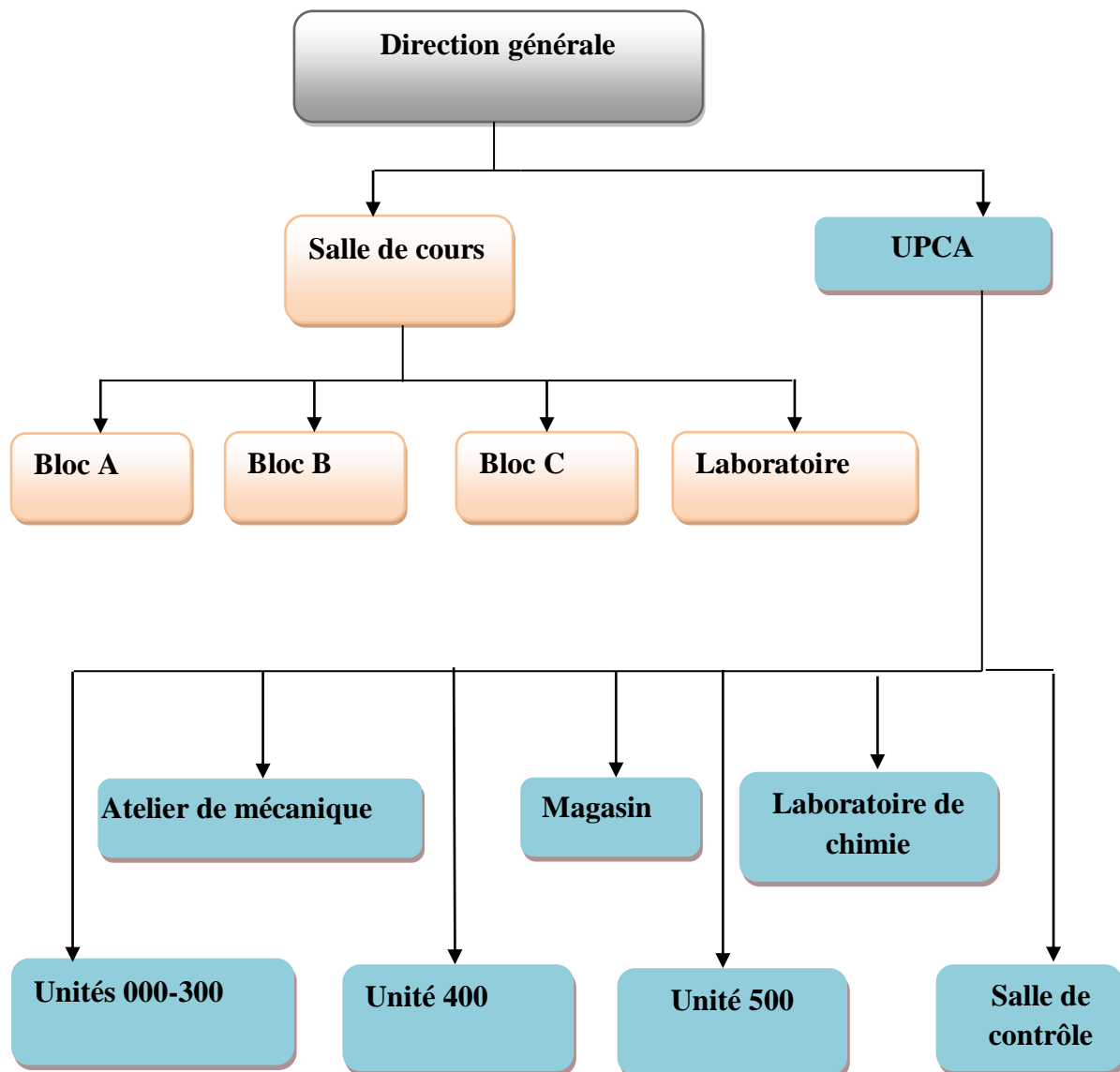


Figure IV.4. Organigramme du centre de formation de l'ex-IAP

IV.5. Description des unités

IV.5.1. Description de l'unité 000

Unité commune qui alimente les autres unités en eau, et pour la régulation de niveau d'eau.

L'unité **000** est l'unité qui distribue les fluides (eau) aux autres unités (100 200 300), elle se compose essentiellement d'un réservoir **B001** qu'il a quatre entrées et deux sorties, l'entrée essentielle vient du château d'eau et les autres sont des retours des unités (100, 200, 300), et

une sortie dont est puisé l'eau d'alimentation par l'intermédiaire d'une pompe **P001** qui aspire l'eau dans le réservoir et le refoulant dans le collecteur principale , et en fin la sortie d'égout.

L'eau arrivée du château d'eau passe par **LV004** la vanne d'admission d'eau (FMA) qui est commandé par une électrovanne **SOV004** vanne de sécurité sur vanne pneumatique qui commande la **LV004** (fermeture ou ouverture).

En outre, le niveau bas ou haut et la température haute agissent sur l'électrovanne **SOV004**, elle est contrôlée par **LISA004** (level indicator switch alarm) qui capte l'information à travers le transmetteur de niveau **LT004**, avec des voyons pour savoir si il s'agit de niveau haut ou bas. Les deux contacts de niveau et de température travail normale un par un ou les deux ensembles.(35)



Figure IV.5. Vue de l'unité 000 de l'UPCA

IV.5.2. Description de l'unité 100

Cette unité est conçue spécialement pour la régulation du niveau. Elle permet de faire des réglages de débit et de niveau d'eau, elle est constituée d'un réservoir **B101** dont nous pouvons régler le niveau et le débit d'alimentation. Le ballon **B101** est rempli d'eau par une **FCV101** vanne d'admission avec positionneur contrôlée par **FRC101** enregistreur régulateur du débit d'entrée et une électrovanne **SOV101A** et **SOV101B** excitée par des signaux venus level switch du **LISHL104**.

Le ballon **B101** est muni d'un contacteur de niveau **LSHA106** très haut, déclenchant une alarme et fermant la vanne d'admission d'eau en agissant sur la **SOV101 A**, ceci afin d'éviter toute introduction d'eau dans l'air service.

Le débit d'évacuation de l'eau du ballon **B101** se fait par l'intermédiaire d'une **LCV104** vanne d'extraction avec positionneur contrôlée par **LRC104** le régulateur de niveau du ballon **B101** qui reçoit la mesure des transmetteurs de niveau **LT104** ou **LT105**, afin d'évacuer l'eau au ballon **B001** après le passage par un tube venturi **FE102**, ce dernier est associé à un **FT102** transmetteur de pression différentielle. L'enregistrement se fait sur la deuxième plume du **FRC101**.(35)



Figure IV. 7. Vue de l'unité 100 de l'UPCA.

IV.5.3. Description de l'unité 200

C'est l'unité de régulation de débit et de pression,

Cette unité permet l'étude de régulation de pression et de niveau. Elle est constituée de deux réservoirs **B201** et **B202** se vidant l'un dans l'autre. Chaque ballon est pressurisé à une valeur telle que (sauf intervention volontaire) le retour de **B202** vers **B201** soit impossible.

Le débit d'admission d'eau dans le ballon supérieur **B201** est mesuré par **FT206** transmetteur de pression différentielle associé à la plaque à orifice **FE206** et linéarisés par le relais **FX206**. Le niveau dans ce ballon est mesuré grâce à un transmetteur à tube de torsion qui possède également un élément régulateur. Ces 2 signaux sont envoyés sur un commutateur pneumatique **HO205** dont le but est de pouvoir choisir entre : Une régulation de niveau asservie par le débit. Ou une régulation de débit asservie par le niveau.

Le débit est enregistré sur un appareil à 3 plumes **FR206**, **LR205** et **FR207** qui reçoit également le niveau du ballon **B201** et le débit de transfert **B201** vers **B202**.(35)



***Figure IV.9.** Vue de l'unité 200 de l'UPCA.*

IV.5.4. Description de l'unité 300

Cette unité est destinée à étudier les chaînes de régulation de température. À cet effet, nous mélangerons de l'eau chaude et de l'eau froide dans un bac mélangeur **B303** muni d'un agitateur. L'eau chaude nous sera fournie par une chaudière **B301** à chauffage électrique ou à vapeur. L'eau froide sera prélevée sur le collecteur d'eau de 6". Afin de limiter la consommation de calories, l'eau sortant du bac mélangeur servira à alimenter la chaudière et pour éviter de gonfler l'installation, un débit d'eau tiède égal au débit d'eau froide entrant dans le ballon **B303** sera retourné au ballon **B001** (d'où la nécessité d'avoir un thermostat dans ce ballon).

La chaudière électrique **B301** sera alimentée en eau par la pompe **P301**, par l'intermédiaire d'une régulation à 2 éléments. Le niveau **LT 312** sera asservi par la dérivée du débit **FT 313** (avec possibilité de modifier cet asservissement). Le transmetteur de niveau à d/P telle **LT312** envoie son signal sur le commutateur qui se trouve dans la salle contrôle. (35)



***Figure IV.11.** Vue de l'unité 300 de l'UPCA*

IV.5.5. Description de l'unité 400

C'est une unité de séparation ; une unité pédagogique destinée à séparer l'eau, l'huile et l'air. Elle se compose essentiellement :

- d'un réservoir.
- d'un séparateur horizontal triphasé.

Le séparateur est composé d'éléments d'instrumentation purement pneumatique, et une pompe. L'eau est fournie par le ballon B001, l'huile fournie par le réservoir T401 et l'air service fournie par le compresseur CREPELLE. Ses éléments sont aspirés vers un point de mélange pour une obtention d'une émulsion en passant par une vanne, un PI et un robinet à boisseau et arriver enfin au séparateur. Pendant la séparation, le séparateur sera contrôlé par un **LRC, PRC, FQ**. A la sortie :

-L'eau revient vers le ballon **B001** passant par un compteur et contrôlé par un **FIQ**.

-L'huile revient vers le réservoir **T401** passant par un compteur et contrôlé par un **FIQ**.

-L'air sera évacué vers l'atmosphère.(35)



Figure IV.14 *Vue de l'unité 400 de l'UPCA*

IV.5.6. Description de l'unité 500

L'unité **500** est l'unité centrale ou une mini-centrale thermique, elle est destinée pour produire de l'électricité à partir d'une turbine à vapeur. Le principe de base de cette unité est de changer l'état de l'énergie calorifique à une énergie mécanique, via deux équipements stratégiques essentiels, une chaudière **STEAMBLOC** qui va produire de la vapeur. Cette dernière est transportée via des tuyauteries industrielles de hautes pressions, pour faire tourner les aubes d'une turbine qui se trouve dans un local protégé. La turbine à vapeur entraîne un alternateur qui produit l'énergie électrique. Cette énergie est utilisée pour alimenter la chaudière électrique de l'unité **300**.

Aussi, dans l'unité **500** il existe deux compresseurs pour la production de l'air comprimé de 15 bars, ceci doit être utilisé pour l'alimentation de l'unité **400** et de produire de l'air comprimé pour alimenter les laboratoires et la salle contrôle. Ainsi, ils produisent de l'air instruments de 8 bars afin alimenter les différents régulateurs dans la salle de contrôle et les vannes pneumatiques utilisés dans les autres unités.(35)



***Figure IV.15.** Vue de l'unité 500, la mini-centrale thermique d'UPCA*

IV.5.7. Description de la salle contrôle

Cet espace est utilisé principalement pour superviser en temps réel toutes les unités, sauf l'unité 400, elle nous permet de travailler à distance, accéder rapidement à des applications critiques et soutenir une résolution plus rapide des alertes, Intégrer le contrôle à travers plusieurs systèmes et Partager du contenu avec n'importe quel appareil.

La salle contrôle de l'UPCA doit contenir un tableau de contrôle qui comportera tous les appareils enregistreurs et régulateurs. Il sera composé de 8 panneaux et un pupitre.

- 1) la partie gauche de 3m de largeur sera réservée à la partie « utilité » et comportera 2 panneaux superposés. Le panneau supérieur portera le synoptique « fluide » de ces utilités. et le panneau inférieur portera, dans la partie centrale, le synoptique électrique avec signalisation de départs en service et des défauts, et dans 2 extrémités, les appareils du turbo alternateur et des utilités.
- 2) la partie centrale de 5m environ, sera composée de 4 panneaux réservés au banc pédagogique. Le panneau supérieur portera le synoptique avec signalisation des défauts. Les 3 panneaux inférieurs porteront les appareils les unités 000-300.
- 3) le pupitre comportera 2 éléments de commande contrôle.

La partie de gauche sera réservée aux utilités, mais également les boutons poussoirs et commutateurs électriques destinés à : L'arrêt d'urgence mettant les unités en position « sécurité », le réarmement d'arrêt d'urgence permettant par admission de l'air instrument, de redémarrer l'unité. Ainsi, l'acquit des séquences d'alarme, c'est-à-dire l'arrêt du Klaxon et le passage en feux fixe des signalisations lumineuses, l'essai des lampes. Egalement, l'effacement défaut permettant de remettre les séquences d'alarme en position repos après disparition des défauts. La partie de droite comportera les commutateurs pneumatiques.(35)



Figure IV.16. Tableau d'affichage de paramètres des unités en dessous des enregistreurs graphiques et des régulateurs utilisés pour fixer des consignes d'entrées



Figure IV.17. Pupitre de commande à gauche pour le contrôle de la chaudière et à droite pour contrôler les unités de régulation, unités : 000, 100, 200 et 3

V. Elaboration d'un modèle de simulation dynamique et discussion des résultats

V.1. Les Automate programmable industriel API

L'acquisition et le traitement de données sont nécessaires pour arriver à dialoguer avec un appareil, via des capteurs et des ports de communication (USB, RJ45, RS485, etc.), Les micro-ordinateurs sont actuellement des plates-formes privilégiées pour ce type d'applications. Ils offrent en effet une très grande variété d'outils logiciels pour le développement des programmes d'acquisition et de traitement des données (Sous Windows: WinCC, step7, LabView, Java, Visual Basic, Delphi, MATLAB, C++, C#, etc. Sous Linux: LabView, Gambas2, Lazarus, MATLAB, Java, C /C++, etc.). Ces outils disposent en général de générateur d'interface utilisateur graphique et interactive. De plus l'ouverture de ces logiciels vers d'autres applications comme la gestion des bases de données ou la communication, est également un point fort.

Le point le plus délicat dans la réalisation de telles applications est le choix de la solution matérielle et sa mise en œuvre (Figure V.1). Le matériel le plus répandu consiste en une carte d'entrées/sorties numériques et/ou analogiques qui vient s'insérer dans le bus d'extension du micro-ordinateur. La sélection de cette carte, point déterminant de l'application, fait apparaître de nombreux critères (nombre de voies d'entrées/sorties, fréquence maximale d'acquisition, précision, etc.) dont la détermination n'est pas toujours aisée et est souvent l'objet de compromis. D'autres solutions sont aussi possibles suivant les cas : interconnexion avec un ou plusieurs appareils de mesures par une liaison de type série ou parallèle.

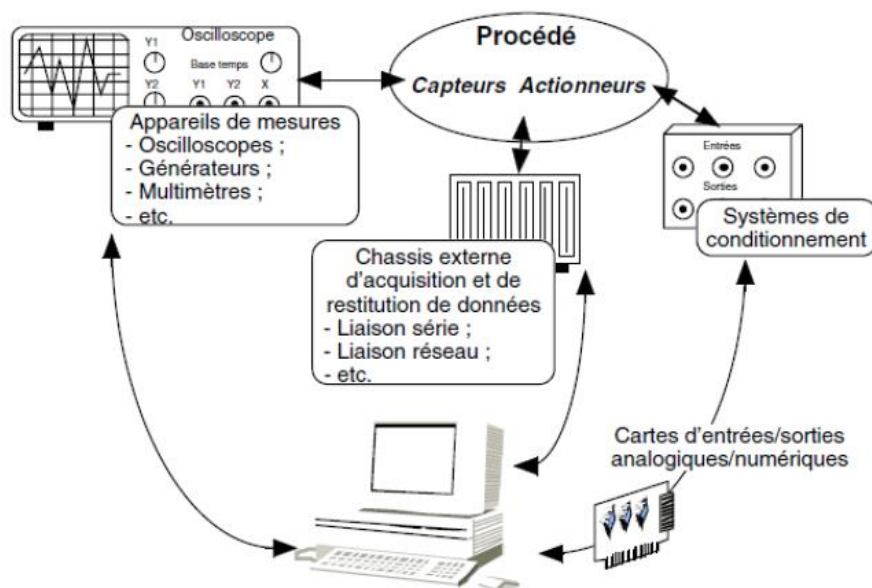


Figure V.1. Les différentes configurations possibles d'une chaîne d'acquisition et de restitution de données

V.2. Définition d'un automate programmable industriel (API)

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés industriels. Un automate programmable est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire.

Un automate programmable industriel (API) est un dispositif électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, destiné à la commande de processus industriel par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs (partie opérative ou côté actionneur) à partir de données d'entrées (capteur) (partie commande ou PC côté capteur), de consigne et d'un programme informatique. Il peut être directement connecté aux capteurs et les pré-actionneurs grâce à ses entrées/sortie.(36)

V.2.1.L'automate programmable S7-300

Les automates Siemens se regroupent en trois familles : SIMATIC S7 (S7-200, S7-300, S7-400), SIMATIC C7 (combine automate programmable et panneau opérateur dans une seule unité) et finalement les SIMATIC M7 (les calculateurs industriels compatibles PC).(37)

Le système d'automatisation S7-300 de Siemens est un automate modulaire fabriqué par la famille SIMATIC. Tous ces éléments logiques, temporisations, compteurs, ...etc. nécessaires à l'automatisation sont prévus par le fabricant et sont intégrés dans l'automate. C'est un automate qui offre des performances et ne nécessite pas d'entretien. Il peut supporter jusqu'à 512E/S tout ou rien (TOR) et 64 E/S analogique, comme il peut être configuré avec un maximum de 32 modules de signaux pouvant être répartis sur un châssis de base de trois châssis d'extensions.(37)

V.2.2. Le module de S7-300

Le S7-300 est un mini automate modulaire, conçu pour les applications d'entrées et offrant la gamme des modules suivants :

- Module d'alimentation (PS) : Le module d'alimentation (PS) convertit la tension secteur 120/220v en tension de service 24 V cc pour alimenter le s7-300

- L'unité centrale (CPU) : la CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme de l'utilisateur et commande les sorties. Elle permet de régler le comportement au démarrage, la gamme s7-300 offre une grande variété de CPU tels que la CPU312, 314,314IFM, 315,315 2DP,...etc. chaque CPU possède certaines caractéristiques différentes des autres et par conséquent le choix de la CPU pour un problème d'automatisation donné est conditionné par les caractéristiques offertes par la CPU choisie.

- Module de couplage (IM) : Ce sont des cartes électroniques utilisées pour assurer la communication entre l'unité centrale et les périphérique de l'automate (entrées/sorties), console de programmation, etc....).
- Module des signaux (SM) : Les modules de signaux établissent la liaison entre la CPU du S7-300 et le processus commandé.il existe plusieurs modules de signaux
- Module de fonction (FM): Les modules de fonctions offrent les fonctions suivantes : comptage, régulation et positionnement.(37)

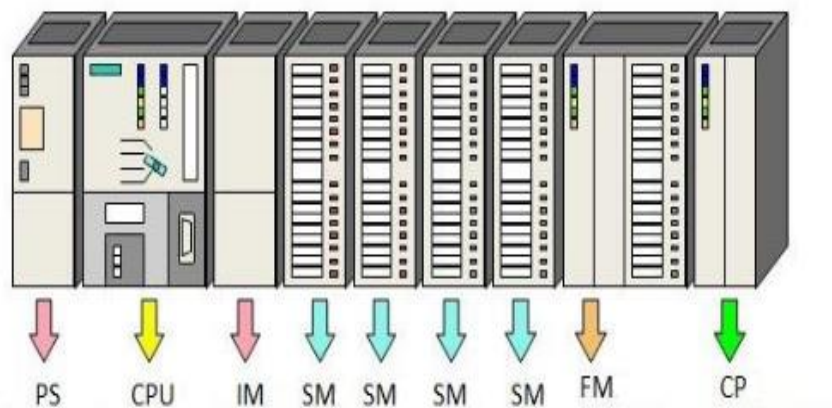


Figure V.2. Les modules de s7-300.

V.3. Développement d'un système de monitoring pour UPCA

V.3.1. Architecture matérielle

Un automate programmable industriel se présente sous la forme d'un ou plusieurs profilés supports (racks) dans lesquels s'affichent les différents modules fonctionnels, le module de traitement de données, de conversion, les modules d'alimentation et les modules entrées/sorties. Ces derniers nous offrent la possibilité de récupérer différents signaux analogiques et ou numériques. Le traitement de données ce fait naturellement avec l'unité de traitement de données CPU. La figure suivante présente le diagramme synoptique qui illustre les différentes taches effectuées dans cette étude, les flèches qui sorte de l'automate programmable sont des commandes. Par contre les flèches qui vont vers l'automate sont des capteurs. L'automate a une liaison avec le micro-ordinateur via un Protocol de communication, sur le automate on peut trouver plusieurs types de ports de communication, liaison série RS232, USB, Bluetooth ou RJ45.

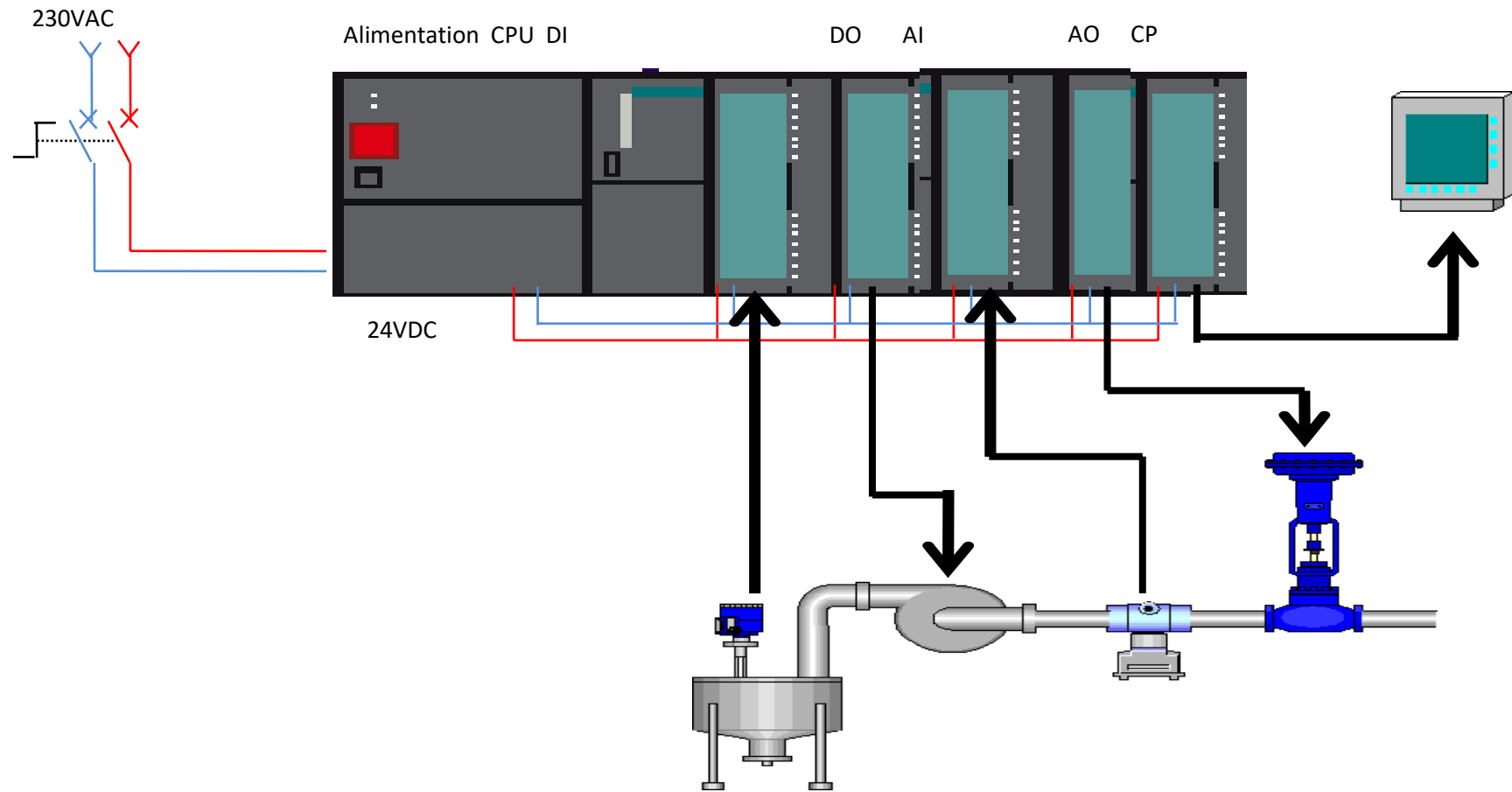


Figure V.3. Commande d'un API.

V.3.2. Architecture logiciels

Dans cette partie du travail, nous développons une plateforme d'information, afin de mieux contrôler le fonctionnement de l'unité pédagogique UPCA. Cette plateforme nous peut acquérir, visualiser, traitement de données et contrôler l'unité via un DCS. Dans cette étude nous présenteront le système de monitoring de trois unités 000, 100 et 200.

Emblée, il nous paraît naturel d'expliquer les étapes de mise en œuvre de ce système. La première consiste à créer un projet dans le SIMATIC Manager, ceci est un logiciel qui permet de programmer des algorithmes, tout en respectons les fonctions du langage LADDER et le principe de SIMATIC et ses bibliothèques virtuelles. La programmation LADDER est possible via l'utilisation de l'éditeur STEP7. La deuxième étape consiste à élaborer une interface graphique pour chaque unité. Le WinCC est un logiciel professionnel qui permet la programmation orienté objet, pour générer des interfaces graphique pour les procédés industriels, mais ce logiciel fonctionne exclusivement avec les API et les instruments de Siemens.

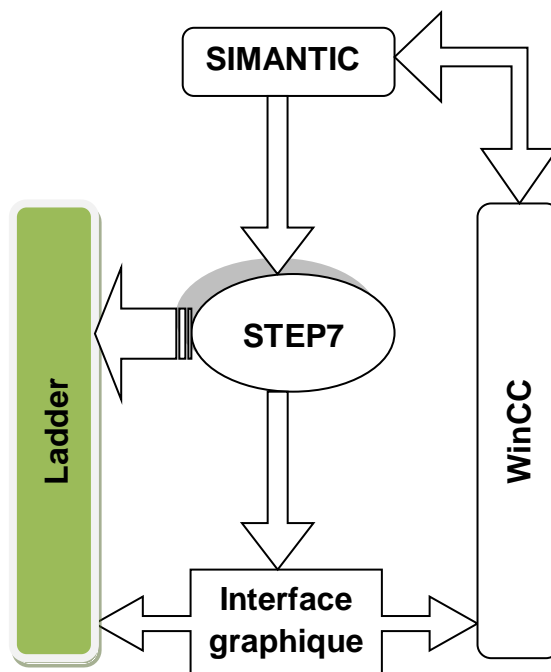


Figure V.4. Vue de l'architecture du système de monitoring

V.3.3. Création du projet dans SIMATIC Manager

On peut créer un nouveau projet STEP7 à l'aide de l'assistant de création de projet, il suffit de cliquer sur le bouton « Créer » sur la fenêtre ci-dessous. Par défaut l'assistant de création de projet apparait à chaque démarrage de SIMATIC Manager, on sélectionne un nouveau projet et le valider, choisir la CPU utilisée pour le projet, la liste contient

normalement toutes les CPU supportées par la version de STEP7 utilisée, on a choisi le CPU312C.



Figure V.5. Page de démarrage assistant de STEP7.

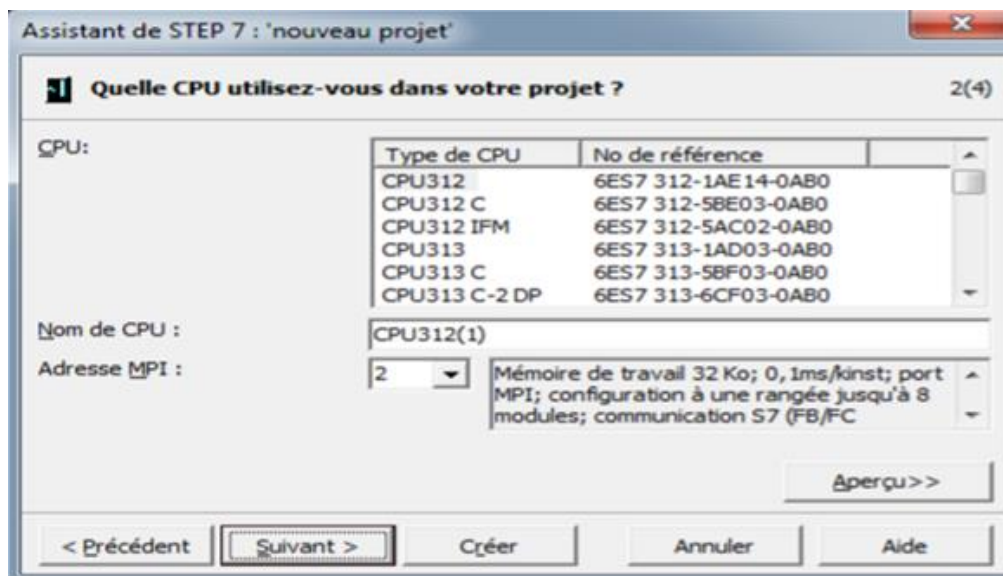


Figure V.6. Choix de CPU.

Pour la programmation des API de Siemens le logiciel SMATIC offre trois logiciels (LIST, CONT ou LOG), qui peuvent être utilisé selon le type d'application. Dans notre cas on choisit l'utilisation du langage LADDER (CONT). Parmi les outils nécessaires pour la gestion optimale des programmes au sien du CPU, on insère des blocs organisationnels dont OB1 (Figure V.6).

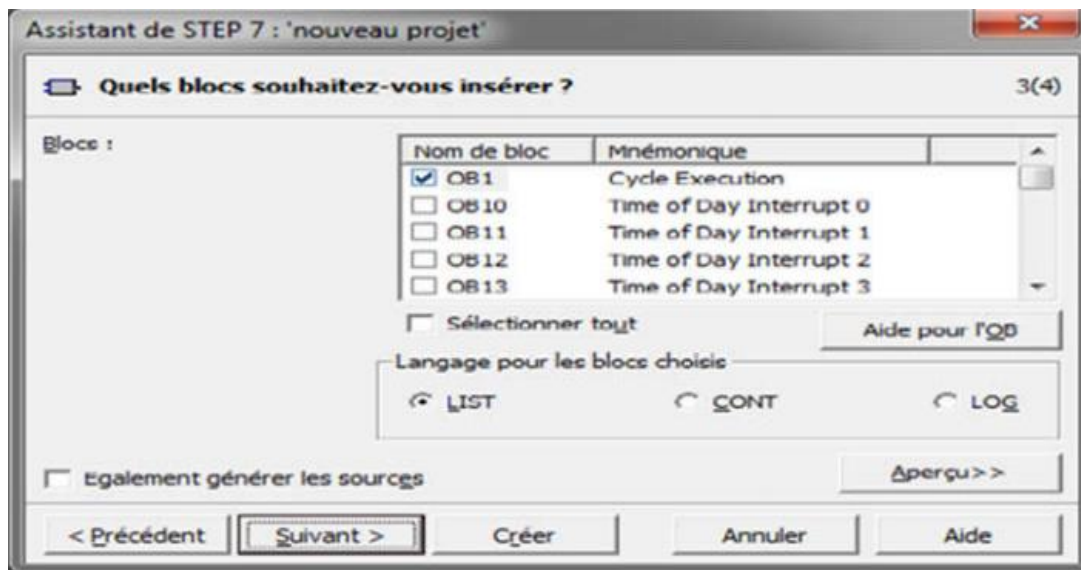


Figure V.7. Sélection du langage et des blocs.

V.3.4. Configuration des modules à utiliser

La configuration matérielle est une étape très importante, elle permet de reproduire à l'identique le système utilisé (alimentation, CPU, modules etc...). Pour effectuer cette configuration, il faut aller sur l'icône Station SIMATIC 300, sur la fenêtre de droite s'affichent deux icônes : « Matériel » et le nom de la CPU. Il faut ouvrir l'icône matériel« la fenêtre HW Config ».

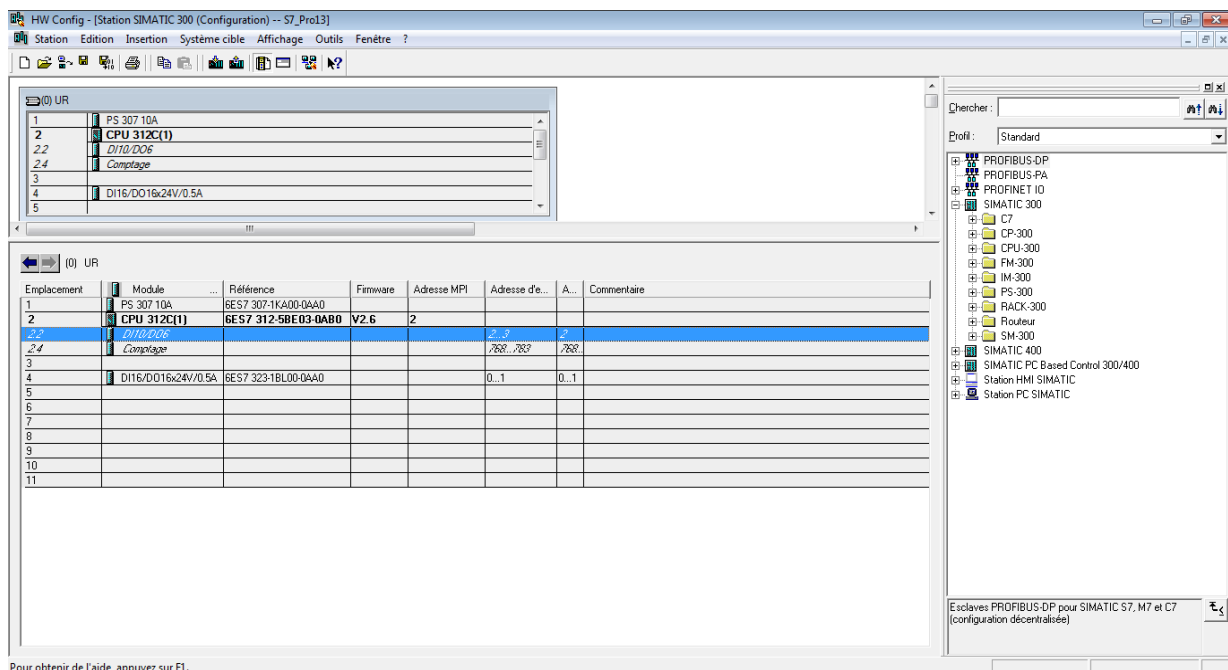


Figure V.8. Fenêtre de configuration du matériel.

V.3.4.1. Module d'alimentation PS 307 10A

Le S7-300, utilisé dans notre travail, nécessite une tension d'alimentation de 24 V DC, le module d'alimentation assure cette exigence en convertissant la tension secteur 120/220 V AC en tension DC de 24 V et de 10A. Le CPU choisi dans notre cas c'est le CPUC312C, qui se caractérise par une mémoire de 48KB, Vitesse 0.3ms/1000instructions, modules d'entrées TOR:DI16xDC24V. Ainsi ses modules de sorties TOR:DO16x 24VDC/0.5A et etc.

V.3.4.2. Editeur de mnémoniques

La Mnémonique est le nom donné par l'utilisateur et qui peut remplacer une variable ou un bloc de programmation. La table de mnémonique c'est une table qui permet d'affecter des noms à des adresses de données globales accessibles à partir de tous les blocs. Pour l'insertion d'une table de mnémoniques, on clique sur 'programme, mnémonique'. Cette étape nous permet de déclarer tous les variables du système, les plus importants variables sont : débit, pression, niveau et température. Mais aussi on doit prendre en compte les consignes de sécurité de chaque unité.

Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de d	Commentaire
1	ALARM	MW 25	WORD	
2	arr u	A 1.2	BOOL	
3	débit 100	MD 94	REAL	
4	fcv securité	A 1.7	BOOL	
5	fcv101	A 0.4	BOOL	
6	fcv306	A 2.1	BOOL	
7	FT102	A 1.0	BOOL	
8	hcv 103	A 1.3	BOOL	
9	hsv020	A 2.4	BOOL	
1	lcv 203/b	A 3.2	BOOL	
1	lcv104	A 0.5	BOOL	
1	lcv203	A 2.0	BOOL	
1	lcv203/a	A 3.4	BOOL	
1	lcv205	A 3.1	BOOL	
1	LT	A 4.2	BOOL	
1	LT004	E 0.1	BOOL	
1	LTC 203 BAS	A 4.4	BOOL	
1	LTC203	A 4.5	BOOL	
1	LV004	A 0.1	BOOL	
2	NIVEAU 001	MD 70	REAL	
2	NIVEAU 201	MD 74	REAL	
2	NIVEAU 202	MD 78	REAL	
2	niveau ballon100	MD 58	REAL	
2	P001	A 0.3	BOOL	
2	pcv201	A 3.5	BOOL	
2	pcv202	A 3.7	BOOL	
2	PRESSION	MD 66	REAL	
2	pression 100	MD 90	REAL	
2	PRESSION 201	MD 82	REAL	
3	PRESSION 202	MD 86	REAL	
3	psv201	A 3.6	BOOL	
3	psv202	A 4.0	BOOL	
3	pT107	A 1.1	BOOL	
3	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values

Figure V.9. Fenêtre des mnémoniques.

V.3.5. Langages de programmation

Il existe trois langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3. Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique. Nous avons choisi comme langage de programmation le LADDER. Ce dernier c'est un langage graphique très populaire auprès des automaticiens pour programmer les automates programmables industriels. Il ressemble un peu aux schémas électriques, et est facilement compréhensible. Il utilise les symboles tels que contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (ladders). C'est le plus utilisé.

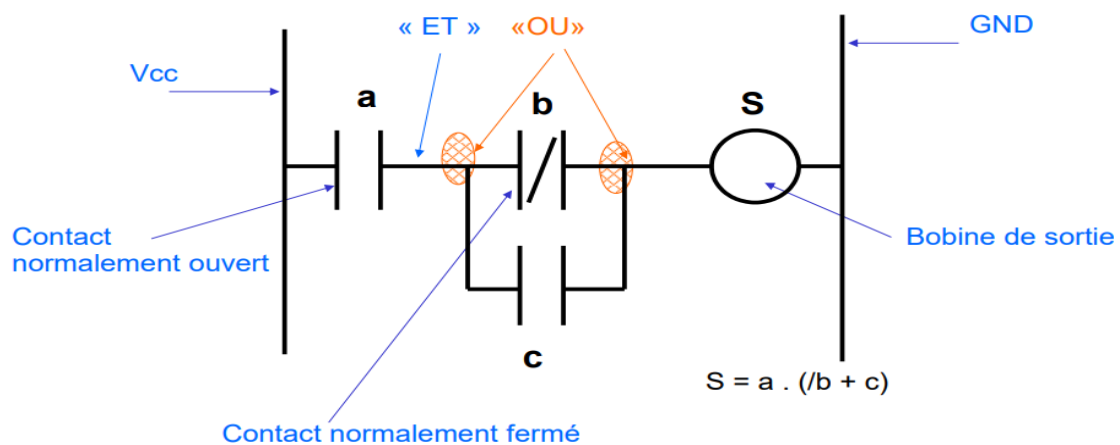


Figure V.10. Diagramme de contacts langage LADDER.

Pour l'ouverture de la vanne d'admission d'eau « LV004 » il faut que le contact de l'électrovanne SOV004 soit ouvert et le contact de l'alarme de température soit fermé. Quand la température dépasse 100° degré Celsius, l'alarme déclenche et la vanne LV004 est fermée. En cas où le niveau et la température du ballon B001 dépassent les seuils demandés, on appuie sur le bouton d'arrêt d'urgence et une alarme est déclenchée.

Cependant, les figures V.10.a, V.10.b et V.10.c illustrent le fonctionnement des électrovannes SOV004, ainsi que la vanne d'admission LV004. Également, les réseaux de sécurité et de température sont présentés ci-dessous. Les réseaux de température et des vannes sont contrôlés à l'aide des compteurs numériques et des temporisateurs de plusieurs types. Le choix des types de temporisateurs est validé selon le cahier de charge de chaque unité.

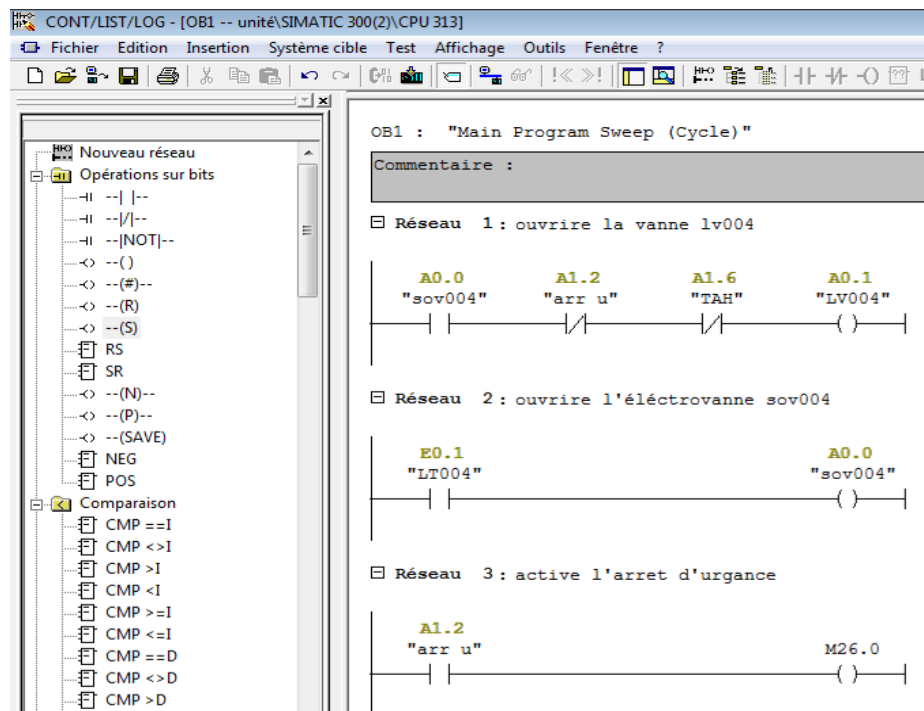


Figure V.11.a. Ouverture de la vanne d'admission d'eau du ballon B001.

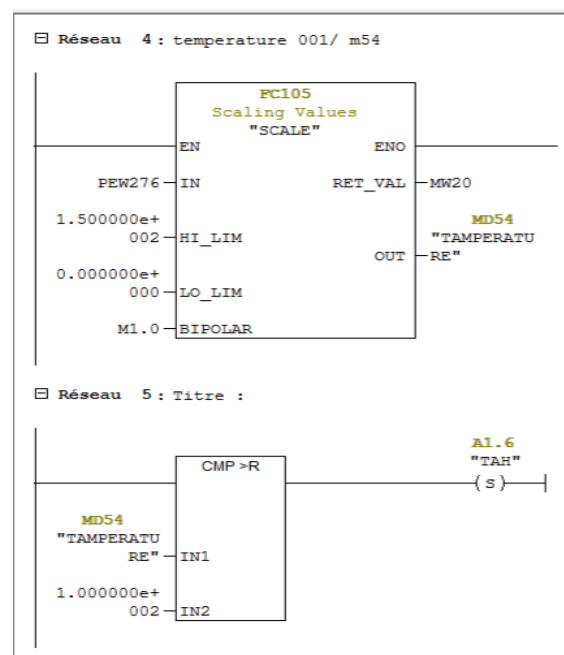


Figure V.11.b. Ouverture des alarmes en cas de hausse pour protéger le ballon B001.

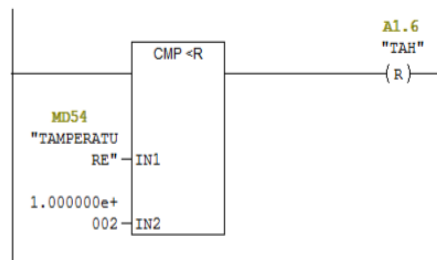


Figure V.11.c. Bloc diagramme utilisé pour contrôler l'évolution de la température dans un ballon de stockage.

V.3.6. Compilation et Simulation

Cohérence du projet, l'objectif de cette étape est de contrôler la cohérence entre les programmes et chercher les erreurs, à l'aide de la commande sur la barre du menu « contrôle de la cohérence ». Après le contrôle de cohérence et après avoir créé le projet ainsi que de terminer la configuration des réseaux, il est indispensable de vérifier la création du fichier « projet compile ». Ce fichier permet au compilateur de détecter des erreurs logiques et les anomalies de notre configuration. L'outil logiciel PLCSIM nous permet essentiellement de créer un système émulateur pour chaque réseau, avant même d'intégrer l'interface graphique. Sur la figure suivante on peut changer l'état de chaque capteur pour vérifier si les capteurs aux niveaux des unités peuvent influencer la sortie des actionnaires.

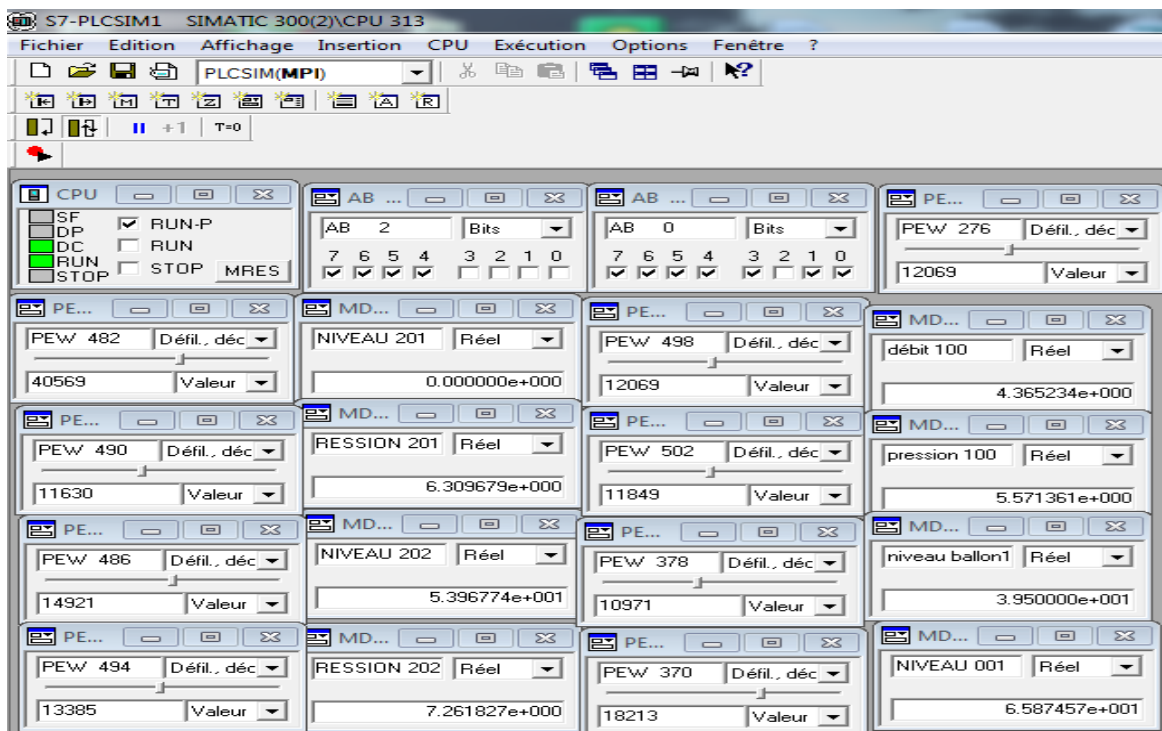


Figure V.12. Visualisation de programme

✓ *Exemple de simulation*

Dans cet exemple on a simulée l'exemple du programme précédent :

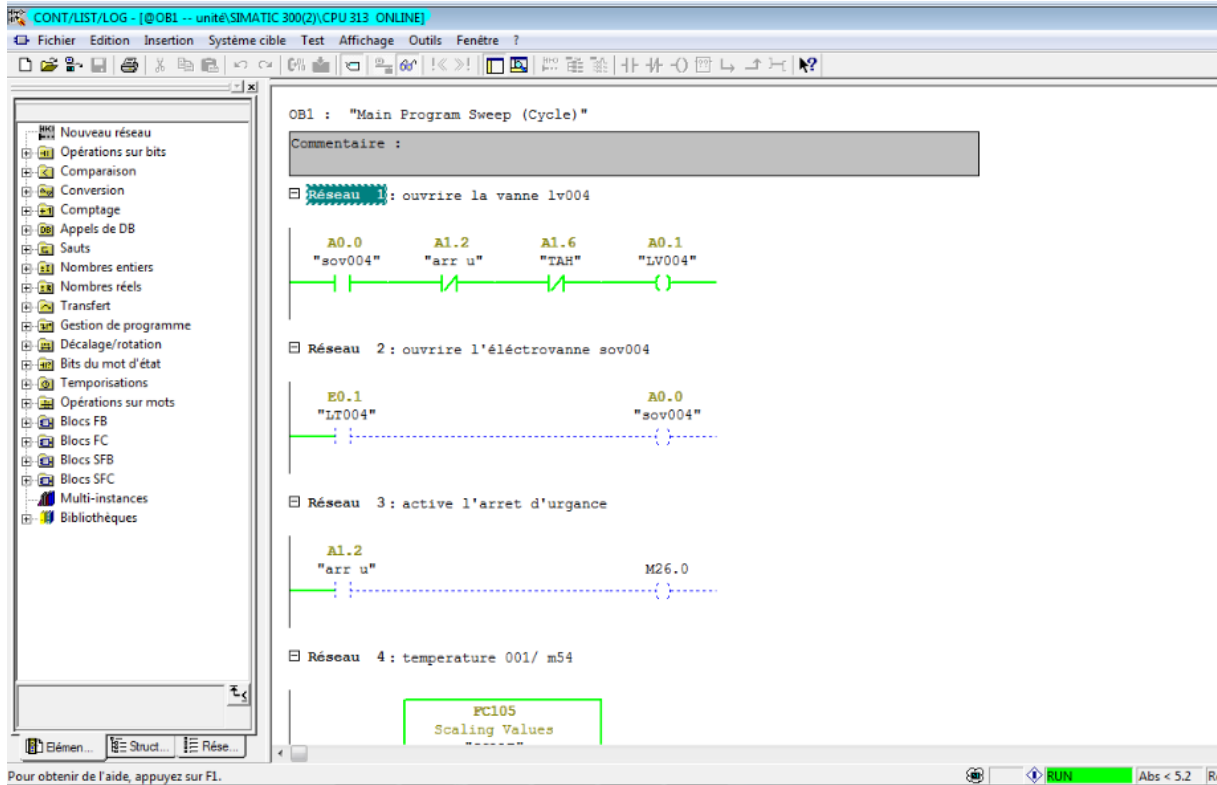


Figure V.13.a. La simulation de l'Ouverture de la vanne d'admission d'eau du ballon B001.

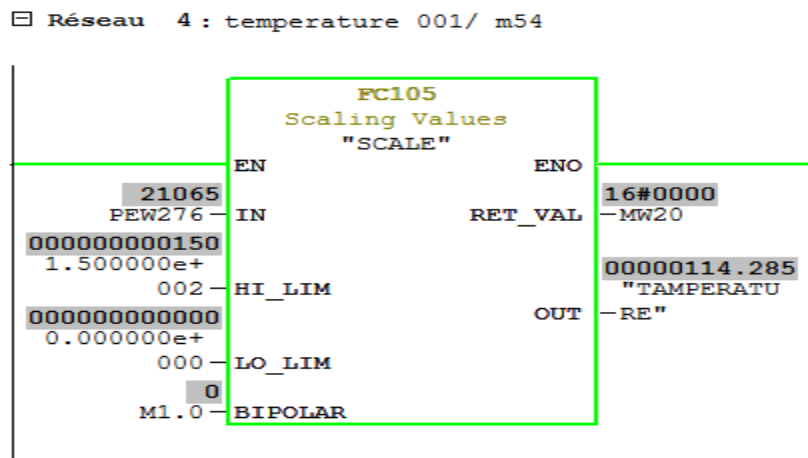


Figure V.13.b. l'opération SCALE des alarmes en cas de hausse pour protéger le ballon B001.

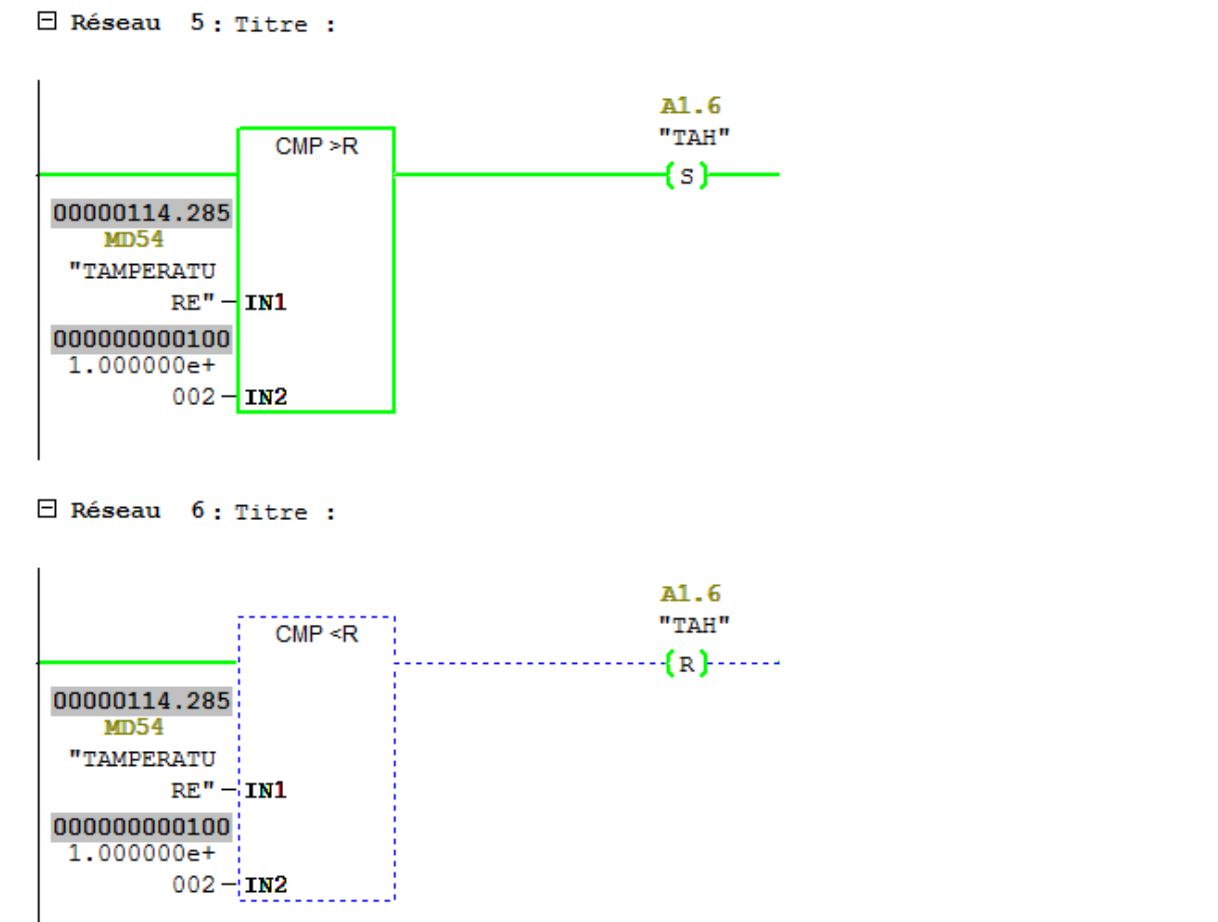


Figure V.13.c. activation des alarmes en cas de hausse pour protéger le ballon B001.

V.3.7. Création de l'interface graphique sous WinCC

Un projet WinCC flexible peut aussi être intégré dans un projet SIMATIC de manière optionnelle. Dans la figure suivante, les deux variantes sont exposées. Lors de la configuration intégrée, on a accès aux données de configuration qu'ils sont déjà créés lors de la configuration de l'automate avec STEP 7. Cette étape nous servira à utiliser les mêmes variables déclarés dans les réseaux LADDER. Pour cela il suffit d'importer les « Vues » qu'ont été développé sous WinCC.

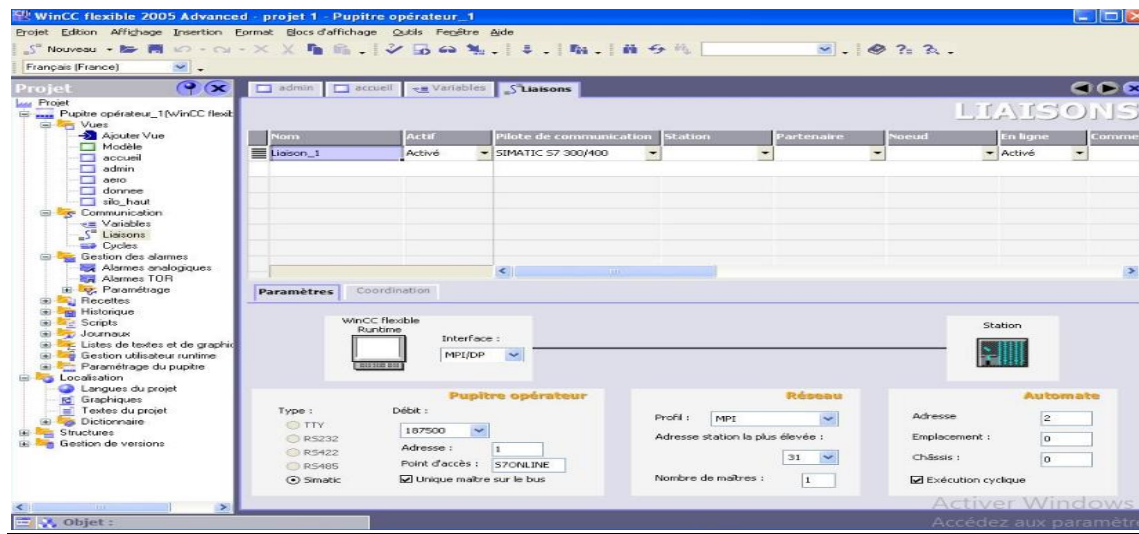


Figure V.14. Fenêtre de la liaison entre step7 et WinCC

V.3.7.1. Création du projet

Le projet monoposte créer est appelé unité pédagogique contrôle et applications UPCA, nous avons bénéficié d'une interface orientée objets. Afin de permettre la programmation d'une interface graphique interactive. Ceci est possible via l'utilisation des bibliothèques WinCC.. Sur cette fenêtre (Figure V.13) on peut visualiser tous les paramètres issus de l'unité pédagogique UPCA. Ainsi, l'interface peut enregistrer et contrôler les paramètres physique comme le débit, le niveau de température, la pression et etc.

Dans le projet on a créé des vues chaque une contient des boutons de navigation, à partir desquels nous pouvons sélectionner les vues à visualiser, un bouton de la visualisation des différentes cause des alarmes en cas d'anomalie et un bouton pour accéder à la courbe.

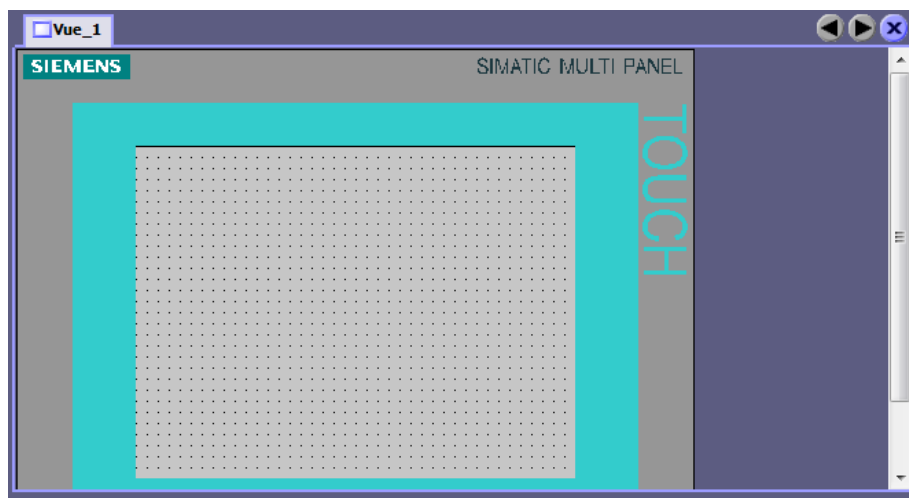


Figure V.15. Création de projet «unité pédagogique contrôle et application»

V.4. Analyse et discussions des résultats

V.4.1. Vue de l'unité 000

L'eau arrivée du château d'eau passe par la vanne d'admission d'eau LV004, qui est commandé par une électrovanne SOV004 vanne de sécurité sur la vanne pneumatique LV004. En cas ou le ballon B001 est saturé la SOV004 fait passe un contacte et ferme la vanne LV004. En revanche, la sortie de l'eau d'alimentation ce fait par l'intermédiaire de la pompe P001, qui aspire l'eau du ballon B001 vers l'extérieur de ballon. Dans le cas ou le niveau du ballon 001 est inférieur au niveau exigé la pompe s'éteint.

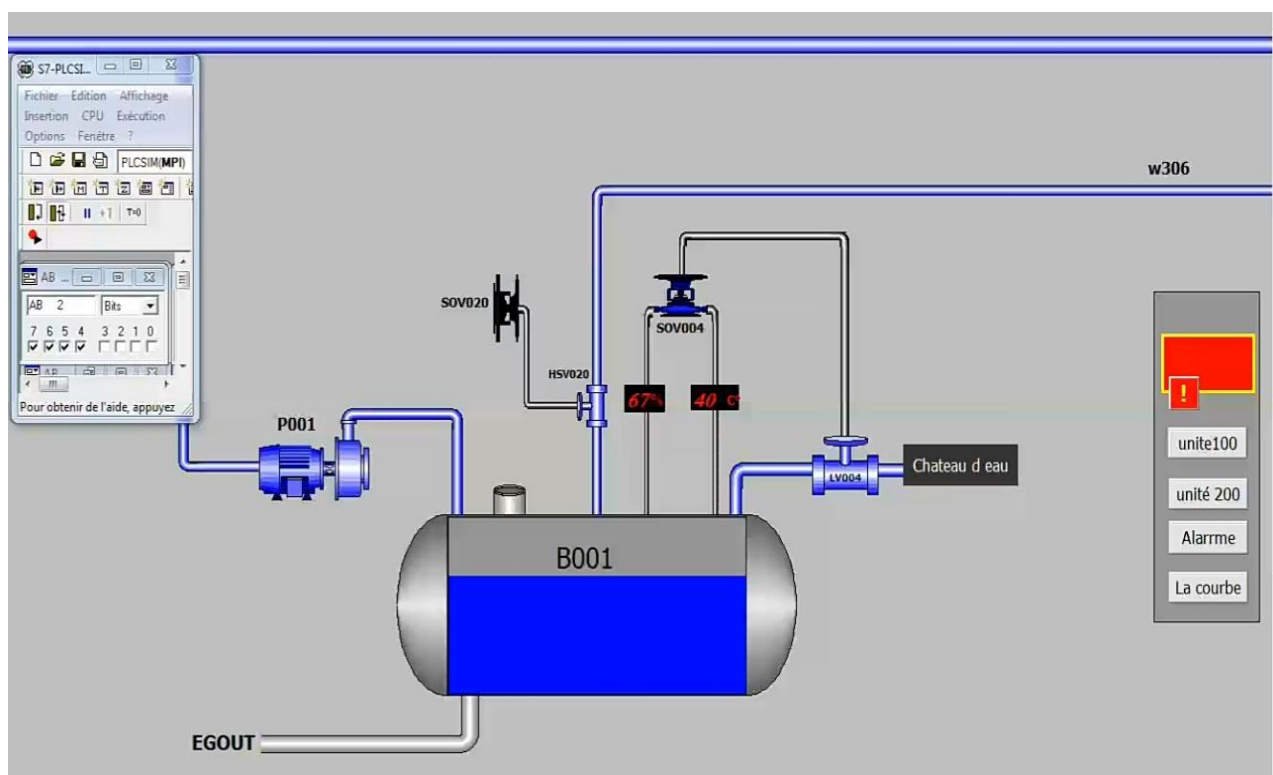


Figure V.16. Vue de l'unité 000.

V.4.2. Vu de l'unité 100

Le ballon B101 fonctionne sous une pression de 8bar et un niveau maximum de 85%, en cas ou en à un dépassement de niveau de 85%, la vanne d'admission d'eau FCV101 se ferme, de même pour la pression si on a un dépassement de 8bar la vanne PCV103 se ferme et l'air est évacuer à travers la soupape PSV101.

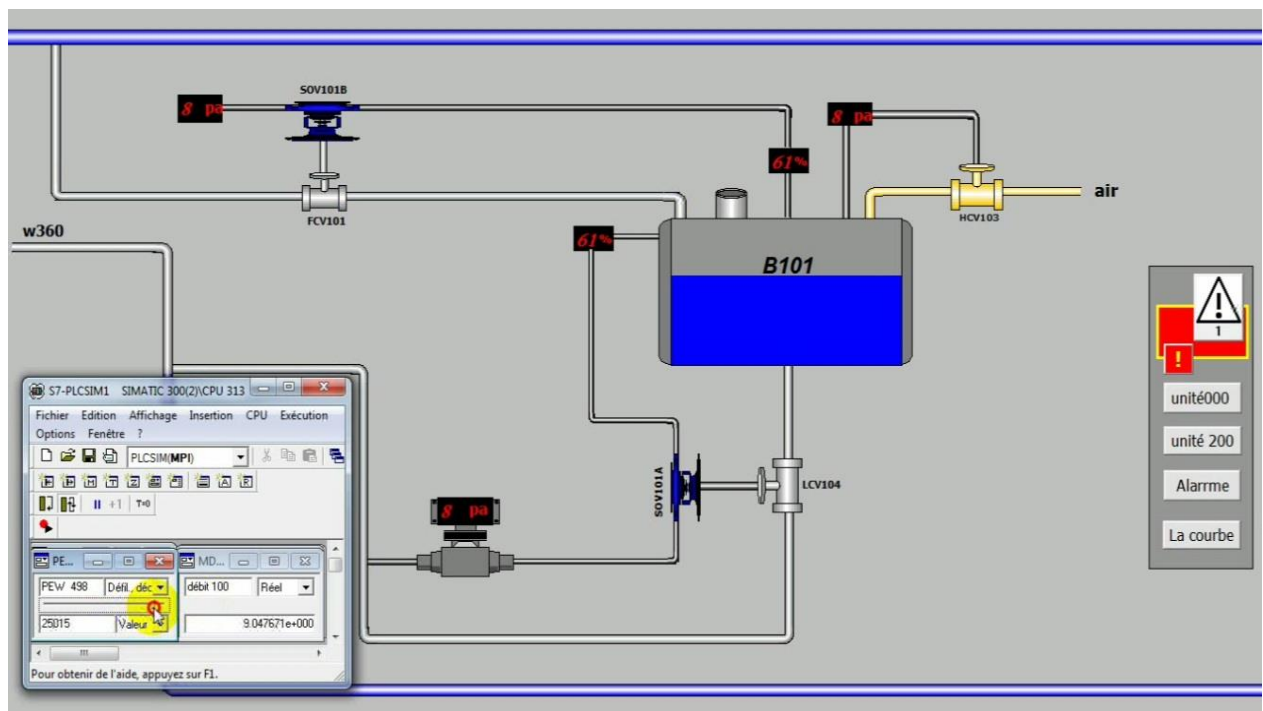


Figure V.17. Vue de l'unité 100

La figure suivante est une courbe de l'unité 100 pour suivre graphiquement l'évolution du débit, niveau et la pression en fonction du temps. Cette courbe montre le fonctionnement normal de l'unité 100. Si on rencontre des dysfonctionnements au niveau du processus la courbe montre un déséquilibre dans les valeurs de chaque paramètre. Avec un décalage remarquable par les opérateurs.

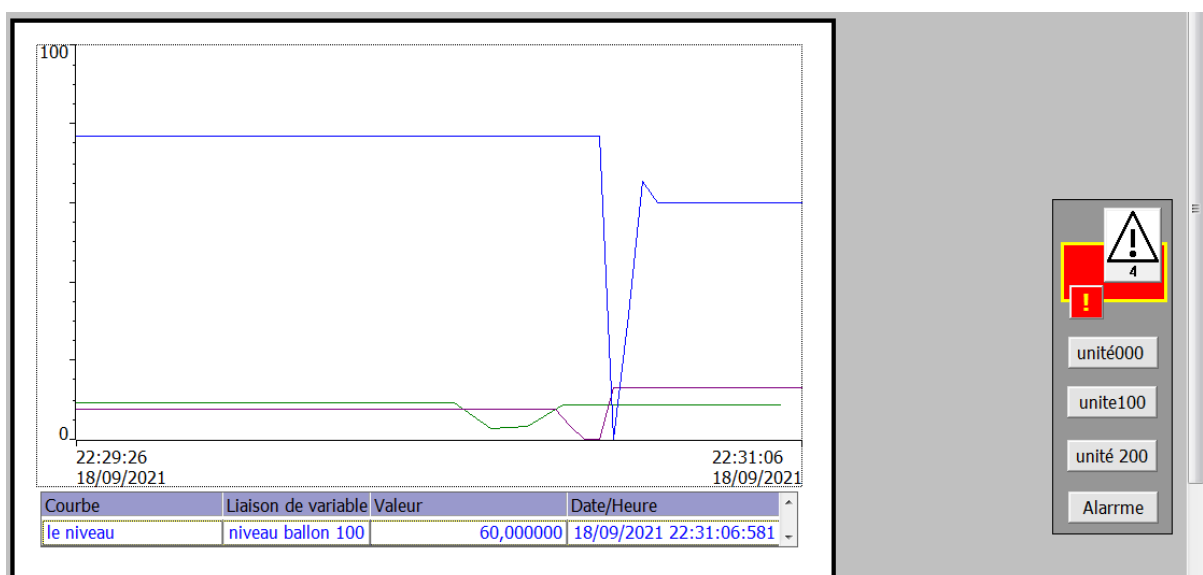


Figure V.18. Vue de la courbe

V.4.3. Vue de l'unité 200

Les deux réservoirs B201 et B202 se vidant l'un dans l'autre et fonctionnent sous un niveau maximum de 85% et une pression de 7bar, si le niveau du ballon B201 dépasse 85% la vanne d'admission d'eau LCV205 se ferme et la LCV203/b s'ouvre. De même pour le ballon B202 s'il dépasse aussi 85% la vanne LCV203/b se ferme et la LCV203/a s'ouvre.

Si la pression du ballon B201 dépasse 7bar la vanne PCV201 se ferme et la soupape PSV201 évacue l'air. De même pour le ballon B202 en cas d'augmentation la vanne PCV202 se ferme et l'air est évacuer à travers la PSV202.

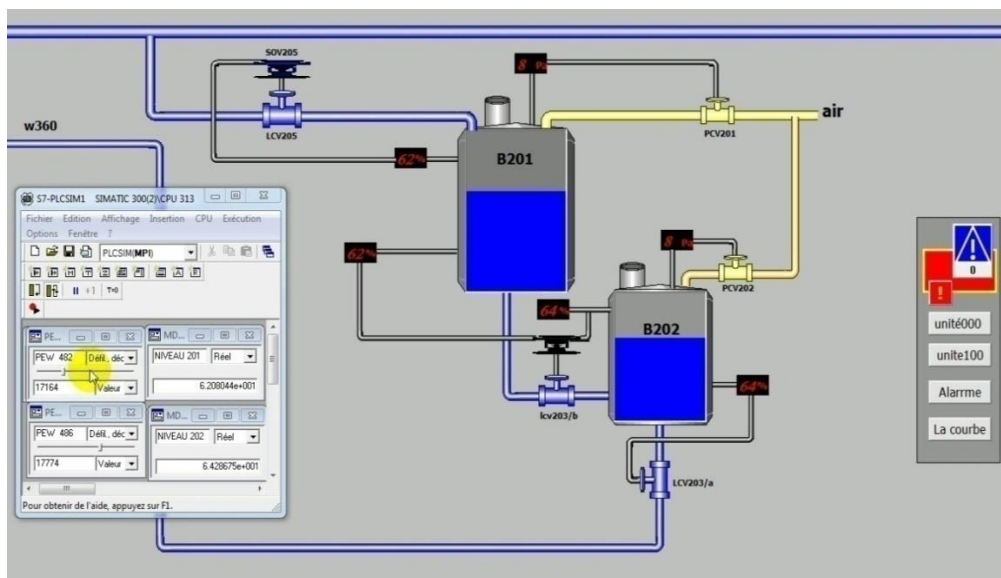


Figure V.19. Vue de l'unité 200

V.4.4. Création des alarmes analogique

Pour crée une alarme il faut préciser l'erreur et la variable correspondante et le seuil maximum et minimum à ne pas dépasser.

1	00:01:11	07/09/2021	A	niveau haut dans le ballon 001	0
2	00:01:08	07/09/2021	AD	niveau bas dans le ballon 001	0
8	00:00:56	07/09/2021	A	niveau bas dans le ballon 201	0
9	00:00:53	07/09/2021	AD	niveau haut dans le ballon 201	0
3	00:00:14	07/09/2021	A	haute temperature dans le ballon 001	0
4	00:00:01	07/09/2021	A	niveau haut dans le ballon 101	0
6	23:59:57	06/09/2021	A	débit haut dans le ballon 101	0
11	23:59:55	06/09/2021	AD	haute pression 202	0
10	23:59:52	06/09/2021	A	haute pression 201	0

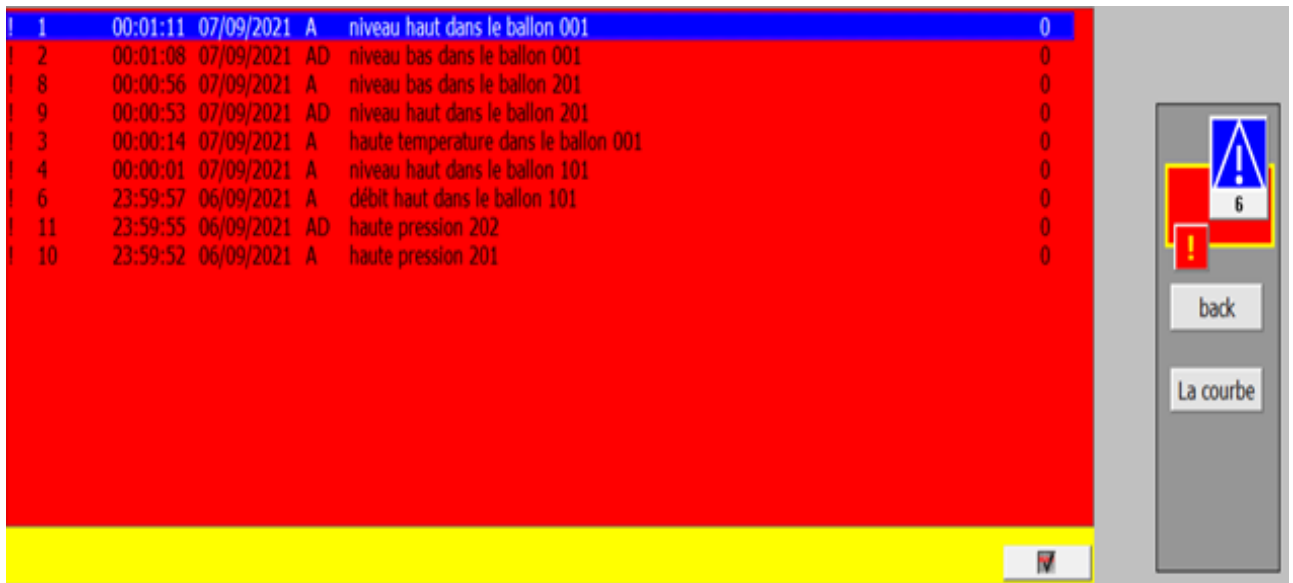


Figure V.20. Vue des alarmes

VI. Conclusion générale

VI.1. Conclusion

Dans ce mémoire, le travail de recherche consiste à prospecter le thème de régulation via le système DCS par l'expérimentation d'un mini central thermique. En effet, le domaine de régulation des paramètres physique des installations industrielles, de par son importance cruciale, doit être gérée d'une façon optimale afin d'obtenir un meilleur rendement de ce type d'industrie.

Nous sommes arrivés à la conclusion de ce travail, qui est principalement axé sur le développement d'un système de monitoring des unités de régulations, au sien de l'unité pédagogique UPCA. Ce travail nous a permis de mieux connaître ce type d'unité pédagogique, souvent complexe dans son processus, l'UPCA c'est un projet qui a été initié par l'équipe du Club Basmat-Muhandis et un groupe d'enseignants, de l'Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle fin de l'année 2020. Après que nous avons choisi de participer au projet UPCA, notre rôle dans ce projet est de réaliser une nouvelle documentation pour l'unité pédagogique. En tant que des étudiants en phase de finalisation de nos études, de ce fait, nous avons choisi de prendre comme sujet de recherche l'identification des chaines de régulation, qui sont utilisés dans le processus d'UPCA. Malgré les difficultés techniques rencontrées durant une année de travail, on peut donner comme exemple l'ancienneté des instruments de l'UPCA, le manque de documentations sur l'UPCA. Mais en d'autres parts cette unité nous a données la possibilité de se familiariser avec les instrumentations et les logiciels utilisés dans une industrie, notamment les industries pétrolières ou les centrales électriques à vapeur.

Ce travail nous a permis de connaître non seulement le processus d'une microcentrale thermique, mais aussi de maîtriser une chaine de surveillance et de supervision d'une t'elle microcentrale. Un autre fruit que nous avons a pris durant cette période de travail est de connaître la méthodologie à suivre pour faire un diagnostic d'une chaine industrielle, sans oublier la lecture des plans industriels en instrumentations. La lecture des plans, avec l'aide des ingénieurs, de l'entreprise SOMIZ (Société de Maintenance Industrielle d'Arzew), nous avons pu identifier le fonctionnement exact des unités de régulations 000, 100, 200 et 300.

Après l'identification de fonctionnement des unités de l'UPCA, nous avons choisi le logiciel WinCC et langage LADDER comme solution pour élaborer un système de monitoring pour les unités 000, 100, 200 et 300. Cette partie de travail nous a permis de maîtriser un langage de programmation et environnement orienté objets. Les deux outils sont très réponsus au niveau industriel. Le système de monitoring réalisé nous permis de visualiser le fonctionnement dynamique des unités de régulations et d'enregistrer en temps réel les paramètres physiques d'une chaine à échelle industrielle.

Ce travail nous a permis de réalisé plusieurs boucles de régulation utilisant un système DCS, qui est doté d'un automate programmable SIEMENS S7 300 et une Interface de simulation dynamique des unités. L'interface présentée précédemment contient trois unités de régulation 000, 100 et 200. Ainsi, elle prend en charge l'aspect de sécurité de ces unités. Ceci via le

développement d'un programme sous LADDER qui contrôle en principe le fonctionnement normal les électrovannes, les vannes pneumatiques, les pompes et les moteurs.

VI.2. Perspectives

Les travaux de recherche entrepris dans le cadre de ce mémoire ont permis d'explorer de nouvelles pistes pour des travaux futures :

L'introduction du système de la régulation de l'unité 300 dans le système expérimenté permettra de développer la salle de contrôle et faire le basculement entre l'ancienne technologie et la technologie actuelle. Aussi, l'utilisation des PC industriels serait optimale pour une étude élargie de l'UPCA.

Annexe C : Unité pédagogique contrôle et applications UPCA

III.6. Le fonctionnement des chaînes de régulations « application unités 000-500 »

III.6.1. L'unité 000 :

Quand l'eau vient de château d'eau passe au ballon **B001** par :

- **FRQ007** l'enregistreur totalisateur du débit à l'entrée du banc.
- **LV004** la vanne d'admission d'eau (FMA)

La **LV004** est commandée par une électrovanne **SOV004** (vanne de sécurité sur vanne pneumatique) (vanne 3 voies, tension d'excitation : 24V) qui ouvre ou ferme cette vanne

En outre, le niveau bas ou haut et la température haute agissent sur l'électrovanne **SOV004** qui est contrôlée par un **LISA004** level indicator switch alarm qui capte l'information à travers le transmetteur de niveau **LT004**, avec des voyons pour savoir si il s'agit de niveau haut ou bas. Les deux contacts de niveau et de température fonctionnent normale un par un ou les deux ensembles. Le **LT004** est accompagné par un **LG004** level glass pour vérifier le niveau sur place et comparé les mesures indiqués par les deux.

L'électrovanne **SOV004** est excitée par AU et commandée par la tension du contacte du **LISA004** et la température haute est surveillée par une alarme de température haute du ballon **TAH005**.

Le réservoir **B001** duquel est puisé l'eau par l'intermédiaire d'une pompe d'alimentation générale **P001** et où revient cette eau après utilisation. Il est muni d'une alimentation commandée soit par niveau bas, soit par température haute. L'admission se fait par régulation tout ou rien (**TOR**) et le trop plein est évacué par une canalisation reliée à l'égout. La Pompe d'alimentation générale **P001** est destinée à aspirer l'eau dans ce réservoir situé au sol et à l'élever de 5m de hauteur sous une pression de 7,5 bar (débit 30m³/heure) et le refoulant dans le collecteur principale avec un clapet anti-retour pour la protéger.

Elle fonctionne à débit constant grâce à son by-pass ; la pression de refoulement est déterminée par le réglage de ce by-pass. Cette pompe est destinée à fonctionner continuellement pendant 6 jours avec un arrêt de 24 heures, et suivie d'un moteur du type étanche à la poussière alimenté en 220/380V triphasé.

Le **W306.6'** retour de l'eau des unités 100,200 et 300, contrôlé par la vanne de fermeture du retour d'eau HSV020 (clapet à ouverture rapide, débit max : 30Nm³/h) commandé par une électrovanne SOV020 (vanne de sécurité sur vanne pneumatique, pour éviter la perte d'eau.

Le **W003.1'** Soupape casse vide qui a deux rôles : casser le vide et casser la pression car on a deux phénomènes qui se passent : pression haute et pression basse ; quand le ballon est plein on a une

haute pression alors il risque de s'exploder, et quand la pompe aspire l'eau crée un vide alors le Bellon se déforme.

Le **W003.2'** Régulateur de pression du collecteur d'eau PC003 (détendeur) sur la sortie de la pompe qui doit maintenir la pression à une valeur constante quel que soit le débit d'utilisation , le surplus étant retourné au ballon B001 . C'est une sécurité en cas ou les autres unités déclenchent des arrêts donc il n'est pas une consommation d'eau, cette dernière retourne au ballon B001. Le collecteur d'eau principale est muni d'un PIAL002 indicateur de pression d'eau. La vanne PCV003 c'est une vanne auto régulatrice commandé par l'eau au lieu de l'air ; tant que la pression de l'eau est élevée la vanne est ouverte au maximum après que la pression d'eau diminue la vanne se ferme au fur et a mesure.)Des arrivées d'air service et d'air instruments protégées par des manomètres à contacte et des électrovannes 3 voies. En outre l'air service est muni d'une régulation de pression.(35)

III.6.2. l'unité 100 :

Le ballon **B101** est rempli d'eau via une vanne d'admission avec positionneur **FCV101** contrôlée par :

- Un **FRC101** (enregistreur régulateur du débit d'entrée).
- Une électrovanne **SOV101 A** et **SOV101 B**.

La régulation de débit d'admission se fait par l'intermédiaire du transmetteur de pression différentielle **FT101**, associé à une plaque porte orifice **FE101** et par le régulateur à 2 actions **FRC101** appelé aussi un enregistreur régulateur du débit d'entrée.

La **SOV101** est excitée par des signaux venus du **LISH104** (level switch), qui reçoit la mesure destransmetteurs de niveau **LT104** ou **LT105** pour assurer soit fermeture de la vanne **FCV 101** commandée par l'électrovanne **SOV101 A**, ou bien l'ouverture de la vanne **FCV101** commandée par l'électrovanne **SOV101 B**.

Le ballon **B101** est muni d'un contacteur de niveau **LSHA106** très haut, déclenchant une alarme et fermant la **FCV101** vanne d'admission d'eau en agissant sur la **SOV101 A**, ceci afin d'éviter toute introduction d'eau dans l'air service.

La présence du commutateur **HO104** indique :

- Une régulation de niveau par débit à travers **FRC101** :
 - qui contrôle la vanne d'admission **FCV101** en agissant sur son positionneur.
 - ou bien la vanne d'évacuation **LCV104** en agissant aussi sur son positionneur.
- Une régulation de débit par niveau à travers **LISH104** :
 - qui contrôle la vanne d'admission **FCV101** en agissant sur son positionneur.
 - ou bien la vanne d'évacuation **LCV104** en agissant aussi sur son positionneur.

En effet, La régulation de niveau peut être réalisée via les instruments ci-dessous :

- a) Par l'intermédiaire d'un transmetteur de pression différentielle **LT104** et régulateur proportionnel et intégrale **LRC104** et un régulateur de niveau du ballon **B101**.
- b) Via un transmetteur à tube de torsion **LT105** et un régulateur proportionnel et intégrale **LRC104**.
- c) Par l'un ou l'autre des transmetteurs associé à un manomètre à contact **LISHL104** ; ceci est un indicateur régulateur tout ou rien du niveau **B101** ; ce capteur nous permettra d'obtenir un régulateur tout ou rien.

Le choix entre les deux transmetteurs se fait grâce au commutateur **HO105 a** alors que le choix entre régulation proportionnelle et intégrale (**PID**) ou tout ou rien (**TOR**) se fait par l'intermédiaire du commutateur **HO105 b**.

Le débit d'évacuation de l'eau du ballon **B101** se fait par l'intermédiaire d'une vanne d'extraction avec positionneur **LCV104** contrôlée par le régulateur de niveau **LRC104** du ballon **B101**.

Le **LRC104** reçoit la mesure soit du transmetteur de niveau **LT104** sinon via **LT105**, et évacue l'eau au ballon **B001** après le passage par un tube venturi **FE102** associé à un transmetteur de pression différentielle **FT102**. L'enregistrement se fait sur la deuxième plume du **FRC101** faisant le retour au ballon **B001**

Nous pouvons aussi pressuriser le ballon **B101** en positionnant la vanne **HCV103**, c'est une vanne de régulation de la pression dans le ballon, ceci peut effectuer à l'aide de l'air service, de façon télécommandée et programmée. Le choix se fait par l'intermédiaire du commutateur **HO103**. En revanche, La pression dans le ballon **B101** est mesurée par le transmetteur **PT107** transmetteur de pression, il est utilisé pour enregistrer la pression d'air dans le même appareil.

La régulation tout ou rien est prévue en deux variables :

- a- En auto alimentant les relais de commande des électrovannes et en faisant couper cette auto alimentation par le contact inverse, c'est-à-dire un niveau bas coupant l'auto alimentation du relais de niveau haut et réciproquement.
- b- En n'alimentant pas ces auto-alimentations nous ferons osciller le niveau autour d'un niveau et la plage de réglage sera alors la fourchette d'ouverture, de fermeture du contact.

Le ballon est muni d'une **PSV101** vanne évacuatrice de pression d'air considéré comme soupape d'évacuation.(35)

III.6.3. l'unité 200

Le débit d'admission d'eau dans le ballon supérieur **B201** est mesuré par le transmetteur de pression différentielle **FT206** associée à la plaque à orifice **FE206** et linéarisé par le relais **FX206**. Le niveau dans ce ballon est mesuré grâce à un transmetteur à tube de torsion qui possède également un élément régulateur **LTC205**. Ces 2 signaux sont envoyés sur un commutateur pneumatique **HO205** dont le but est une régulation de niveau asservie par le débit.

Le débit est enregistré sur un appareil à 3 plumes (**FR206, LR205, FR207**) qui reçoit également le niveau du ballon **B201** et le débit de transfert **B201** vers **B202**. En revanche, La régulation de niveau peut être aussi effectuée localement via les options manuelles

Le ballon **B201** est muni d'un régulateur de pression local **PIC201** qui contrôle la vanne **PCV201**, et aussi au niveau du ballon **B202** on trouve un autre régulateur de pression **PIC202** qui agit sur la vanne **PCV202** après une sélection sur le commutateur **HO202**. cette sélection du commutateur effectue soit une régulation par :

- **PIC202** indicateur de pression du ballon **B202**.
- **HRC202** Programme manuellement.

Le débit de transfert du ballon **B201** vers **B202** mesuré par un paramètre transmetteur **FT207** et enregistré comme précédemment. On trouve aussi un **LSH209** de niveau agissant sur l'électrovanne **SOV205**, cette dernière contrôle la vanne **LCV205** en cas où le niveau dépasse son seuil max.

Le niveau dans le ballon **B202** est maintenu constant grâce à un transmetteur à tube de torsion **LT203** qui enverra son signal dans un convertisseur pneumatique électronique.

Le signal reçu ensuite sur un appareil au tableau de contrôle, sera traité dans un régulateur électronique et les positionneurs électro pneumatiques assureront le réglage du niveau ; le **LT203** agit sur le positionneur de la vanne **LCV203/b** qui est contrôlée aussi par une électrovanne guidée par un **LSHA211** level switch High alarm.

La vanne **LCV203/b** contrôle le débit d'eau venu du ballon **B201** après que ce dernier soit rempli, il est contrôlé par un **LG201, LT205** et un **LSH** (level switch High) qui agit sur l'électrovanne **SOV205** puis sur la vanne **LCV205**, qui contrôle le débit d'eau du ballon **B201**.

Ici encore, ce ballon sera pressurisé grâce à une régulation locale **PIC202**, mais la valeur de cette pressurisation pourra être également soit télécommandée, soit programmée grâce au commutateur pneumatique **HO202**. Le relais **PX202** maintiendra la valeur de cette pressurisation à une valeur inférieure à celle du ballon **B201** par remplacement du signal trop élevé par celui provenant du régulateur **PIC202** limite à une valeur inférieure à celle du régulateur **PIC201**.

Le ballon **B202** est muni d'un rota-mètre pour indiquer le niveau, il est malgré tout possible de faire remonter l'eau du ballon **B202** dans le ballon **B201** en réglant le **PIC201** à une valeur très basse, mais ceci risque d'endommager le rota-mètre et la sécurité de niveau très haut « dans le ballon **B202** ne serait plus assurée ». Il est primordial de notre part que tous les ballons pressurisés sont munis d'une sécurité de niveau « très haut » par contacteurs à flotteur qui déclenche une alarme et ferme la vanne d'admission d'eau.

Dans cette unité on trouve une régulation **split-range** au niveau du ballon **B202**, c'est le **LTC203** (indication de niveau avec régulation) qui contrôle les deux vannes **LCV203/a** et **LCV203/b** pour maintenir le niveau d'eau du ballon.

Les deux ballons **B201** et **B202** sont munis de **PSV201** et **PSV202** respectivement : des vannes d'évacuatrice de pression d'air considéré comme soupape d'évacuation.(35)

III.6.4. Unité 300 :

Le ballon **B303** est muni d'un mélangeur avec agitateur qui mélange de l'eau froide et chaude, l'eau froide sera prélevée sur le collecteur d'eau de 6" et l'eau chaude vient de la chaudière **B301**. La régulation de débit d'admission de l'eau froide au ballon **B303** se fait par l'intermédiaire du transmetteur de pression différentielle **FT307**, associé à une plaque porte orifice. La vanne d'admission d'eau froide **TCV309B** vanne avec positionneur est contrôlée par une électrovanne.

La régulation de débit d'admission de l'eau chaude au ballon **B303** se fait par l'intermédiaire du transmetteur de pression différentielle **FT313**, associé à une plaque porte orifice. La vanne d'admission d'eau chaude **TCV309A**. Les deux vannes d'admission d'eau sont contrôlées par **TIC309**.

Le niveau dans le ballon **B303** est mesuré grâce à un transmetteur à tube de torsion **LT308** contrôlé par un **LIC308**. L'eau sortant du ballon **B303** mélangeur servira à alimenter la chaudière. Pour éviter de gonfler l'installation, un débit d'eau tiède égal au débit d'eau froide entrant dans le ballon **B 303** sera retourné au ballon **B 001** (d'où la nécessité d'avoir un thermostat dans ce ballon). Cet eau passe par l'intermédiaire :

-D'un transmetteur de pression différentielle **FT306**, associé à une plaque porte orifice qui reçoit la commande d'un **FIC306** (associer entre ce dernier et le **FT307**).

-une vanne d'admission d'eau **FCV306** contrôlé par une électrovanne **SOV306**.

La chaudière **B301** est alimentée en eau par la pompe **P301**, par l'intermédiaire d'une régulation à 2 éléments, elle est munie d'une régulation de pression **PIC310** permettant de retourner l'excédent d'eau à l'aspiration de la pompe **P301**. Elle est également munie d'une régulation de température **TRC302** composée :

- D'un transmetteur pneumatique **TT302**
- D'un régulateur à 3 actions **TRC302**.
- De quatre contacteurs de température **TS 302 A-B-C-D**.

Le régulateur agira soit sur la vanne d'admission de vapeur **TRCV302 A**, soit sur la vanne d'extraction d'eau condensée **TRCV302 B**, le choix se faisant par action sur le commutateur **HO302 A**. Le **TT302** transmetteur de température agira directement sur les 4 contacteurs suivant la loi exposée dans la note jointe puissance totale de 50KW.

Le commutateur / panneau de télécommande **HIC302** permettra de choisir la régulation adoptée et de télécommander l'autre (ou les deux). Dans un but pédagogique il a été ajouté le commutateur **HO302B** qui permet de commander les contacteurs par la sortie du régulateur. La chaudière sera également munie de plusieurs points de mesure de température par thermocouple :

- Au bas de la chaudière **TR 305/1**.
- Au milieu de la chaudière **TR 305/8**.
- En haut de la chaudière **TR 305/2**.
- A l'admission d'eau **TR305/7**.

Un manostat **PIAH311** la protégera contre les surpressions alors que 2 thermostats :

-Un situé sur la sortie d'eau **TSH305**

-Un sur la paroi **TSH 304** le protégera contre les températures trop élevées.

De même un relais d'alarme sur le signal du niveau **LSL312** assurera la protection de niveau bas. Les sécurités de niveau et température, couperont l'arrivée de vapeur et de courant électrique Alors que la pression trop élevée fermera l'arrivée d'eau.

Le débit d'eau chaude d'utilisation sera commandé, soit par une télécommande, **HIC301** soit par un programmeur **HRC 301**. La température dans le ballon **B303** sera contrôlée par une sonde à résistance **TE309** et un régulateur à 3 actions **TIC 309**. La sortie de ce régulateur commandera ces vannes d'admission d'eau chaude et froide de façon telle que l'une se ferme lorsque l'autre s'ouvre.

Le niveau sera réglé par un régulateur et une vanne agissant sur le by-pass de la pompe d'évacuation. Une alarme de niveau bas empêche l'agitateur de tourner s'il n'est pas noyé. Le débit d'admission d'eau froide est mesuré par le transmetteur **FT307** et envoyé en point de consigne du régulateur d'extraction d'eau tiède **FRC307**.

-L'indicateur de température aux point suivants :

A noter que la sonde N°8 de 1500mm a été prévue en duplex pour permettre un dépannage rapide.

- ✓ L'enregistreur de température à ces mêmes points.
- ✓ Le programmeur de l'unité 300.

Le pupitre contient une partie comportera les commutateurs pneumatiques et les synoptique correspondants.(35)

III.6.7. Salle de contrôle

Le tableau de contrôle contient une partie centrale de 5m environ, sera composée de 4 panneaux réservés au banc pédagogique. Le panneau supérieur portera le synoptique avec signalisation des défauts. Les 3 panneaux inférieurs porteront les appareils du banc :

a) celui de droite portera les appareils de l'unité générale et de la section **100**.

- ✓ Indicateur de niveau à contact **LISH 004**.
- ✓ Indicateur de niveau **LI 104** et **LT105**.
- ✓ Indicateur de télécommande **HIC103** programmeurs de l'unité **100**.
- ✓ Régulateur de niveau à 2 actions **LRC004**.
- ✓ Régulateur de niveau tout ou rien (manomètre à contact)
- ✓ Enregistreur de débit.

b) le panneau central sera affecté à l'unité **200**, il portera :

- ✓ Le programmeur de l'unité **200**.
- ✓ Un convertisseur 3 voies (débit d'entrée, de transfert et niveau ballon **B201**).
- ✓ Un panneau de cascade double (**HIC205 A B**).
- ✓ Un organisateur 2 plumes (signal du programmeur).
- ✓ Un totalisateur pneumatique (débit d'entrée).
- ✓ Un régulateur électronique (**LRC203**).
- ✓ Un régulateur pneumatique (**LRC205**).

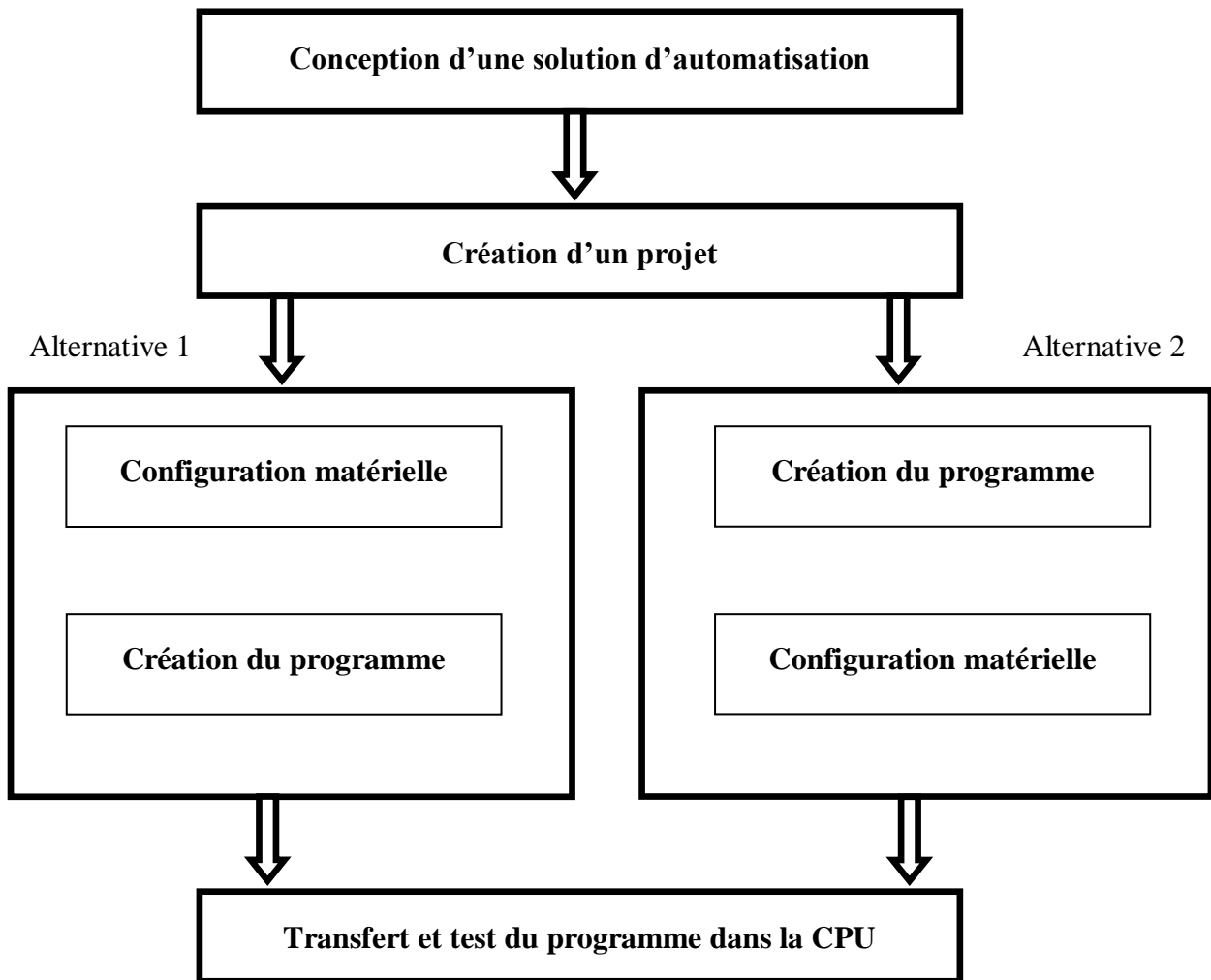
c) le panneau de droite sera réservé à l'unité **300**, il portera :

- ✓ Un organisateur 2 voies (niveau dans la chaudière débit de sortie).
- ✓ Le régulateur de niveau de la chaudière (sous lequel se trouveront les commutateurs permettant de modifier la fonction de la chaîne : **H301 A, B, C**)
- ✓ Le régulateur de pression dans la chaudière.
- ✓ Le régulateur de niveau du ballon mélangeur, ainsi que pression sortie chaudière.
- ✓ Le régulateur de température chaudière.
- ✓ L'enregistreur du signal programmeur. (35)

Annexe B : software

B.1.Premier pas vers leStep7

Pour créer un projet avec STEP7, il existe 2 approches :



Programmation avec le logicielSTEP7.

IV.3.2.Description du logiciel STEP7

Le logiciel STEP7 met à notre disposition les sous logiciels de bases suivantes :

IV.3.2.1. Gestionnaire de projets SIMATIC :

Manager SIMATIC Manager constitue l'interface d'accès à la configuration et à la programmation. Ce gestionnaire de projets présente le programme principal du logiciel STEP7, il gère toutes les données relatives à un projet d'automatisation, quel que soit le système cible sur lequel elles ont été créées. Le gestionnaire de projets SIMATIC démarre automatiquement les applications requises pour le traitement des données sélectionnées.

IV.3.2.2. Editeur de programme :

L'éditeur de programme STEP7 dispose de plusieurs modes de représentation, selon l'état de connaissance de l'automaticien. En respectant certaines règles, le programme peut être conçu sous forme de liste d'instructions puis converti en un autre mode de représentation. Les langages de programmation CONT, LIST et LOG, font partie intégrante du logiciel de base.

IV.3.2.3. Le simulateur des programmes PLCSIM :

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM permet d'exécuter et de tester le programme avant son implantation dans un Automate Programmable (programmes destinés aux CPU S7-300 et aux CPU S7-400). On simule dans un ordinateur ou dans une console de programmation, la simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP7 d'une manière interne. C'est une fonction importante qui permet de simuler le programme sur PC sans être relié à aucun système cible et donc d'effectuer la mise au point du programme sans être sur le site et de remédier à d'éventuelles erreurs. S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme. Tout en exécutant le programme dans l'application de simulation.(41)

IV.3.3. Structure d'un programme STEP7

Avec Step7 il est possible de structurer le programme selon deux types:

- **Programmation linéaire :** dans ce cas le programme est écrit dans le bloc principal OB1.
- **Programme structuré :** dans ce cas le programme est divisé en sous-programmes programmés dans les blocs (sauf OB 1) et appelés dans OB1 ou autres blocs : c'est ce qu'on appelle l'imbrication.

Dans le programme utilisateur, le dossier bloc, contient les blocs que l'on doit charger dans la CPU pour réaliser la tâche d'automatisation, il englobe :

- **Les blocs d'organisation (OB) :** Le bloc programme principal appelé OBI (Bloc d'Organisation N°1). Il s'exécute d'une manière cyclique par la CPU de l'automate. Ce programme ne doit contenir que des opérations permanentes quel que soit le mode de fonctionnement.
- **Les blocs sous programmes (FC et FB) :** Ils sont exécutés uniquement lorsque le programme principal les appelle (un sous programme peut aussi appeler un autre sous-programme). Il permet de structurer l'application.

-
- **Les blocs de données (DB) :** Ces blocs de données servent uniquement à stocker des informations et des données mais pas d'instructions comme les blocs de code. Les données utilisateurs stockés seront utilisées par la suite par d'autres blocs.(41)

IV.4. Logiciel de la supervision WINCC FLEXIBLE

IV.4.1. La supervision

Un système IHM constitue l'interface entre l'homme (opérateur) et le processus (machine/installation). Le contrôle proprement dit du processus est assuré par le système d'automatisation. Il existe par conséquent une interface entre l'opérateur et WinCC flexible (sur le pupitre opérateur) et une interface entre WinCC flexible et le système d'automatisation. Un système IHM se charge des tâches suivantes :

- **Représentation du processus :** Le processus est représenté sur le pupitre opérateur. Lorsqu'un état du processus évolue p. ex., l'affichage du pupitreopérateur est mis à jour.
- **Commande du processus :** L'opérateur peut commander le processus via l'interface utilisateur graphique. Il peut p. ex. définir une valeur de consigne pour un automate ou démarrer un moteur.
- **Vue des alarmes :** Lorsque surviennent des états critiques dans le processus, une alarme est immédiatement déclenchée, p. ex. lorsqu'une valeur limite est franchie.(42)

IV.4.2. description du WINCC FLEXIBLE

SIMATIC WinCC flexible est le fruit d'un perfectionnement systématique des logiciels d'interface homme-machine.

WinCC flexible est le logiciel IHM pour la réalisation, par des moyens d'ingénierie simples et efficaces, de concepts d'automatisation évolutifs, au niveau machine. WinCC flexible réunit les avantages suivants :



- simplicité
- ouverture
- flexibilité.



Fenêtre de WinCC flexible.

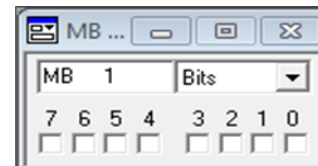
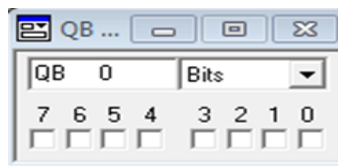
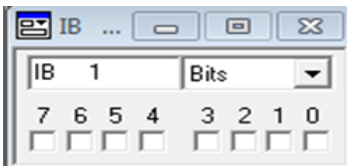
- Simulation et validation avec PLCSIM

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester notre programme dans un automate programmable, Après avoir élaboré le programme de fonctionnement déprogramme sous STEP7, l'étape suivante est la vérification du bon fonctionnement avant le chargement dans l'API. .

- ✓ Activer la simulation en cliquant sur l'icône 
- ✓ Charger le programme dans la CPU de simulation en cliquant sur l'icône de chargement. 
- ✓ Configurer la simulation :

Créer une fenêtre permettant l'accès aux variables d'entrée et sorties du programme de fonctionnement.

Créer une fenêtre pour les mémentos intervenant dans le programme de fonctionnement.

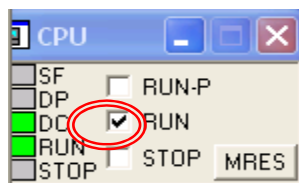


Les entrées

Les sorties

Les mémentos

- ✓ Mettre la CPU de la simulation en marche en cliquant sur l'une des cases à cocher RUN ou RUN-P.



- ✓ Visualisation du programme avec simulation

Après avoir chargé le programme utilisateur dans la CPU du simulateur et activé RUN ou RUN-P, le logiciel nous permet de visualiser l'état du programme, et les états des variables d'entrées/sorties. La CPU exécute le programme en lisant les entrées, traitant le programme, puis en actualisant les sorties. Par défaut,

Annexe A : hardware

A.1. Historique

Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante aux Etats Unis d'Amérique, à la demande de l'industrie automobile américaine (General Motors en leader), qui réclamait plus d'adaptabilité de ses systèmes de commande. Ce n'est qu'en 1971 qu'ils firent leur apparition en France. Les années soixante-dix connaissent une explosion des besoins industriels dans le domaine de l'automatique, de la flexibilité et l'évolutivité des Systèmes Automatisés de Production (SAP). Siemens AG est un groupe allemand. Fondé en 1847 par Werner Von Siemens, il réalise des équipements électroniques et électrotechniques. Son siège est à Munich, et c'est l'une des plus grosses entreprises européennes.(38)

Les API comportent quatre principales parties :

- Une unité de traitement (un processeur CPU);
- Une mémoire ;
- Des modules d'entrées-sorties ;
- Des interfaces d'entrées-sorties ;
- Une alimentation 230 V, 50/60 Hz (AC) - 24 V (DC). (1)

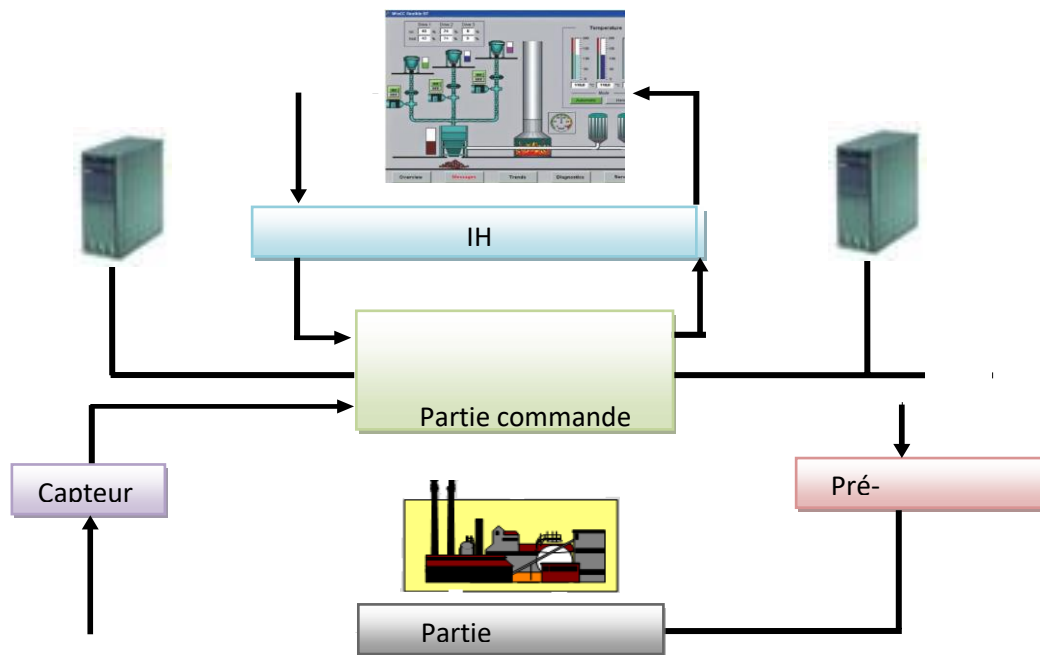
A.2. Structure des systèmes automatisés de production(SAP)

Tout système automatisé comporte

- Une partie opérative (P.O) procédant au traitement des matières d'œuvre afin d'élaborer la valeur ajoutée ; c'est la partie mécanique du système qui effectue les opérations. Elle est constituée d'actionneurs tels que vérins, moteurs... utilisant de l'énergie électrique, pneumatique, hydraulique ;
- Une partie interface (P.I) : est la partie se trouvant entre les deux faces PO et PC Traduisant les ordres et les informations ;
- Une partie commande (P.C.) coordonnant la succession des actions sur la Partie Opérative avec la finalité d'obtenir cette valeur ajoutée.

La structure simplifiée d'un ensemble automatisé peut se décomposer en trois parties essentielles :

- Les entrées Tout Ou Rien (TOR), parfois analogiques, destinées à fournir des informations sur l'état du processus : fin de course, détecteur de niveau, pressostat, thermostat, etc,
- L'automate qui traite les différentes informations d'entrée afin d'élaborer les ordres, les sorties transmettant les ordres élaborés par l'automate, aux différents actionneurs ou pré-actionneurs : voyants, distributeurs de vérins, contacteurs de moteur (39)



.Structure d'un système automatisé.

A.3. Choix d'un automate

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

- Le nombre d'entrées/sorties,
- La nature des entrées/sorties (numérique, analogique, etc.),
- La nature du traitement (temporisation, comptage, etc.),
- Le dialogue (la console détermine le langage de programmation),
- La communication avec les autres systèmes,
- Les moyens de sauvegarde du programme (disquette, carte mémoire, etc.).
- La fiabilité et la robustesse,
- Les capacités de traitement du processeur (vitesse, données, opérations, temps réel),
- Choix de la société ou d'un groupe et les contacts commerciaux.

En tenant compte des points soulignés précédemment, nous avons choisis comme système de traitement l'automate **SIEMENS, S7 – 300**. En plus de cela :

- Il est le plus utilisé dans les industries.
- Nous possédons son logiciel de programmation. (40)

Bibliographie

1. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Industrie>. [En ligne]
2. asservissement continu.
3. special autom. <http://www.specialautom.net/>. [En ligne]
4. https://fr.wikipedia.org/wiki/Strat%C3%A9gie_de_r%C3%A9gulation. [En ligne]
5. ABC CLIM. Donc le terme de régulation est employé lorsqu'on cherche à combattre des perturbations afin de garder une valeur constante par exemple, une température, une pression, un débit ou une hygrométrie...La régulation mesure en permanence par les capteurs le sy. [En ligne]
6. <https://elearning-deprecated.univ-annaba.dz/mod/page/view.php?id=16202&lang=ar> . [En ligne]
7. <http://mescoursautomatique.blogspot.com/2016/>. [En ligne]
8. https://fr.wikipedia.org/wiki/Choix_des_boucles_de_r%C3%A9gulation. [En ligne]
9. introduction a la regulation. <https://www.technologuepro.com/Regulation-industrielle/Introduction-a-la-regulation.pdf>. [En ligne]
10. MEMOIREonline. https://www.memoireonline.com/04/11/4391/m_Asservissement-de- vitesse-dune-charge-mecanique. [En ligne]
11. **Bouassida, Mohamed.** regulation classique en industrie . 2010.
12. energie . <https://energieplus-lesite.be/techniques/chauffage10/principes-de-regulation-p-pi-pid/>. [En ligne]
13. https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gulateur_PID. [En ligne]
14. Correction des systèmes linéaires UV Automatique.
15. **R.RHODE.** regulation analogique.
16. Marc seguin . maintenance et efficacité énergitique . [En ligne]
17. <https://www.reichelt.com/magazin/fr/pneumatique/>. [En ligne]
18. **kadi karimedinne industrielle, ingénieur en securite.** instrumentation-regulation-automatismes.
19. <https://insights.bridgr.co/passer-au-numerique-quest-ce-que-cela-signifie-vraiment/>. [En ligne]

-
20. https://sti2d.ecolelamache.org/chapitre_4_la_rgulation.html. [En ligne]
 21. special autom. <http://www.specialautom.net/regulation-avancee.htm>. [En ligne]
 22. boucle de regulation.
 23. waytolearn. <https://waytolearnx.com/2018/07/difference-entre-le-signal-analogique-et-numerique.html>. [En ligne]
 24. <https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/qu-est-ce-que-l-instrumentation-industrielle.html>. [En ligne]
 25. techno-science.net. www.techno-science.net/glossaire-definition/Capteur-page-2.html. [En ligne]
 26. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Actionneur>. [En ligne]
 27. http://www.almava.eu/fr/produits/r%C3%A9gulation/vannes_de_r%C3%A9gulation/vannes_modulantes_ou_en_tout-ou-rien. [En ligne]
 28. manuel de vanne de regulation . s.l. : emerson fisher.
 29. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Positionneur#:~:text=En%20r%C3%A9gulation%20industrielle%2C%20le%20positionneur,d%C3%A9pit%20des%20perturbations%20du%20syst%C3%A8me>. [En ligne]
 30. <https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectrovanne>. [En ligne]
 31. https://fr.wikipedia.org/wiki/Soupape_de_s%C3%A9curit%C3%A9. [En ligne]
 32. <https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/les-systemes-de-contrôle-distribués-ou-dcs.html>. [En ligne]
 33. https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_num%C3%A9rique_de_contr%C3%B4le-commande. wikipedia. [En ligne]
 34. <https://lab4sys.com/fr/architecture-automatisme/>. [En ligne]
 35. REGULATION AUTOMATIQUE CONTROLE ET APPLICATEUR ET APPLACATIONS. PARIS : s.n., 1968.
 36. https://fr.wikipedia.org/wiki/Automate_programmable_industriel. [En ligne]
 37. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/415/15390415/att_41927/v1/S7-300_IHB_f.pdf. [En ligne]

-
38. <https://www.cours-et-exercices.com/2014/05/expose-sur-lautomates-programmables.html>. [En ligne]
 39. <https://www.technologuepro.com/cours-automatismes-industriels/chapitre-1-les-automates-programmables-industriels.pdf>. [En ligne]
 40. <https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/choix-d-un-automate-quelques-criteres-a-considerer>. [En ligne]
 41. **abdelghani, daoudi**. Etude d'un système de la transformation de la matière.
 42. <https://m.20-bal.com/pravo/8796/index.html?page=8>. [En ligne]
 43. introduction a la regulation.