

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



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

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

D'INGENIEUR D'ETAT EN AUTOMATIQUE

Thème

**Régulation et supervision d'un
procédé d'étalonnage de débitmètres**

Proposé et dirigé par :

M^f R. BESSAD

Promoteur :

M^f A. DIRAMI

Présenté par :

M^f AZZOUG Younès

M^{elle} BOUDJEMAI Nassima

Soutenu le : 01/10/2009



IAP

Promotion 2009

Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous tenons à remercier « ALLAH, Le Tout Puissant » de nous avoir donné la santé et le courage d'effectuer ce projet de fin d'étude dans les meilleures conditions.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui ont contribuées de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

- ***Mr R. BESSAD** Enseignant-Chercheur qui nous a proposé et dirigé ainsi que son équipe au sein de l'Institut Algérien du Pétrole (IAP) pour leur écoute et disponibilité.*
- ***Mr A. DIRAMI** notre promoteur, Enseignant au sein du département Automatique, de nous avoir encadré, suivi et orienté tout au long de notre travail.*
- ***Mr S. GUERMAH** Enseignant au sein du département Automatique, qui s'est toujours montré à l'écoute et très disponible ainsi que sa patience dont il a su faire preuve malgré ses charges professionnelles.*
- ***Mr ABDELGHANI AZZOUG** Automaticien, pour son esprit coopératif et son aide précieuse.*
- ***Mr SLIMANE AZZOUG** Informaticien, pour sa sympathie et le partage de ses connaissances.*
- ***M^{elle} NAWAL MEZARI** Electrotechnicienne, sans elle, ce mémoire n'aurait jamais vu le jour à l'IAP.*

Sans oublier nos parents pour leur contribution, leur soutien et patience ainsi que leurs encouragements.

Enfin des reconnaissances à tous nos proches et amis qui nous ont toujours encouragés.

Merci à tous et à toutes

Younès et Nassima

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mes études

Mes grands-parents

Mes frères et sœurs

Mes beaux-frères et ma belle-sœur

Mes neveux et nièces

Mes tantes et oncles

Ma grande famille paternelle et maternelle

La famille BOUDJEMAI

La famille YAKOUBI, SAIDANI et MESTOUR

Mes chers voisins GUERMAH, AOUANOUK, SMAIL Nabila et ses filles

A tous mes amis(es) en particulier : Mon frère Mouh, Hmidouche, Omar, Yehia, Amel, Nabila, Souhila, Karima...

Toute la promotion 2008-2009 d'Automatique.

Je le dédie également et particulièrement pour Nassima

Younès

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mes études

Mon frère et ma sœur

Mon frère et ami Mouh

Mes grands-parents

Mes tantes et oncles

La famille AZZOUG

A tous mes amis(es) en particulier : Amel, Nabila, Souhila, Karima, Fadhila, Dalila, Nadia, Fouzia, Omar, Faiza, Ouerdia...

Toute la promotion 2008-2009 d'Automatique.

Je le dédie également et particulièrement pour Younès

Nassima

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I: Généralités sur les capteurs et transmetteurs intelligents

I. Introduction.....	1
II. Définitions et caractéristiques générales.....	2
III. Grandeurs d'influence.....	2
IV. Capteurs intelligents.....	3
V. Transmetteurs intelligents.....	4
VI. La boucle de courant 4-20 mA.....	5
VI.1. But de la boucle.....	5
VI.2. Pourquoi la boucle 4-20 mA.....	5
VI.3. Réalisation de la boucle 4-20 mA.....	5
VII. Conclusion.....	6

Chapitre II: La chaîne de mesure de débit

I. Introduction.....	7
II. Synoptique de la chaîne de mesure.....	7
III. Mesure de débit.....	8
III.1. Le débit.....	8
III.1.a. Définition.....	8
III.1.b. Perte de charge.....	8
III.1.c. L'écoulement laminaire et l'écoulement turbulent.....	9
III.1.d. Nombre de Reynold.....	10
III.2. Le débitmètre massique Coriolis FCM2000.....	11
III.2.a. Description de l'effet Coriolis.....	11
III.2.b. Principe de fonctionnement.....	12
III.2.c. Exigences d'installation.....	15
III.2.d. Réglage de la valeur zéro.....	15
III.3. Débitmètre électromagnétique.....	16
III.3.a. Loi d'induction de Faraday.....	16
III.3.b. Principe de mesure.....	17
III.3.c. Exigences d'installation.....	18
III.4. Le débitmètre à turbine Faure Herman (TZN 40-15).....	19
III.4.a. Présentation.....	19
III.4.b. Principe de fonctionnement.....	20
IV. La vanne à positionneur intelligent (TZID-C).....	21
IV.1. Présentation.....	21
IV.2. Principe de fonctionnement.....	22
V. L'Automate Programmable Industriel API).....	23
VI. Le calculateur-indicateur FH6200.....	24
VII. La pompe.....	24
VII.1. Définition.....	24
VII.2. Principe de fonctionnement.....	24
VII.3. Eléments de base pour le calcul et le choix des pompes.....	25
VII.4. Commande de la mise en marche et l'arrêt de la pompe.....	25
VIII. Conclusion.....	26

Chapitre III: Description de l'automate programmable ABB AC 31 série 50	
I. Introduction.....	27
II. Architecture des automates.....	27
III. L'automate programmable ABB 07KR51 (AC 31 Série 50).....	29
III.1. Description de l'automate 07KR51.....	29
III.2. Adressage de l'automate et de ses différents modules.....	30
III.3. Fonctionnement de l'UC.....	31
III.3.a. Schéma fonctionnel.....	31
III.3.b. Exécution du programme.....	32
III.3.c. Configuration de l'UC.....	33
III.4. Communication.....	34
III.4.a. Communication sur réseau avec l'interface MODBUS intégrée.....	34
III.4.b. Communication point à point avec l'interface ASCII intégrée.....	37
III.4.c. Communication point à point avec le protocole de programmation.....	37
IV. Conclusion.....	37
Chapitre IV: Régulation	
I. Introduction.....	38
II. Principes généraux sur la régulation.....	38
II.1. Objectif de la régulation.....	38
II.2. Chaîne d'une régulation.....	38
II.2.a. Chaîne ouverte de régulation.....	39
II.2.b. Chaîne fermée de régulation.....	39
II.3. Constitution d'une régulation.....	39
II.4. Qualités attendues d'une régulation.....	41
II.4.a. La stabilité.....	41
II.4.b. La précision.....	41
II.4.c. La rapidité.....	42
III. La régulation PID.....	42
III.1. Les actions élémentaires.....	42
III.1.a. Action proportionnelle.....	42
III.1.b. Action intégrale.....	44
III.1.c. Action dérivée.....	45
III.2. Différentes structure du régulateur PID.....	46
III.2.a. Structure parallèle.....	46
III.2.b. Structure série.....	46
III.2.c. Structure mixte.....	47
IV. Réglage pratique de Ziegler et Nichols en chaîne fermée d'un système du 2 ^{ème} ordre ou méthode du pompage.....	47
V. Conclusion.....	48
Chapitre V: Mise en œuvre du projet	
I. Introduction.....	49
II. Programmation de l'API ABB 07KR51 (AC 31 Série 50).....	49
II.1. Création du projet avec AC31GRAF.....	49
II.2. Déclaration des variables.....	50

II.3. Edition du programme.....	51
II.4. Compilation.....	52
II.5. Envoi du programme dans l'automate.....	53
III. Création du projet sous WebAccess.....	54
III.1. Présentation du logiciel WebAccess.....	54
III.2. Les composants de WebAccess.....	54
III.3. Lancement du logiciel WebAccess.....	55
III.4. Création du nœud projet.....	57
III.5. Création du nœud SCADA.....	58
III.6. Création du port de communication.....	59
III.7. Création du périphérique.....	60
III.8. Création des points.....	60
III.8.a. Les points analogiques.....	61
III.8.b. Le point discret.....	62
III.8.c. Les points de calcul.....	63
III.9. Création du synoptique.....	64
III.10. Configuration de la webcam.....	65
III.11. Les avantages de WebAccess.....	65
IV. Détermination des paramètres du régulateur PI.....	66
V. Conclusion.....	68

Conclusion générale

Annexes

Liste des abréviations

Bibliographie

Introduction générale

Dans le cadre de notre cursus d'ingénieur en Automatique, nous avons réalisé notre projet de fin d'études au sein de l'Institut Algérien du Pétrole (IAP) et plus précisément dans le département Instrumentation. Ce département est chargé de l'étude, du développement et de la mise en œuvre de solutions techniques permettant de répondre aux exigences des installations pétrolières en permanente évolution.

Ce projet s'inscrit dans une politique de fiabilisation des installations et des équipements et plus particulièrement des débitmètres ; devenus des organes indispensables dans le domaine du pétrole. Il consiste en la réalisation d'un procédé permettant l'étalonnage et le contrôle des débitmètres utilisés dans les différentes installations exploitées par l'IAP. Pour cela, nous disposons d'une installation équipée d'une cuve, d'une pompe refoulant sur deux lignes comprenant chacune deux débitmètres de technologie différente et d'une vanne de régulation installée sur l'une des deux lignes.

Trois grandes parties se dégagent dans ce projet :

- La programmation de l'automate ABB 07KR51 (AC 31 Série 50), au préalable, une prise en main de ce produit ainsi que son logiciel de programmation AC31GRAF ;
- La mise en œuvre d'une régulation de débit, de type PI ;
- Le paramétrage de la supervision sous logiciel WebAccess permettant de piloter et superviser cette installation et dans laquelle nous avons intégré une télé vidéosurveillance.

Afin de rendre compte le plus fidèlement possible du travail réalisé durant ce projet, nous avons organisé ce mémoire en cinq chapitres :

- ✚ Le premier chapitre consiste en une description générale des capteurs et transmetteurs intelligents, des contraintes liées à leur installation et à leur utilisation. Ce chapitre intégrera également une description de la boucle de courant 4-20 mA largement utilisée de nos jours dans l'industrie pour une retransmission fiable de la grandeur mesurée.
- ✚ Le deuxième chapitre porte sur la description de l'installation pilotée par l'ensemble Automate Programmable Industriel (API) et supervision. Dans un premier temps nous décrivons la grandeur mesurée, ses lois physiques et ses grandeurs influentes. Ensuite, nous détaillerons les différentes technologies permettant de la mesurer (débitmètres) ainsi que la vanne utilisée pour sa régulation.
- ✚ Dans un troisième chapitre, nous définirons le principe de fonctionnement d'un API, son architecture ainsi que ses différentes composantes puis nous détaillerons le type utilisé dans notre application et son logiciel de programmation.

- ✚ La régulation et ses caractéristiques seront abordées dans le quatrième chapitre. De type PID, sera plus amplement détaillée, notamment les trois principaux paramètres (bande proportionnelle, temps d'intégrale et temps de dérivée). De plus, une méthode empirique sera appliquée permettant l'ajustage des paramètres des correcteurs.
- ✚ Dans le cinquième et dernier chapitre, nous y détaillerons notamment les différentes étapes de programmation de l'API ABB. Nous présenterons le logiciel de supervision WebAccess ainsi que son paramétrage, de création des synoptiques et de la détermination des différents paramètres du régulateur PI.
- ✚ Le mémoire se termine par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur les capteurs
et transmetteurs intelligents

I. Introduction

A la base de toute mesure, le capteur représente le premier maillon de la chaîne. Dans ce chapitre, on donnera un aperçu général sur ce dispositif, tout en précisant les grandeurs qui l'influencent. Etant donné que les capteurs et les transmetteurs utilisés dans notre chaîne de mesure sont intelligents, on introduira alors cette notion avec une illustration des principales parties qui les constituent.

II. Définitions et caractéristiques générales [1]

Un capteur est l'organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Sa conception fait appel en général à toutes les disciplines : physique, chimie, mécanique, électronique, etc...

La grandeur physique, objet de la mesure : déplacement, température, pression etc... est désignée comme le mesurande ou grandeur d'entrée et représenté par m ; l'ensemble des opérations expérimentales qui concourent à la connaissance de la valeur numérique du mesurande constitue son mesurage. L'information délivrée par le capteur et qui dépend de m est appelée réponse ou grandeur de sortie s . Toute valeur de s doit permettre de remonter à chaque instant à une seule valeur de m et inversement (relation biunivoque) $\Rightarrow s = \mathcal{F}(m)$. L'expression théorique reliant s à m est définie par des lois physiques mises en jeu dans le fonctionnement du capteur, par des caractéristiques propres (forme, matériau, etc...) et par les caractéristiques de son environnement. Cela implique que l'exploitation numérique de la grandeur de sortie en fonction du mesurande, résulte en général d'un étalonnage.

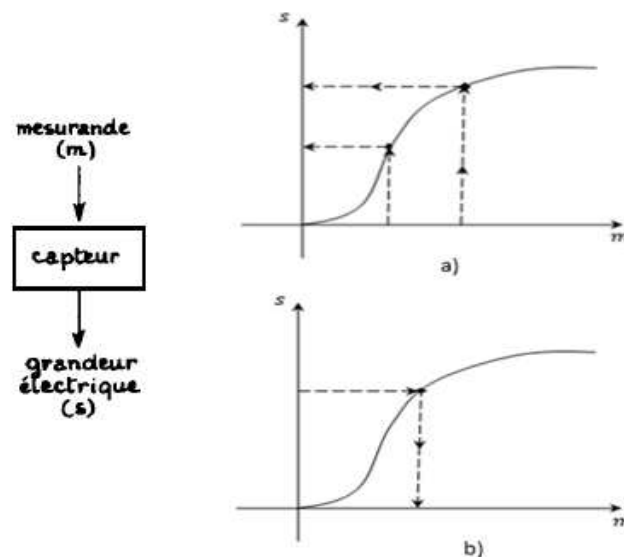


Figure I.1 - Courbe d'étalonnage d'un capteur :
 a) Son établissement ; b) Son exploitation.

Pour des raisons de facilité d'exploitation, on s'efforce de réaliser le capteur de sorte qu'il établisse une relation linéaire entre les variations Δs de la grandeur de sortie et celles Δm de la grandeur d'entrée :

$$\Delta s = S \Delta m \dots \dots \dots \text{I. 1}$$

S est la sensibilité du capteur qui dépend de plusieurs facteurs. Citons par exemple le temps de vieillissement du capteur, l'action d'autres grandeurs physiques qui ne sont pas l'objet de la mesure, etc...

En tant qu'élément de circuit électrique, le capteur se présente, vu de sa sortie :

- Soit comme un générateur, s étant une charge, une tension ou un courant s'il s'agit d'un capteur actif ;
- Soit comme une impédance, s étant une résistance, une inductance ou une capacité : le capteur est alors dit passif. Dans ce cas, l'impédance d'un capteur passif et ses variations ne sont mesurables qu'en intégrant le capteur dans un circuit électrique, par ailleurs alimenté : c'est son conditionneur.

III. Grandeurs d'influence [1]

Le capteur, de par ses conditions d'emploi, peut se retrouver soumis non seulement au mesurande mais à d'autres grandeurs physiques qui peuvent entraîner un changement de la grandeur électrique de sortie qu'il n'est pas possible de distinguer de l'action de mesurande. Ce sont les grandeurs d'influence. On peut distinguer :

- La température qui modifie les caractéristiques électriques (résistance), mécaniques et dimensionnelles des composants du capteur ;
- La pression, l'accélération et les vibrations susceptibles de créer des déformations et des contraintes qui modifient la réponse du capteur ;
- L'humidité à laquelle, par exemple, la constante diélectrique ou la résistivité peuvent être sensibles et risque de dégrader l'isolation entre composants du capteur ou entre le capteur et son environnement.

Si l'on désigne par g_1, g_2, \dots les grandeurs d'influence, la relation entre grandeur électrique de sortie s et mesurande m , qui dans le cas idéal serait :

$$s = \mathcal{F}(m)$$

devient :

$$s = \mathcal{F}(m, g_1, g_2, \dots)$$

Afin de pouvoir déduire la valeur de m de la mesure s , il est nécessaire de :

- Soit de réduire l'importance des grandeurs d'influence au niveau du capteur en le protégeant par un isolement adéquat ;
- Soit de stabiliser les grandeurs d'influence à des valeurs parfaitement connues et d'étalonner le capteur dans ces conditions de fonctionnement ;
- Soit d'utiliser des montages qui permettent de compenser l'influence des grandeurs parasites (pont de Wheatstone).

IV. Capteurs intelligents [1][9]

On désigne par capteur intelligent l'ensemble de mesure constitué de deux parties : une chaîne de mesure pilotée par un microprocesseur et une interface de communication bidirectionnelle. La chaîne de mesure comporte:

- Le capteur principal est identifiable par un code stocké en PROM ;
- Les capteurs secondaires propres aux grandeurs d'influence ;
- Les dispositifs classiques permettant l'obtention sous forme numérique de la grandeur de sortie de chaque capteur : conditionneur, multiplexeur, amplificateur bloqueur, convertisseur analogique-numérique ;
- Un microprocesseur : une fois programmé, il sera le chef d'orchestre de la chaîne de mesure ; son rôle est d'effectuer les tâches suivantes : gestion de l'acquisition, correction de l'effet des grandeurs d'influence, etc...

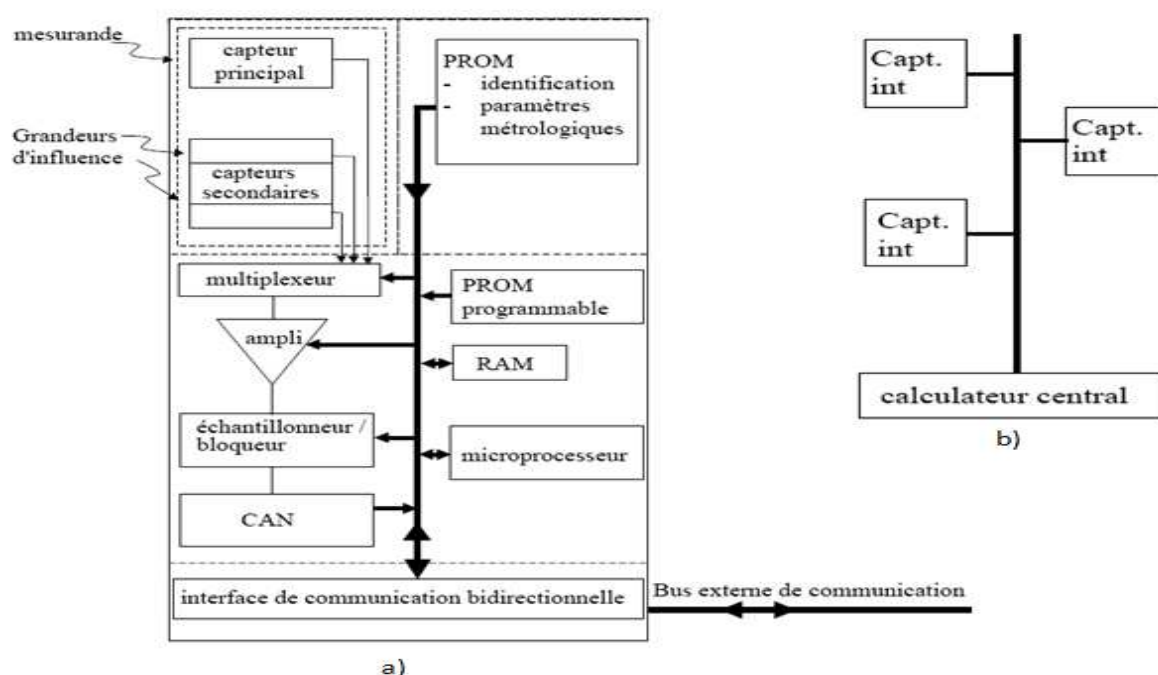


Figure I.2 - Capteur intelligent : a) Structure générale ; b) Liaison par bus d'un ensemble de capteurs intelligents à un calculateur central.

L'interface de communication bidirectionnelle assure la liaison du capteur à un ordinateur central via un bus partagé entre plusieurs capteurs intelligents.

V. Transmetteurs intelligents [7]

Le transmetteur intelligent vient à la suite d'un capteur dont il traite et transmet les signaux. On verra par la suite que les signaux transmis à notre Automate Programmable Industriel (API) (voir le chapitre III) doivent être normalisés, autrement dit, des valeurs de courant comprises entre 4 et 20 mA. Ces signaux d'entrée proviennent des capteurs intelligents dont les sorties sont numérisées (voir la figure I.3). C'est dans ce cas que le transmetteur intervient, on le définit comme étant un dispositif capable de transférer une grandeur physique en une grandeur exploitable qui est souvent de nature électrique.

Le transmetteur intelligent est aussi apte à détecter, mesurer, traduire, dater et traiter des données acquises en vue de les communiquer à d'autres organes du système. Il est constitué d'un module électronique contenant un microprocesseur qui se charge de la linéarisation du capteur, du réétalonnage, du diagnostic et de la communication. Il possède aussi un convertisseur numérique-analogique, un module de communication FSK (Frequency Shift Keying : décalage de fréquence) et un réglage local du zéro et de l'échelle.

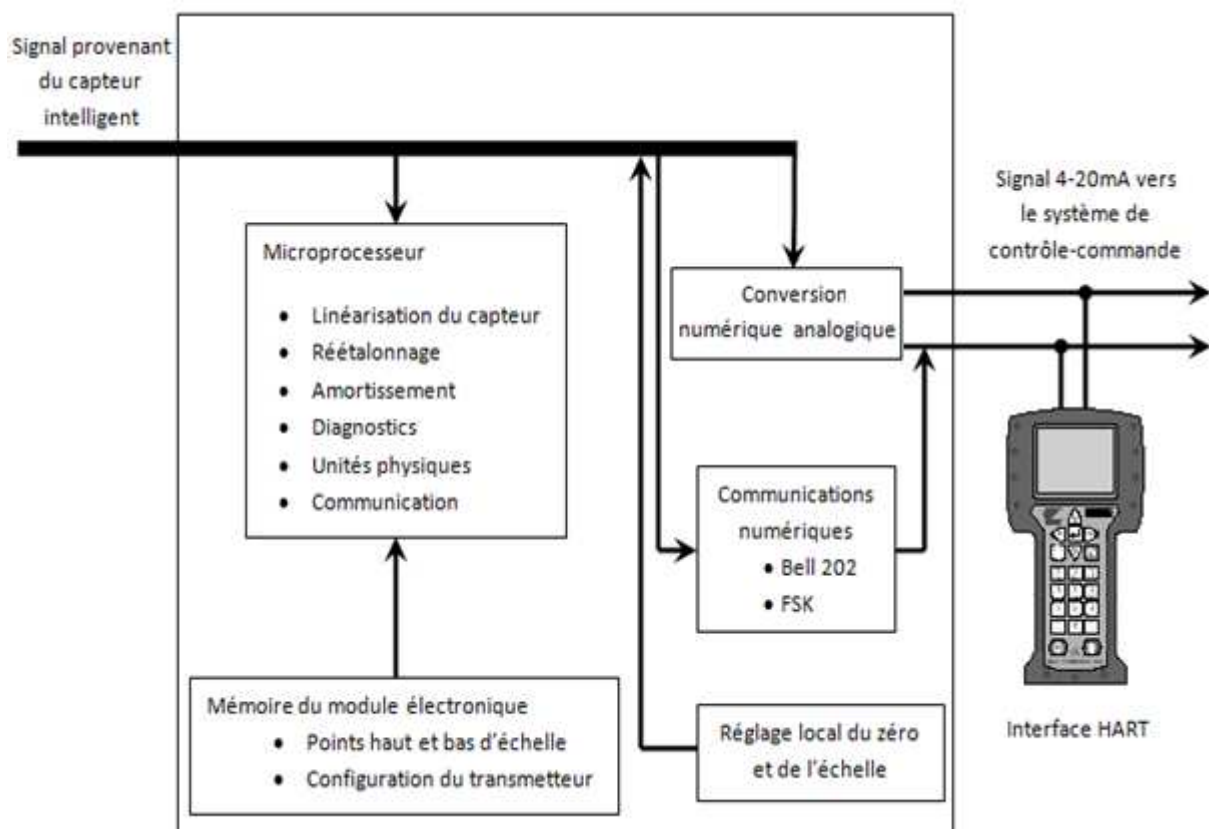


Figure I.3 - Structure d'un transmetteur intelligent.

VI. La boucle de courant 4-20 mA [7]

VI.1. But de la boucle

La boucle de courant 4-20 mA est un moyen de transmission permettant de transmettre un signal analogique sur une longue distance sans perte ou modification de ce dernier, assurant une meilleure immunité aux parasites.

La résistance du câble étant faible, ce qui apporte une excellente transmission de signaux. En outre, elle présente un intérêt supplémentaire dans la mesure où elle permet une détection « ligne coupée ».

VI.2. Pourquoi la boucle 4-20 mA

On a toujours eu un besoin de transmettre un signal analogique depuis le premier capteur analogique. Au début, les ingénieurs ont eu de grandes difficultés à trouver un signal électrique qui pouvait être transmis sur des fils sans introduire des erreurs. L'utilisation d'une simple variation de tension n'était pas assez fiable, car un changement dans la longueur et la résistance des fils avait pour conséquence de modifier la valeur mesurée.

Deux solutions ont été proposées : une par transmission d'impulsion PDM (Pulse Duration Modulation) ou MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion) et l'autre par variation proportionnelle d'une fréquence selon la valeur analogique. Mais ces deux solutions coûtaient cher et étaient difficiles à mettre en œuvre.

Lorsque la boucle 4-20 mA est arrivée, elle est rapidement devenue le standard car elle a pu être très précise et ne pas être affectée par la résistance des fils et par les variations de la tension d'alimentation.

VI.3. Réalisation de la boucle 4-20 mA

Pour réaliser la boucle 4-20 mA, il faut au moins 4 éléments : l'émetteur, l'alimentation, les fils et le récepteur. Ces 4 éléments sont connectés ensemble pour former une boucle.

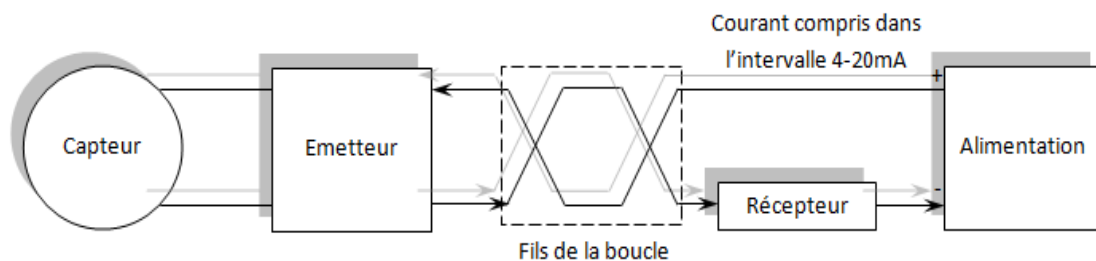


Figure I.4 - Les constituants d'une boucle 4-20 mA.

✚ *Un émetteur* : L'émetteur convertit la valeur mesurée par le capteur en un courant compris dans l'intervalle 4-20 mA. On a un courant de 4 mA pour la première valeur de l'échelle de mesure du capteur et 20 mA pour sa dernière mesure (si par exemple on a un capteur possédant une étendue de mesure entre -40 °C et 50 °C, 4 mA correspondra à -40 °C et

20 mA à 50 °C). Si on lit 0 mA la boucle ne fonctionne plus ou il y a une erreur dans la boucle.

✚ *Une alimentation* : L'émetteur doit être alimenté pour fonctionner ceci est réalisé à l'aide des deux fils de la boucle. Le courant de 0 à 4 mA de la boucle sert pour l'alimentation du circuit émetteur (l'émetteur doit donc consommer moins de 4 mA).

✚ *Les fils de la boucle* : Deux fils relient tous les composants ensemble. Il y a quatre conditions pour le choix de ces fils :

- Une très faible résistance ;
- Une bonne protection contre la foudre ;
- Ne pas subir d'impulsion de tension induite par un moteur électrique ou un relais ;
- Avoir également une seule mise à la masse (plusieurs masses rendraient la boucle inopérante car une petite fuite de courant de masse dans la boucle risquerait d'affecter l'exactitude de la boucle).

✚ *Le récepteur* : On a toujours au moins un récepteur dans une boucle. Il peut être un API, un afficheur, etc...

VII. Conclusion

La notion importante est donc qu'un dispositif intelligent est un dispositif communiquant, qui offre des avantages spécifiques tels que :

- Possibilité de configurer à distance par une console portable ou à l'aide d'un logiciel de communication ;
- Crédibilité accrue des mesures ;
- Aide à la maintenance par autotest intégré susceptible de déterminer automatiquement quel est l'élément défaillant de la chaîne et, via son interface de communication, de transmettre des alarmes ciblées ;
- Mémorisation des évènements exceptionnels.

Chapitre II

La chaîne de mesure de débit

I. Introduction

La mesure de débit revêt une importance fondamentale dans l'industrie aussi bien dans le domaine commercial que dans le domaine technique où elle permet de donner des informations indispensables pour la conception des réseaux de transport de fluide et dans toute installation industrielle, dont la quantité de fluide intervenant doit être contrôlée.

Dans ce chapitre, on définira cette grandeur et on représentera notre banc de mesure ainsi que ses différents constituants, en se basant sur leurs principes de fonctionnement.

II. Synoptique de la chaîne de mesure

La mini station telle qu'illustrée sur le synoptique de la figure II.1 sert à mesurer un débit. Composée essentiellement de quatre débitmètres qui se basent sur des principes de fonctionnement différents, montés sur deux bras comprenant chacun deux instruments placés en série. Les signaux délivrés par ces derniers, hormis le débitmètre à turbine qui nécessite un calculateur assurant la conversion des impulsions en un signal électrique, seront traités par l'automate qui se charge de la commande (pompe et vanne) et de la communication avec le PC superviseur.

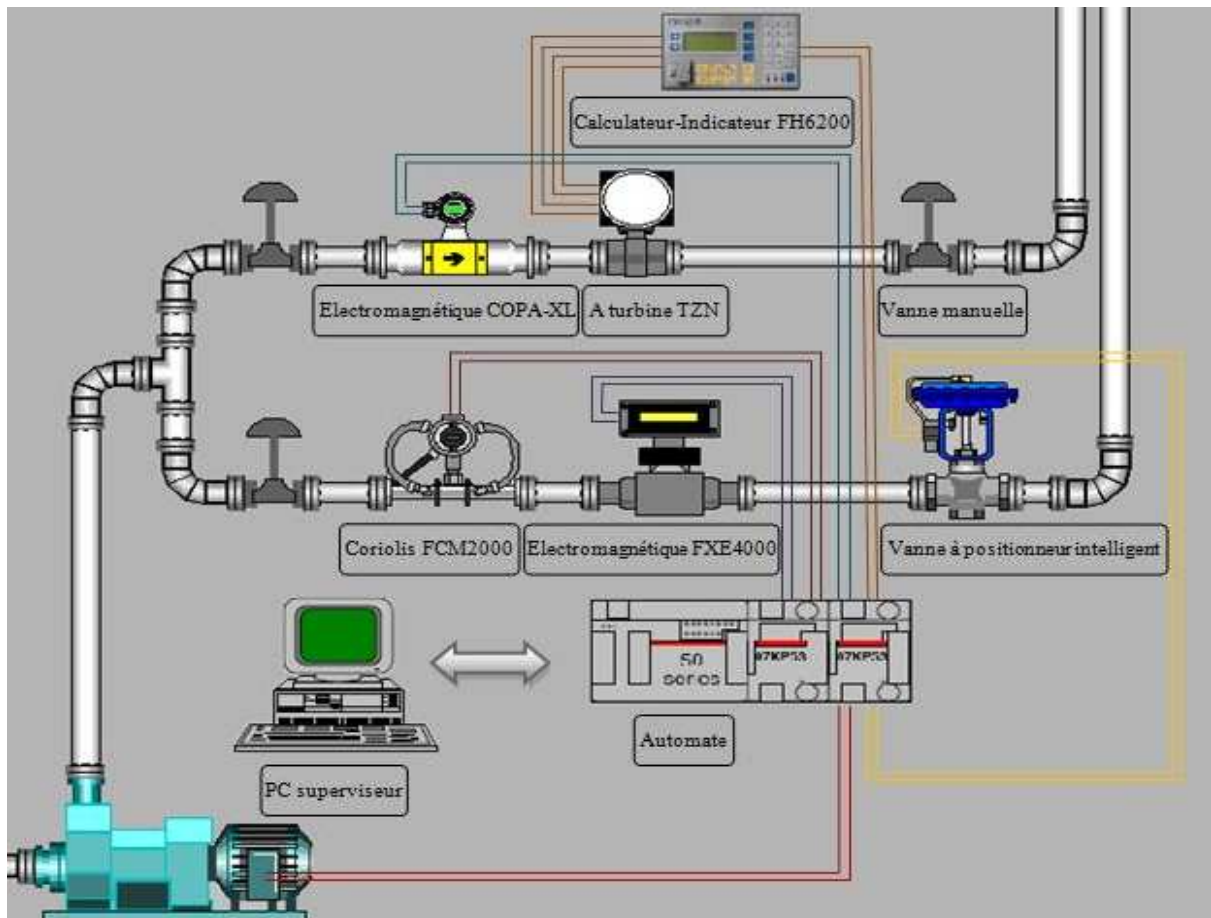


Figure II.1 - Le synoptique de la chaîne de mesure.

III. Mesure de débit

III.1. Le débit [10]

III.1.a. Définition

Le débit d'un fluide est la quantité de matière qui traverse une section droite d'une canalisation pendant l'unité de temps. En pratique, on distingue :

✚ *Le débit volumique* Q_v : C'est le volume de fluide écoulé pendant l'unité de temps. Son expression est donnée par :

$$Q_v = V S \dots \dots \dots \text{II. 1}$$

tel que :

V : la vitesse moyenne du fluide en m/s ;

S : la section de la conduite en m².

Par conséquent, l'unité de Q_v dans le système international (SI) est le m³/s.

✚ *Le débit massique* Q_m : C'est la masse de fluide écoulée pendant l'unité de temps. Son unité dans le SI est le kg/s.

Les deux débits Q_v et Q_m sont liés par la relation :

$$Q_m = \rho Q_v \dots \dots \dots \text{II. 2}$$

où : ρ est la masse volumique du fluide (en kg/m³).

Au cours de son écoulement dans une conduite (sans apport ou sans perte de fluide), le débit massique Q_m tout au long de l'installation reste constant. Il n'en est pas de même pour le débit volumique Q_v , car la masse volumique ρ peut être amenée à varier, avec la température ou la pression par exemple.

III.1.b. Perte de charge

La perte de charge ou d'énergie se traduit par une différence de pression entre deux points de la conduite. La mesure du débit peut affecter le débit du liquide en créant une perte de charge due, d'une part, aux frottements du fluide sur les parois et d'autre part, à la viscosité du liquide.

Il est important de tenir compte des pertes de charge car elles conditionnent la puissance de la pompe qui alimente la canalisation ; de plus, elles peuvent être à l'origine de phénomènes de cavitation.

Il existe deux types de pertes de charge : les pertes de charge réparties et les pertes de charge locales. Comme leur nom l'indique, les premières sont réparties le long de la conduite. Quant aux pertes de charge locales, elles sont dues à la présence d'un étranglement ou d'un coude sur la conduite, ou encore d'un obstacle à l'intérieur de celle-ci (vanne, plaque à orifice d'un débitmètre à organe déprimogène, etc...). La perte de charge se mesure grâce à des tubes piézométriques qui sont constitués d'une prise de fluide sur la conduite, un tuyau souple, dont les extrémités sont misent en relation (voir la figure II.2).

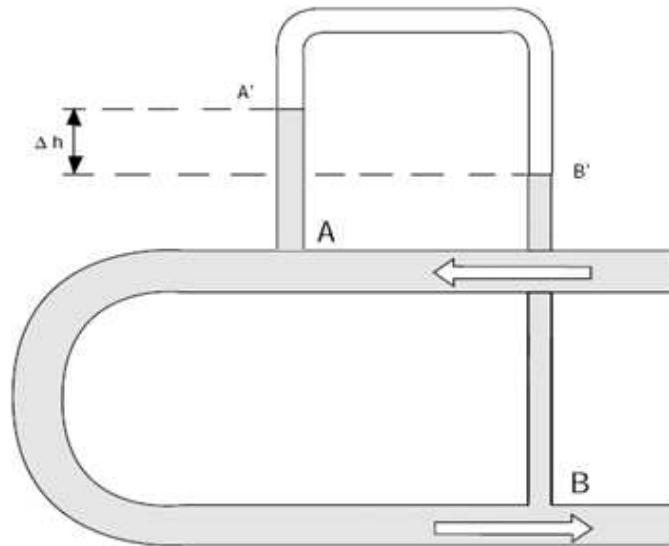


Figure II.2 - Perte de charge entre les points A et B peut être mesurée à l'aide de tubes piézométriques.

III.1.c. L'écoulement laminaire et l'écoulement turbulent

Suivant la viscosité du fluide et sa vitesse, on distingue deux régimes d'écoulement :

🚦 *Écoulement laminaire* : Une étude qualitative montre que pour une configuration géométrique donnée, un écoulement permanent de fluide visqueux incompressible est généralement stable si et seulement si les vitesses d'écoulement sont assez faibles. Dans ce cas, une petite perturbation introduite dans l'écoulement s'atténue jusqu'à disparaître. On parle alors d'écoulement laminaire. Dans cet écoulement, les couches de fluide glissent régulièrement les unes sur les autres. En chaque point, le vecteur vitesse reste fixe tant en direction qu'en grandeur.

🚦 *Écoulement turbulent* : Cette fois, chaque particule de fluide est animée de vibrations aléatoires. Le vecteur vitesse est la somme de deux composantes : la vitesse moyenne qui représente le mouvement global du fluide et une vitesse de fluctuations à caractère aléatoire tant en direction qu'en grandeur. Ces vibrations assurent un brassage énergétique du fluide.

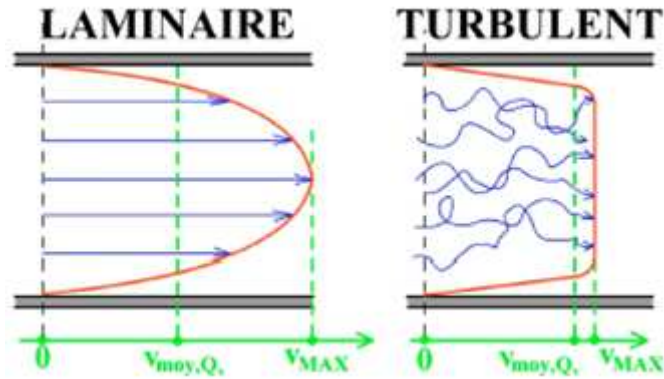


Figure II.3 - Profils des vitesses pour un écoulement laminaire et pour un écoulement turbulent.

III.1.d. Nombre de Reynolds

Pour caractériser l'écoulement d'un fluide, un seul paramètre sans dimension est suffisant c'est le nombre de Reynolds. Il est donné par l'expression suivante :

$$\mathcal{R} = \rho \frac{V D}{\mu} \dots \dots \dots \text{II. 3}$$

Dans laquelle :

- ρ : la masse volumique du fluide (kg/m^3) ;
- V : la vitesse moyenne de l'écoulement (m/s) ;
- D : le diamètre de la canalisation (m) ;
- μ : la viscosité dynamique du fluide (Pa.s), liée à la viscosité cinématique τ par la relation :

$$\tau = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \dots \text{II. 4}$$

Le nombre de Reynolds exprime le rapport entre les ordres de grandeur respectifs des forces d'inertie et de frottement visqueux. Pour un écoulement donné, la valeur du nombre de Reynolds conditionne le caractère laminaire ou turbulent de l'écoulement, tel que :

- Si $\mathcal{R} \leq 2000$: Le régime est laminaire, les forces de frottement dominent dans ce type d'écoulement.
- Si $2000 < \mathcal{R} < 4000$: Le régime est incertain, mais, s'il est turbulent à un certain instant, alors, il le restera.
- Si $\mathcal{R} \geq 4000$: Le régime est turbulent, les forces d'inerties dominent.

III.2. Le débitmètre massique Coriolis FCM2000

III.2.a. Description de l'effet Coriolis [1]

On établit en mécanique qu'une masse m de vitesse relative \vec{V}_r par rapport à un système lui-même entraîné par un mouvement de rotation \vec{W} est soumise à une force \vec{F}_c dite de Coriolis et d'expression :

$$\vec{F}_c = 2 m \vec{W} \wedge \vec{V}_r \dots \dots \dots \text{II. 5}$$

Le fluide dont on veut mesurer le débit massique Q_m parcourt à la vitesse \vec{V}_r un tube de mesure en forme de U (figure II.4) ; ce tube est mis en oscillation autour d'un axe OO' perpendiculaire aux branches du U: sa vitesse angulaire instantanée est \vec{W} .

Soient :

- ρ : la masse volumique du fluide ;
- S : la section du U ;
- L : la longueur d'une branche du U ;
- d : l'écartement des branches du U.

On établit aisément les expressions suivantes :

- Le débit massique :

$$Q_m = \rho S V_r \dots \dots \dots \text{II. 6}$$

- La masse contenue dans une branche du U :

$$m = \rho S L \dots \dots \dots \text{II. 7}$$

- La force de Coriolis sur une branche du U :

$$F_c = 2 \rho S L W V_r = 2 Q_m L W \dots \dots \dots \text{II. 8}$$

- Le couple formé par les forces de Coriolis agissant sur le fluide dans deux branches du U (vitesse V_r et $-V_r$) :

$$\Gamma_c = 2 Q_m W L d \dots \dots \dots \text{II. 9}$$

Sous l'effet du couple Γ_c dû aux forces de Coriolis, les deux branches du U subissent une torsion θ , équilibrée par le couple de rappel élastique :

$$\Gamma_e = k \theta \dots \dots \dots \text{II. 10} \text{ (k étant une constante)}$$

On en déduit à l'équilibre :

$$\theta = \frac{2 Q_m W L d}{k} \dots \dots \dots \text{II. 11}$$

soit :

$$Q_m = \frac{k \theta}{2 W L d} \dots \dots \dots \text{II. 12}$$

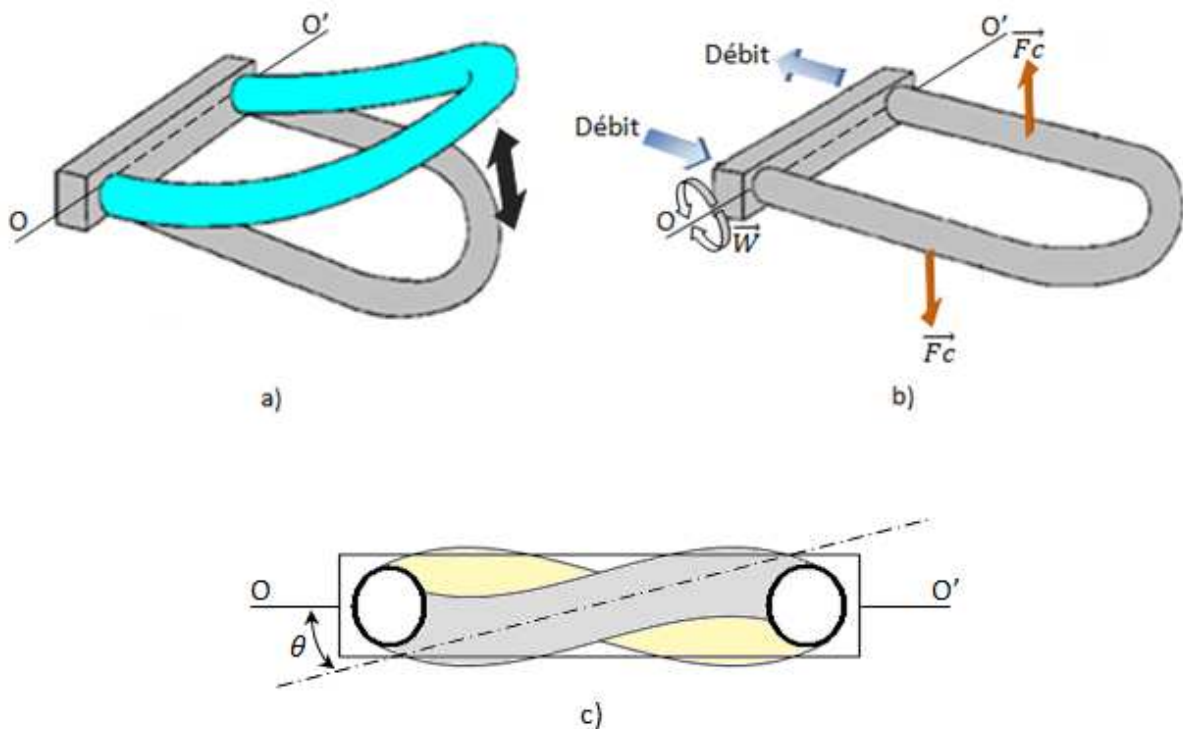


Figure II.4 - Débitmètre massique à force de Coriolis : a) Oscillation imposée au conduit de mesure ; b) Direction des forces de Coriolis ; c) Oscillation de torsion résultante.

III.2.b. Principe de fonctionnement [11]

Le débitmètre massique de la gamme ABB Automation Products fonctionne selon le principe de Coriolis. Le FCM2000 utilise des tubes de mesure parallèles classiques et se caractérise, en particulier, par un gain d'espace et une conception robuste.

Le passage d'une masse dans un tube vibrant génère des forces de Coriolis entraînant la courbure et la torsion du tube. Ces déformations infimes du tube sont mesurées par des capteurs placés en des points stratégiques, puis sont évaluées de manière électronique. Le déphasage mesuré des signaux des capteurs étant proportionnel au débit massique, le débitmètre massique de Coriolis mesure directement le débit massique. Le principe de mesure

est indépendant de la masse volumique, de la température, de la viscosité, de la pression et de la conductivité du fluide.

Les tubes de mesure vibrent toujours à leur fréquence de résonance. Cette fréquence de résonance, dans les conditions de service, dépend de la géométrie des tubes de mesure, des caractéristiques des matériaux du débitmètre et de la masse de fluide présente dans les tubes de mesure vibrants. Elle fournit une valeur précise de la masse volumique du fluide mesurée.

Un capteur de température intégré permet de mesurer la température du fluide et de corriger les paramètres de l'instrument dépendant de la température. En résumé, le débitmètre massique de Coriolis peut être utilisé pour mesurer simultanément le débit massique, la masse volumique et la température du fluide. D'autres valeurs de mesures peuvent découler de ces valeurs, comme, par exemple, le débit volumique ou la concentration.

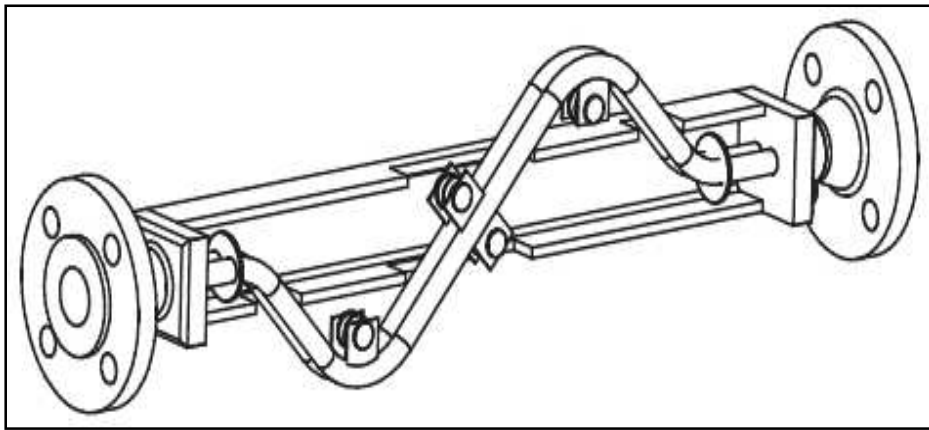


Figure II.5 - Débitmètre massique de Coriolis ; modèle FCM2000 avec tubes parallèles.

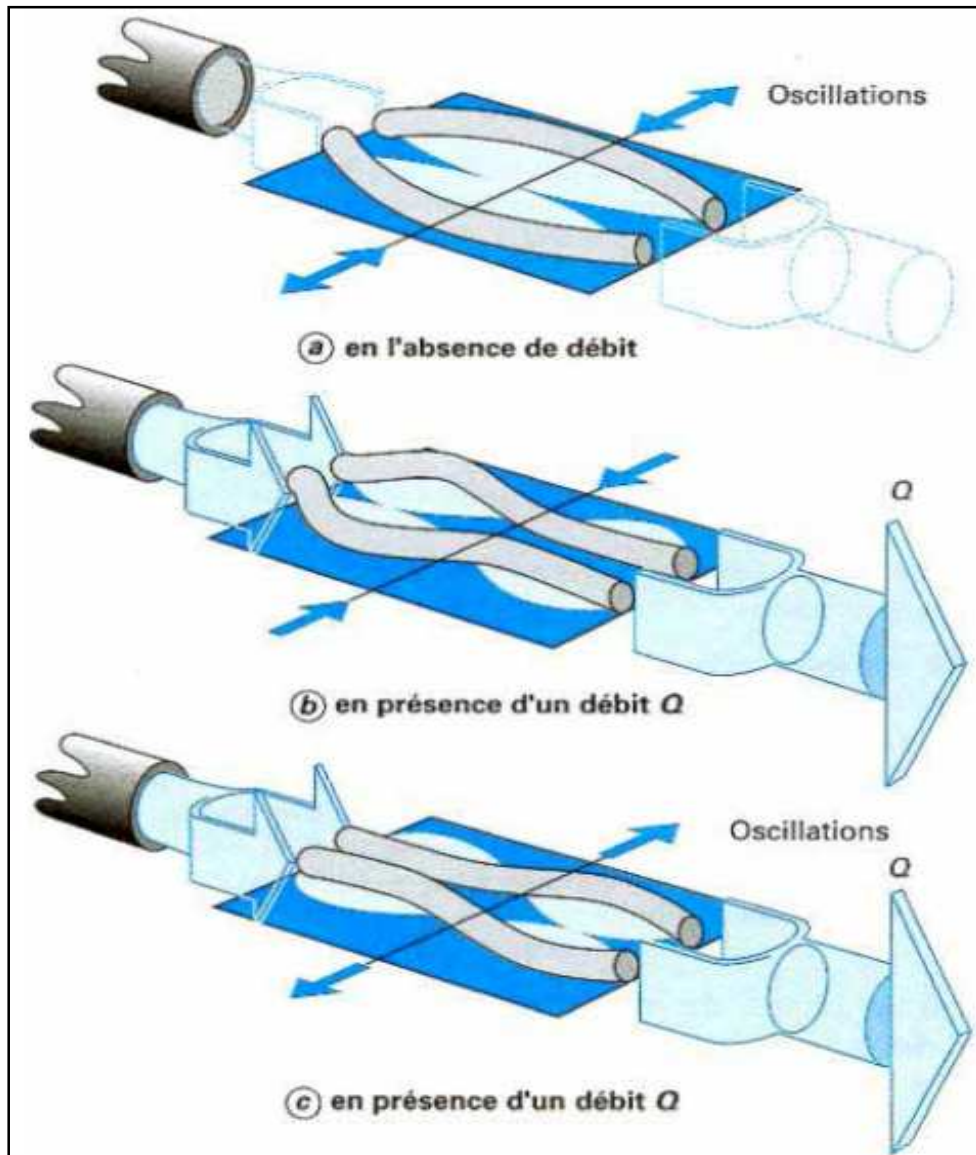


Figure II.6 - Représentation simplifiée des forces de Coriolis.

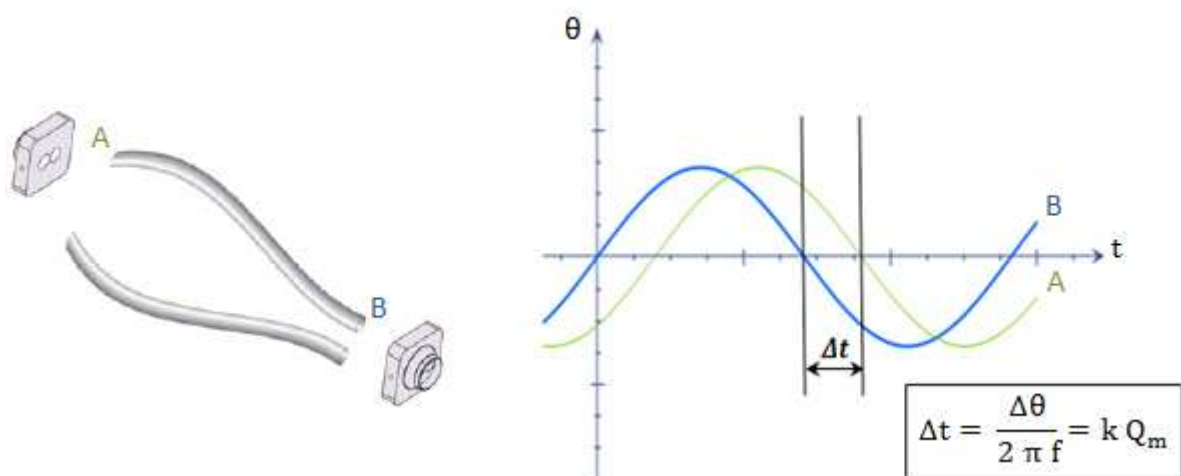


Figure II.7 - Signaux de déformation délivrés par les capteurs A et B placés aux extrémités du tube, avec un déphasage de Δt proportionnel au débit massique.

III.2.c. Exigences d'installation [11]

Les points essentiels à prendre en compte lors de l'installation sont :

- Le primaire du débitmètre est bidirectionnel mais le sens d'écoulement préféré est indiqué par une flèche sur ce dernier.
- Le FCM2000 fonctionne dans toutes les positions. L'orientation optimale de l'installation est verticale avec un sens d'écoulement vers le haut comme indiqué à la figure II.8. Ainsi, tous les solides contenus dans le fluide vont se déposer en bas et toutes les bulles de gaz vont sortir par le haut du tube de mesure lorsque le débit est nul. En outre, il est facile de vidanger le tube de mesure.

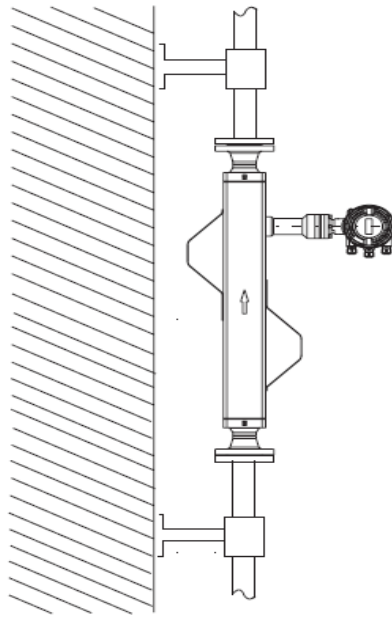


Figure II.8 - Installation verticale, auto-vidange (écoulement vers le haut).

- Le débitmètre ne nécessite pas de longueurs droites en amont pour le conditionnement du débit.

III.2.d. Réglage de la valeur zéro [11]

Pour régler le zéro dans les conditions de service, il faut pouvoir réduire le débit à zéro tout en laissant le tube de mesure complètement rempli. Afin d'éviter l'arrêt de la production pour un éventuel démontage, il est préconisé d'installer un système Bypass (une conduite de dérivation). Il est important qu'aucune bulle de gaz ne soit présente dans le primaire du débitmètre lors du réglage du zéro pour garantir la précision des mesures.

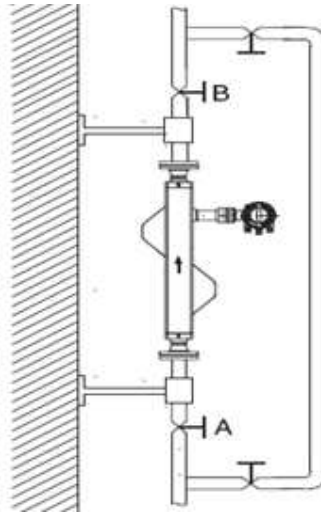


Figure II.9 - Réglage de la valeur zéro.

III.3. Débitmètre électromagnétique

Dans la chaîne de mesure, on a utilisé deux types de débitmètre électromagnétique (FXE4000 et COPA-XL) dont le principe de fonctionnement est identique. On se contente d'illustrer l'un d'eux, par exemple le FXE4000.

III.3.a. Loi d'induction de Faraday [1]

Lorsqu'un conducteur se déplace dans un champ d'induction fixe, il est le siège d'une force électromotrice (f.é.m.) proportionnelle au flux coupé par unité de temps donc à sa vitesse de déplacement. Si l'on considère, pendant la durée dt , le mouvement de translation dans un champ d'induction \vec{B} d'un segment conducteur M_1M_2 de longueur ℓ faisant un angle θ avec sa vitesse \vec{U} , on peut écrire :

- La surface coupée :

$$dS_c = \ell U \sin\theta dt \dots \dots \dots \text{II. 13}$$

ou sous forme vectorielle :

$$\vec{dS}_c = \vec{\ell} \wedge \vec{U} dt \dots \dots \dots \text{II. 14}$$

$$\text{où } \vec{\ell} = \overrightarrow{M_1M_2}$$

- Le flux coupé :

$$d\varphi_c = \vec{B} \cdot \vec{dS}_c = \|\vec{B}\| \|\vec{dS}_c\| \cos\alpha \dots \dots \dots \text{II. 15}$$

- La f.é.m. induite :

$$e = -\frac{d\phi_c}{dt} = \vec{B} (\vec{U} \wedge \vec{\ell}) \dots \dots \dots \text{II. 16}$$

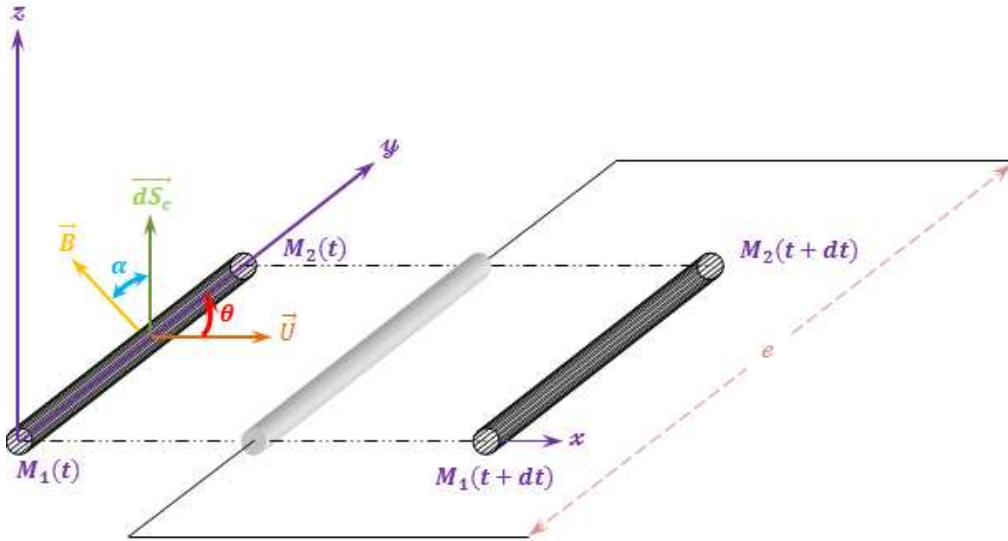


Figure II.10 - Déplacement d'un segment conducteur dans un champ d'induction magnétique.

III.3.b. Principe de mesure [12]

La base de la débitmétrie électromagnétique repose sur la loi d'induction de Faraday. Ce principe s'applique au débit d'un fluide conducteur s'écoulant dans le tube d'un appareil de mesure à travers lequel un champ magnétique est généré perpendiculairement à la direction du débit. La tension induite dans le fluide est mesurée par deux électrodes diamétralement opposées (voir la figure II.11).

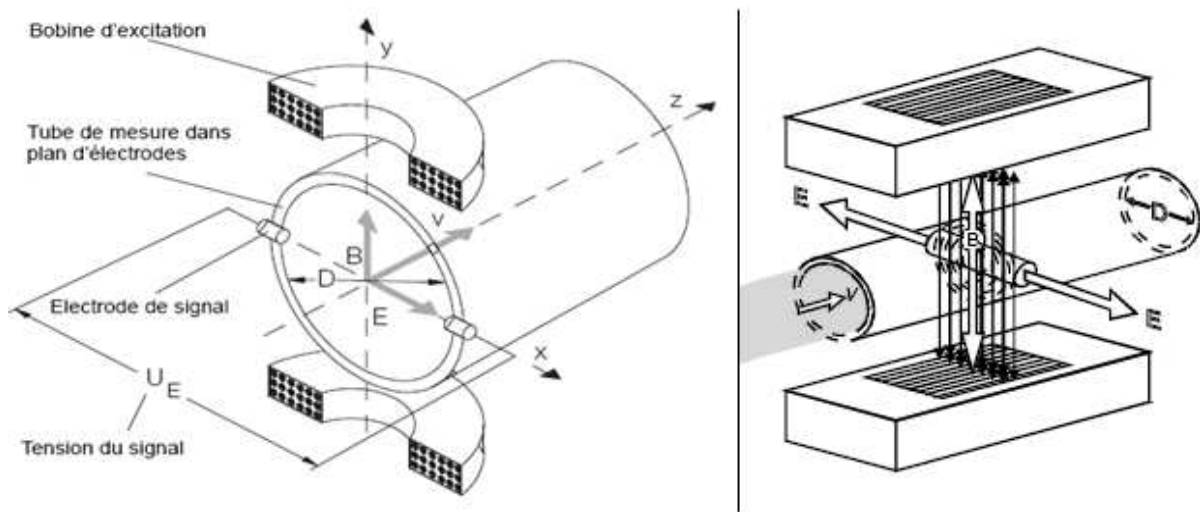


Figure II.11 - Représentations schématiques d'un débitmètre électromagnétique.

D'une part, l'analogie avec les résultats donnés par Faraday en prenant le conducteur comme étant le fluide lui-même, de longueur D , nous conduit au résultat suivant :

$$U_E \approx D B v \dots \dots \dots \text{II. 17}$$

sachant que :

- U_E : la tension du signal ;
- D : l'espacement des électrodes ou simplement le diamètre du tube ;
- B : l'induction magnétique ;
- v : la vitesse moyenne du liquide.

D'autre part, l'expression du débit volumique est :

$$Q_v = \frac{D^2 \pi}{4} v \dots \dots \dots \text{II. 18}$$

Puisque la densité du flux magnétique B et l'espacement des électrodes D sont des valeurs constantes, il est évident qu'une proportionnalité existe entre la tension du signal U_E et la vitesse moyenne du fluide v . Selon l'équation du débit volumique, la tension du signal est aussi linéairement proportionnelle au débit volumique ($U_E \sim Q_v$).

III.3.c. Exigences d'installation [2][12]

✚ *Longueurs droites amont et aval* : Nous avons constaté que dans la plupart des installations, les longueurs droites exigées, afin de ne pas perturber la linéarité de l'écoulement du fluide sont :

- $3 \times D$ en amont ($D =$ diamètre du primaire du débitmètre) ;
- $2 \times D$ en aval.

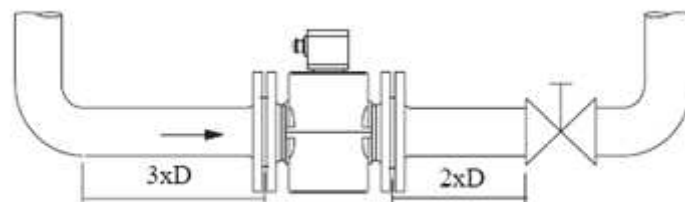


Figure II.12 - Longueurs droites amont et aval.

✚ *La position des électrodes* : Le débitmètre peut être installé dans différentes positions de canalisation. Il est commode d'avoir l'axe de l'électrode horizontalement au sens d'écoulement du fluide car le flux est maximal quand la surface est perpendiculaire aux lignes et nul quand elle leur est parallèle.

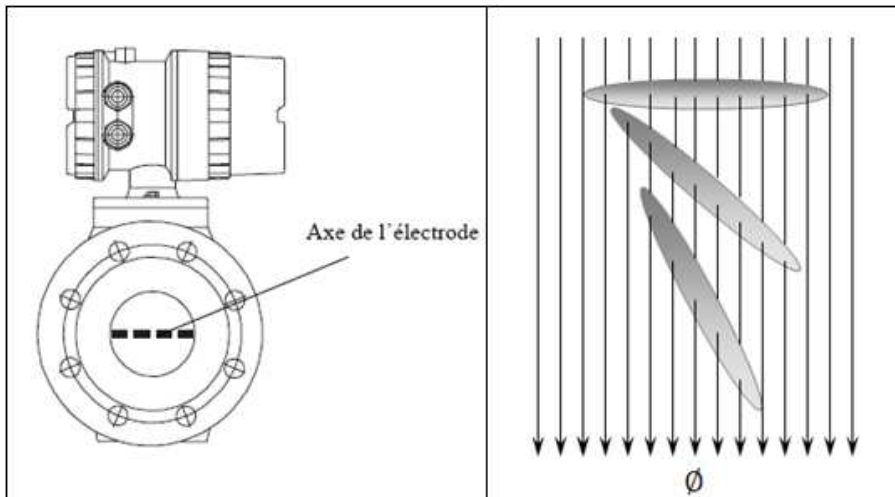


Figure II.13 - Axe de l'électrode.

✚ *Mise à la terre* : La mise à la terre est essentielle en matière de sécurité et aussi pour le bon fonctionnement du débitmètre électromagnétique. Les vis de terre du primaire du débitmètre doivent être connectées au potentiel de terre. Pour des raisons techniques, ce potentiel de terre doit être identique au potentiel du fluide.

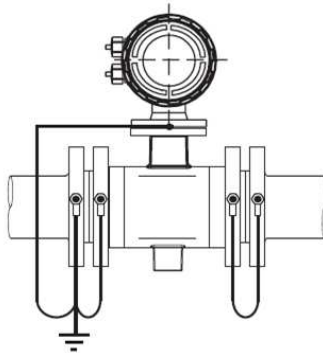


Figure II.14 - Mise à la terre du débitmètre.

III.4. Le débitmètre à turbine Faure Herman (TZN 40-15) [13]

III.4.a. Présentation

Les débitmètres de la famille TZN sont conçus pour mesurer les volumes de liquide de faible à forte viscosité. Le débitmètre à turbine Faure Herman est un compteur à turbine de type à rotor hélicoïdal et à tranquilliseur d'écoulement entièrement intégré dans le corps du compteur. Le débitmètre comporte une chambre de mesure amovible qui contient le tube étalonné, les supports de paliers, les arbres, les manchons et les rotors hélicoïdaux (voir la figure II.15). Cette chambre de mesure porte un nombre important de valeurs ajoutées à l'utilisateur :

- Possibilité de calibrer ou de réparer indépendamment ;
- Maintien de la précision de mesure quelle que soit la pression de ligne ;
- Réduction des coûts de maintenance.

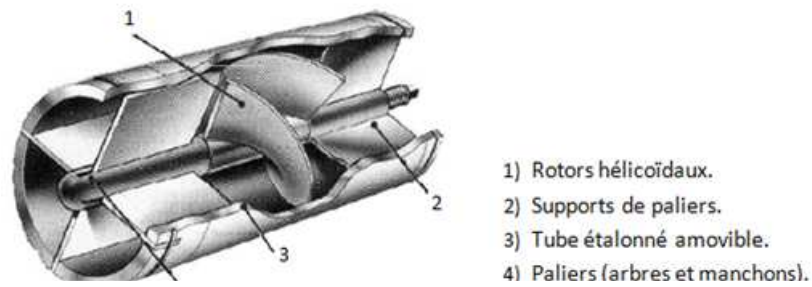


Figure II.15 - Chambre de mesure amovible.

Les débitmètres à turbine sont équipés de deux capteurs électromagnétiques qui engendrent deux trains d'impulsions déphasés.

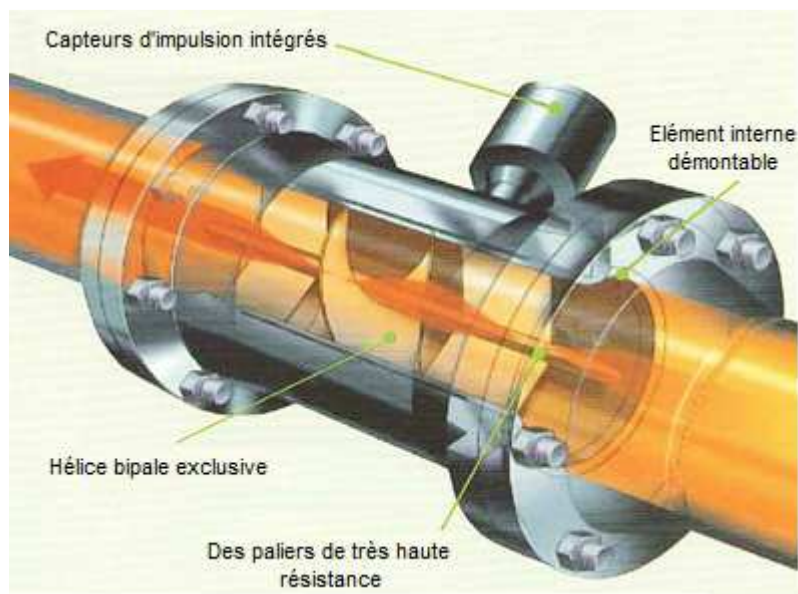


Figure II.16 - Structure interne simplifiée du débitmètre à turbine.

III.4.b. Principe de fonctionnement

L'hélice hélicoïdale monobloc constitue toute l'originalité de la conception. L'écoulement des fluides à travers les débitmètres TZN entraîne la rotation de l'hélice à une vitesse directement proportionnelle à celle de l'écoulement, chaque rotation correspondant à un volume précis et constant.

Les aimants sur le rotor provoquent des impulsions électriques dans un solénoïde adjacent. Ces impulsions sont ensuite traitées par un convertisseur électrique dont la mesure de fréquence du signal électrique généré permet de calculer le débit de liquide à travers la canalisation au moyen de l'expression :

$$Q = \frac{f}{K} 3600 \dots \dots \dots \text{II. 19}$$

avec :

- Q : le débit instantané (m³/h) ;
- f : la fréquence du signal (Hz) ;
- K : le facteur de mesure relatif au sous-ensemble, déterminé et relevé pendant la calibration en usine ou sur site (imp./m²).

La mesure des impulsions générées par la bobine permet de calculer le volume transporté entre deux impulsions périodiques donné au moyen de l'expression :

$$V = \frac{N}{K} \dots \dots \dots \text{II. 20}$$

avec :

- V : le volume totalisé ;
- N : le nombre d'impulsions totalisé.

IV. La vanne à positionneur intelligent (TZID-C) [14]

IV.1. Présentation

Le positionneur TZID-C est un appareil intelligent, configurable et communicant, se montant sur toutes les vannes et vérins pneumatiques. Le TZID-C se distingue par sa construction compacte et de petite taille, son principe modulaire et son excellent rapport de performance, le rendant parfaitement adapté à l'utilisation en zone dangereuses grâce à la fois à son enveloppe antidéflagrante et à sa capacité d'adaptation à toutes les vannes courantes linéaires et rotatives du marché. Il est conçu pour obtenir des résultats optimisés et une haute sécurité de fonctionnement. La mise en service et le réglage des paramètres nécessaires pour atteindre ce but sont effectués d'une manière automatique (autoréglage) ou de manière manuelle.

La vanne est constituée de deux éléments principaux :

✚ *Le servomoteur* : C'est l'élément qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne.

✚ *Le corps de vanne* : C'est l'élément qui assure le réglage du débit.

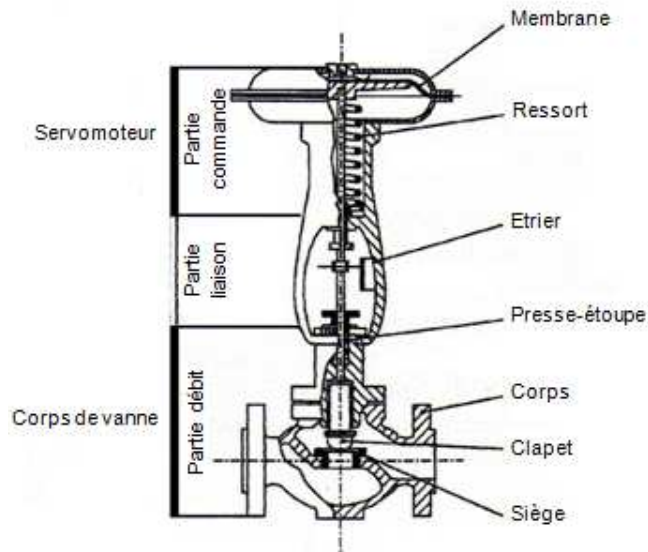


Figure II.17 - Schéma d'une vanne.

IV.2. Principe de fonctionnement

L'unité centrale (CPU) est le centre fonctionnel du TZID-C. Les composants mécaniques et pneumatiques ne remplissent que des fonctions secondaires. Le signal d'entrée (consigne) et la mesure de position (mesure) sont scrutés toutes les 20 ms et envoyés vers un convertisseur analogique/numérique (A/N) de 4000 points permettant ainsi un traitement rapide et précis des données.

Le programme général comprend une routine d'autoréglage pour l'ajustement automatique de l'appareil sur l'actionneur et une régulation auto adaptative qui permet un contrôle optimal de la position quelque soit les conditions de service (variation de pression d'alimentation par exemple). L'actionneur pneumatique (servomoteur) est piloté par un module I/P avec un distributeur 3/3. Le signal électrique venant de la CPU est proportionnellement converti en un signal pneumatique qui ajuste le distributeur. Lors du fonctionnement, ce dernier est en commutation permanente, ce qui engendre la compression ou la décompression de l'actionneur proportionnel. Une fois que la consigne est atteinte, la vanne à 3 voies se trouve en position neutre (débit d'air quasi nul). Le paramétrage, la mise en service et l'observation peuvent aussi être effectués à distance via le port de communication et un ordinateur. Cette communication est basée sur le protocole HART. On peut réaliser une connexion locale ou a longue distance avec une liaison 4-20 mA.

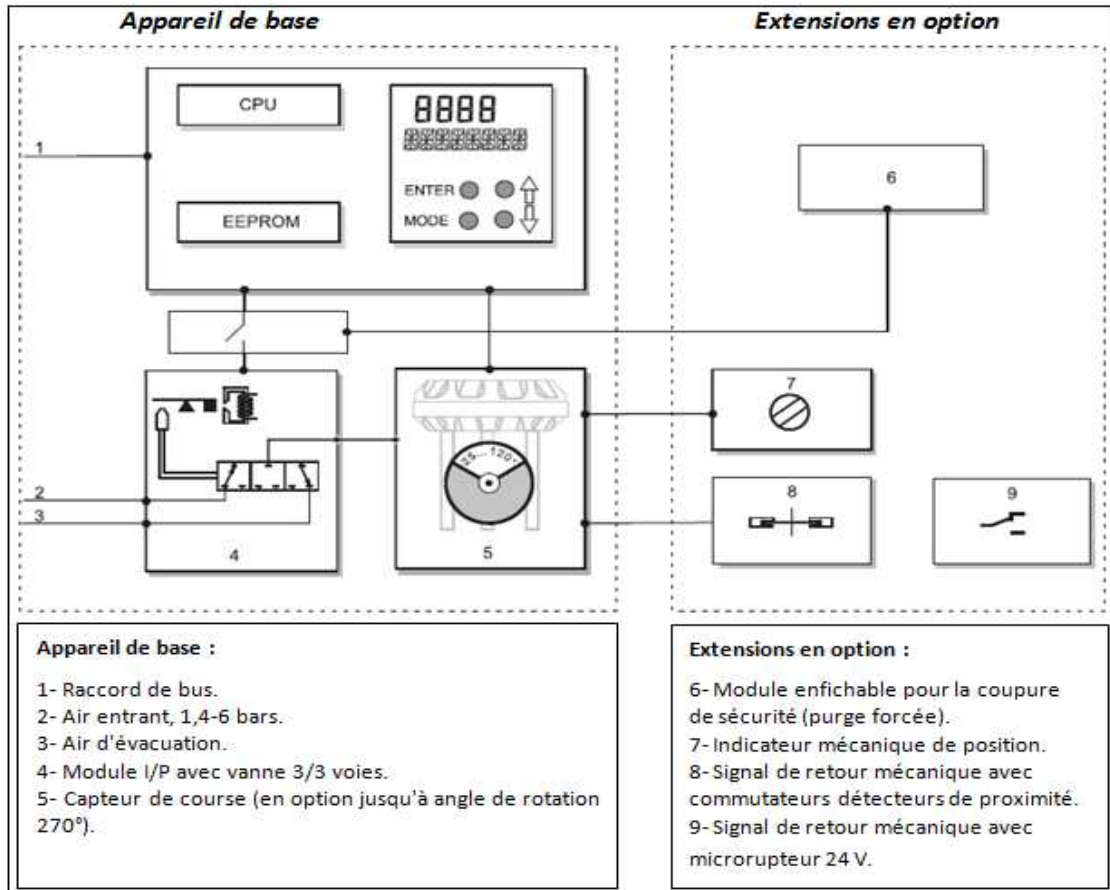


Figure II.18 - Représentation schématique du positionneur intelligent TZIDC-120.

V. L'Automate Programmable Industriel (API) [6]

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour commander au moyen d'entrées et de sorties analogiques, numériques ou Tout ou Rien divers types de machines ou de processus.

A partir de cette définition, nous distinguerons dans les fonctions que l'automate doit remplir :

- Un rôle de commande où il est un composant d'automatisme, élaborant des actions, suivant une algorithmique appropriée, à partir des informations que lui fournissent des détecteurs (Tout ou Rien) ou des capteurs (analogiques ou numériques) ;
- Un rôle de communication dans le cadre de la production, soit avec des opérateurs humains ou avec d'autres processeurs.

L'automate représenté sur le synoptique de la figure II.1 est conçu par ABB (Asea Brown Boveri). Les détails de ce dernier sont développés dans le chapitre III.

VI. Le calculateur-indicateur FH6200

Le dispositif calculateur-indicateur électronique Faure Herman type FH6200 se présente sous la forme d'un coffret métallique dans lequel est intégrée une unité électronique de calcul. Ce dispositif peut être installé sur une baie industrielle ou une armoire dans un local technique.

Les fonctions essentielles du dispositif sont les suivantes :

- Acquisition et traitement des impulsions en provenance d'un mesureur de manière simultanée.
- Acquisition et traitement du signal en provenance d'un transducteur de température, pression et masse volumique.
- Calcul et affichage des volumes de liquide (volumes partiels et totaux).
- Surveillance de l'écart électronique entre deux voies d'impulsions d'un même mesureur.
- Mémorisation des données relatives à la transaction.

VII. La pompe

VII. 1. Définition

La principale caractéristique de la pompe centrifuge consiste à convertir l'énergie d'une source de mouvement (le moteur) d'abord en vitesse (ou énergie cinétique), puis en énergie de pression. Le rôle d'une pompe consiste en effet, à donner de l'énergie au liquide pompé qui sera transformée ensuite en débit.

VII. 2. Principe de fonctionnement

Ces pompes utilisent l'effet centrifuge pour déplacer le liquide et augmenter sa pression. La roue est placée dans une enceinte (le corps de pompe) possédant deux ou plusieurs orifices, le premier dans l'axe de rotation (aspiration), le second perpendiculaire à l'axe de rotation (refoulement).

Le liquide pris entre deux aubes se trouve contraint de tourner avec celle-ci, la force centrifuge repousse alors la masse du liquide vers l'extérieur de la roue où la seule sortie possible sera l'orifice de refoulement. L'énergie du fluide est donc celle provenant de la force centrifuge.



Figure II.19 - Coupe d'une pompe centrifuge.

VII. 3. Eléments de base pour le calcul et le choix des pompes

Une pompe centrifuge est le cœur même d'un système de pompage. Son type et sa conception varient selon l'application et le fabricant. Cependant, dans de nombreux cas, le choix d'une pompe est guidé par le fluide à pomper, la conception du système et l'application.

On site les critères suivants :

- ✚ *Calcul des pertes de charge* : Dans la pratique, la détermination des pertes de charge se fait à l'aide de tableaux ou d'abaques.

- ✚ *Hauteur maximale d'aspiration* : C'est la dépression ou l'aspiration créée par la turbine qui fait monter l'eau.

- ✚ *Densité du fluide* : La densité est un facteur important à considérer lors du dimensionnement d'une pompe. La densité d'un liquide peut affecter la pression de sortie d'une pompe. Sur une hauteur verticale identique, un liquide plus lourd que l'eau exige une plus grande force pour véhiculer le fluide.

- ✚ Satisfaire le débit à assurer.

VII. 4. Commande de la mise en marche et l'arrêt de la pompe

La pompe est reliée au réseau par un certain nombre de dispositifs de sécurité et de commande. Le démarreur automatique se divise essentiellement en trois parties :

- ✚ *Un sectionneur* : Appareil électromécanique permettant de séparer, de façon visible, un circuit électrique en aval de son alimentation et qui assure en position ouverte une possibilité d'effectuer des opérations de maintenance ou de modification sur les circuits électriques en toute sécurité.

- ✚ *Un contacteur* : Appareil électrotechnique destiné à établir ou interrompre le passage du courant, à partir d'une commande électrique émise par l'automate. Il a la même fonction qu'un relais électromécanique, avec la différence que ses contacts sont prévus pour supporter un courant beaucoup plus important.

✚ *Un relais thermique* : Appareil de protection contre les surcharges.

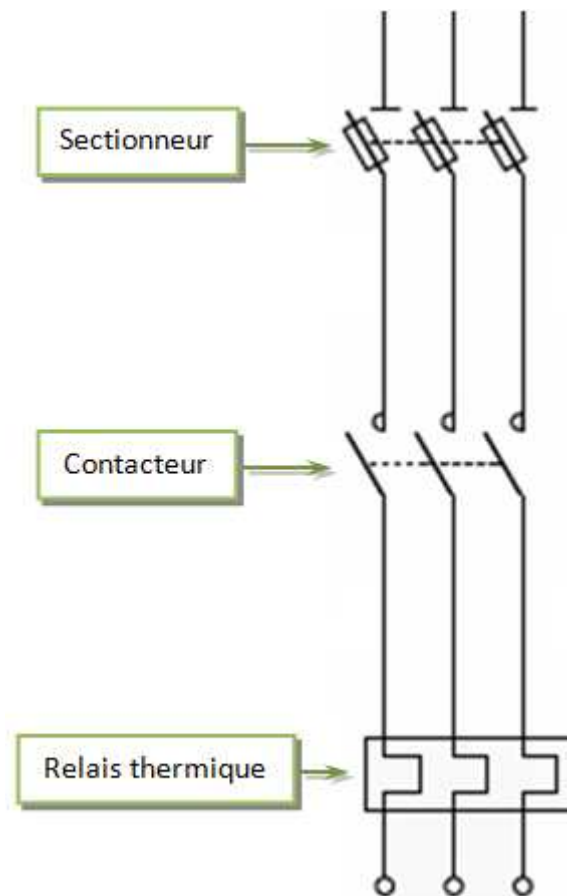


Figure II.20 - Circuit de puissance de la pompe.

VIII. Conclusion

La disposition en série des débitmètres assure d'une part, l'aisance de situer l'appareil endommagé, cela par un simple programme incorporé dans l'automate qui effectue une comparaison de signaux ; voire même avec le logiciel de supervision WebAccess qu'on verra dans le chapitre V. Selon les exigences du cahier des charges, si l'écart dépasse le seuil de fonctionnement nominal, une lampe s'allumera sur l'écran du PC superviseur, à titre informatif, afin de vérifier l'état des instruments de mesure. D'autre part, cela facilite l'étalonnage des débitmètres par comparaison dans le but d'avoir des mesures précises.

Chapitre III

Description de l'automate
programmable ABB AC 31 série 50

I. Introduction

L'Automate Programmable Industriel (API) est aujourd'hui le constituant de base de la plupart des automatismes. Apparu vers les années soixante-dix, à la demande des constructeurs d'automobiles qui souhaitaient augmenter leur productivité avec un moindre coût, il s'est répandu par la suite dans tous les secteurs de l'industrie grâce à ses multiples avantages. Tous les API, qu'ils soient de la firme ABB, TOSHIBA, ALLEN BRADLEY, etc ... sont essentiellement semblables dans leur structure de base et leur but général. Si différence il y a, c'est au niveau de leur puissance de travail, dimensions physiques, programmation et de leur prix, mais ce sont là des critères qui évoluent très rapidement avec le temps et selon le besoin de la manufacture.

Ce chapitre permet d'une part, de présenter l'architecture et les composants de base des API et d'autre part, de se familiariser avec l'automate ABB, depuis la structure d'ensemble jusqu'aux règles de fonctionnement et de configuration de l'unité centrale série 50.

II. Architecture des automates [3][4][6]

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur la figure III.1.

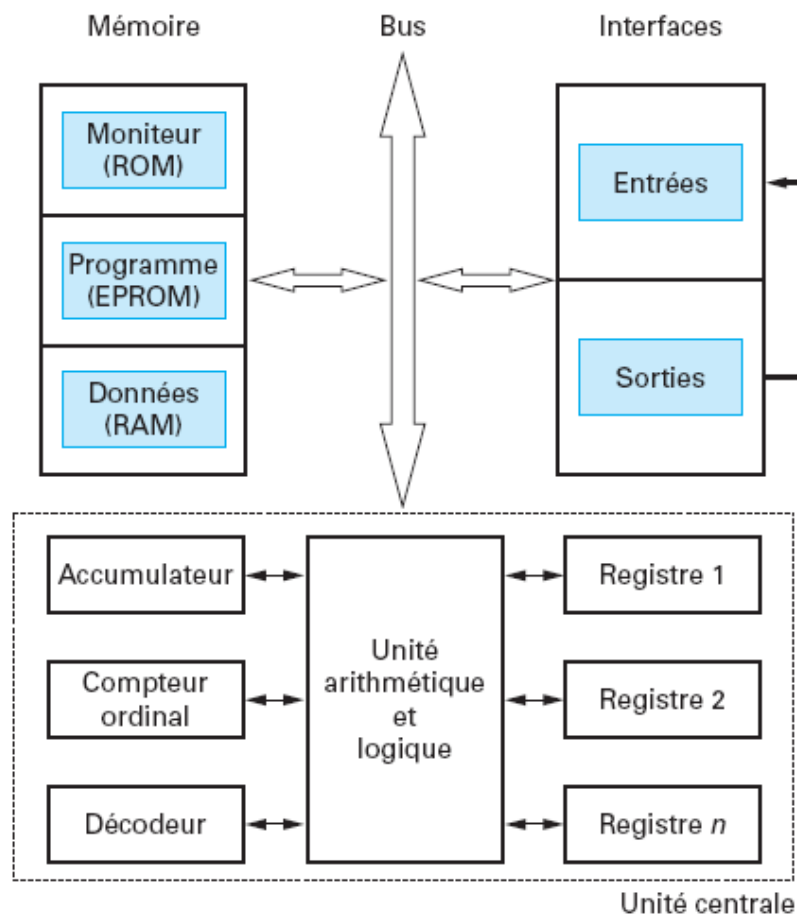


Figure III.1 - Architecture d'un API.

✚ *Unité centrale* : L'unité centrale (UC) est une carte électronique bâtie autour de la (ou des) puce(s) processeur(s). A base de microprocesseur, elle exécute un certain nombre d'opérations telles que :

- La recherche des instructions et des données en mémoire.
- Le transfert des données vers et à partir des mémoires et des circuits d'E/S.
- Le décodage des instructions.

Le microprocesseur est généralement constitué de trois parties :

- **Unité de contrôle** : Sa fonction est de rechercher les instructions en mémoire, les décoder et générer les signaux de commande nécessaires à l'exécution des instructions.
- **Unité arithmétique et logique** : Elle exécute sur les données aussi bien des opérations arithmétiques telles que l'addition, la soustraction, l'incrément, la décrémentation, le décalage, que des opérations logiques telles que AND, OR et XOR.
- **Les registres** : L'un des plus importants registres est le compteur programme, appelé aussi compteur ordinal. Il contient en permanence l'adresse de l'instruction en cours d'exécution ou la suivante, pour accélérer sa recherche. Son évolution est automatique : incrément de +1 à la fin de l'instruction, sauf en cas d'instruction de saut où l'adresse de la nouvelle instruction lui est imposée. Un autre registre est utilisé pour emmagasiner les codes des instructions une fois décodées, il s'agit du registre d'instruction. L'accumulateur est utilisé dans toutes les opérations arithmétiques et logiques. Comme son nom l'indique, il accumule les résultats des opérations arithmétiques et logiques.

✚ *Modules d'E/S* : Ils assurent le rôle d'interface de la Partie Commande (PC) dans le schéma classique de la figure III.2, qui distingue une Partie Opérative (PO), où les actionneurs agissent physiquement sur le processus, et une PC qui récupère l'état du processus à travers des capteurs (sous forme d'un signal électrique) via une interface d'entrées, coordonnant en conséquence les actions (via l'interface de sorties) pour atteindre les objectifs prescrits (matérialisés par des consignes).

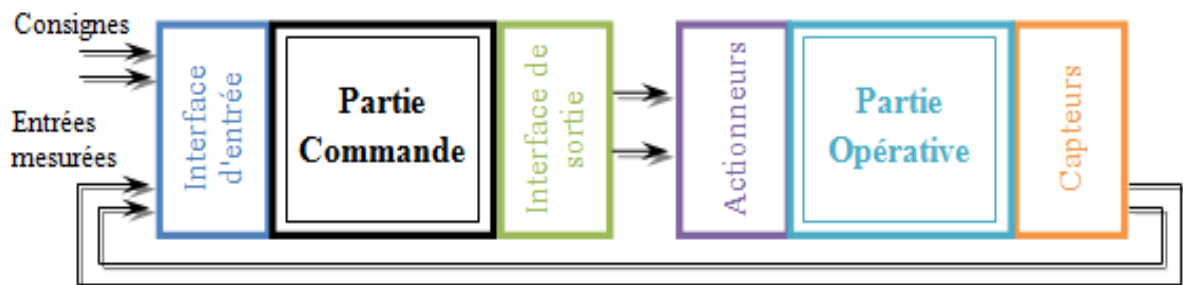


Figure III.2 - Partie opérative et partie commande.

✚ *Bus* : Il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.

🚩 *Mémoire* : Elle permet de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM). Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, d'une manière générale, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires type PCMCIA.

III. L'automate programmable ABB 07KR51 (AC 31 Série 50) [4][15]

Dans le cadre de notre projet, nous avons utilisé un automate du type ABB série 50. La figure ci-dessous représente le module principal de l'API 07KR51 avec un module d'extension.

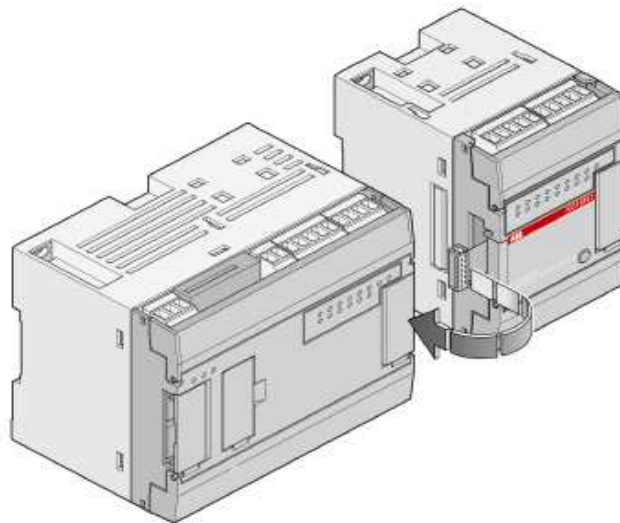


Figure III.3 - Module principal de l'API 07KR51 avec un module d'extension.

III.1. Description de l'automate 07KR51

L'automate programmable ABB 07KR51 intègre un nombre spécifique d'E/S, uniquement 8 entrées binaires et 6 sorties relais. L'insuffisance de ces derniers est compensée par une possibilité d'ajouter des boîtiers d'extension :

- Directement raccordées à l'UC (voir la figure III.4) ;
- Des boîtiers déportés via la paire torsadée CS 31. Dans ce cas, l'UC qui contrôle le système est appelée *unité centrale maître*, gérant jusqu'à 31 points de connexion nommés *esclaves* (voir la figure III.5).

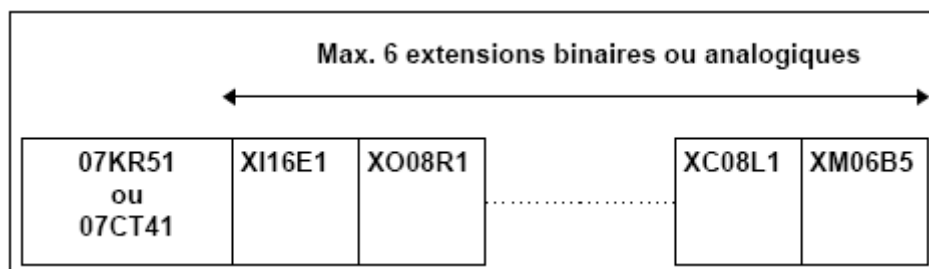


Figure III.4 - UC avec extensions.

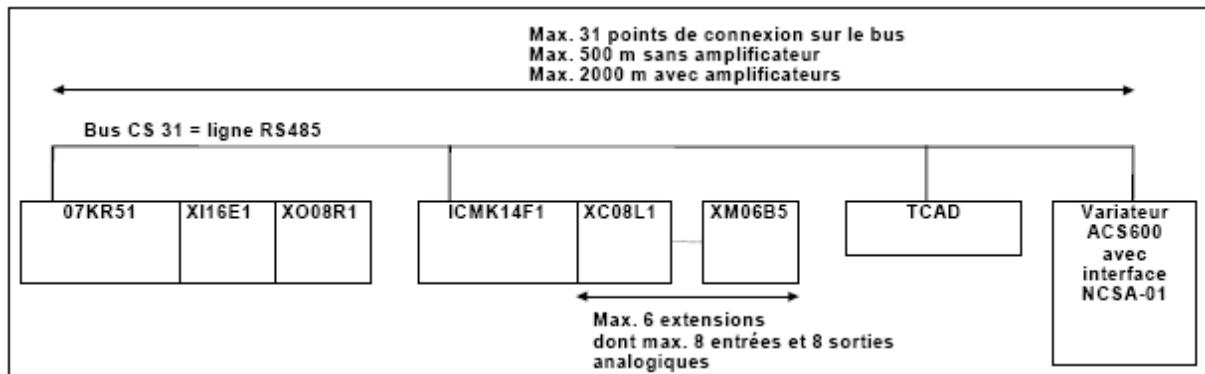


Figure III.5 - UC avec extensions et bus CS 31.

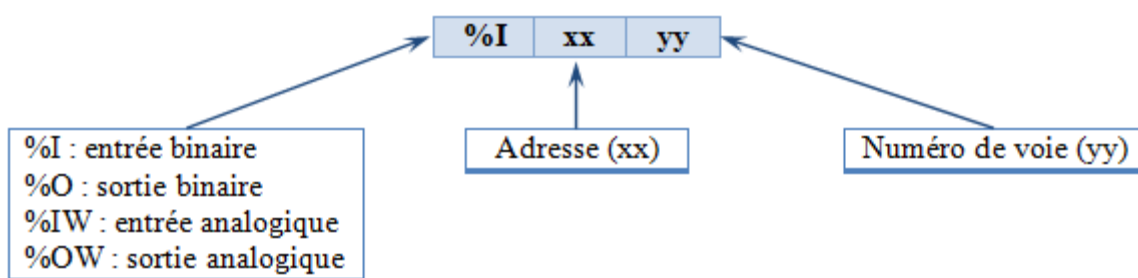
Depuis la machine compacte équipée de quelques fonctions d'automatisme simples jusqu'aux installations étendues sur plusieurs centaines de mètres, voire des kilomètres, l'automate programmable peut communiquer avec chaque composant (boîtier d'E/S, UC, etc.) placé au plus près des capteurs et actionneurs. L'ensemble est relié par un seul bus où toutes les informations provenant des capteurs et les commandes des actionneurs (après traitement dans l'UC) transitent.

III.2. Adressage de l'automate et de ses différents modules

Les E/S d'un boîtier AC 31 sont définies par :

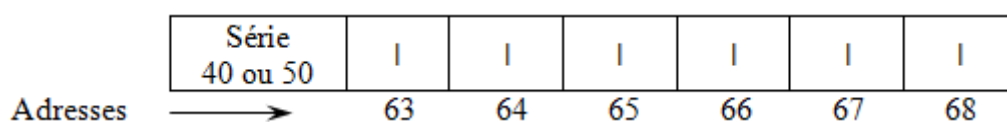
- Leur type (entrée ou sortie, binaire ou analogique) ;
- L'adresse du boîtier ;
- Leur numéro de voie sur le boîtier.

Elles sont reconnues dans le programme de la manière suivante : %I xx.yy

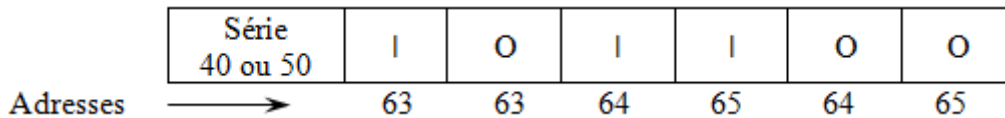


L'adresse 62 est réservée aux E/S de l'UC. Par contre, les adresses des extensions sont affectées automatiquement suivant l'ordre et le type des extensions c'est-à-dire :

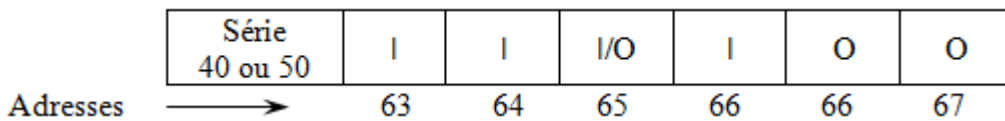
- La première extension d'entrées binaires prend l'adresse 63, la suivante est incrémentée de 1 et ainsi de suite jusqu'à 68.



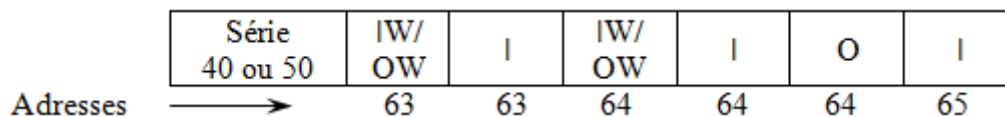
- La première extension de sorties binaires prend également l'adresse 63 et les suivantes s'incrémentent de 1 jusqu'à 68.



- Une extension d'E/S mixtes ou configurables est considérée au niveau de l'adressage comme une extension d'entrées et comme une extension de sorties. Par conséquent, l'adresse de l'extension binaire suivante, qu'elle soit d'entrées ou de sorties, est incrémentée de 1.



- L'adresse de la première extension analogique démarre également à 63 et les suivantes sont incrémentées de 1 jusqu'à 68.



Pour le cas des extensions avec bus CS 31, l'UC maître ainsi que les boîtiers déportés peuvent être placés indifféremment sur le bus. L'adressage n'est pas fonction de l'ordre des esclaves, ils peuvent avoir des adresses entre 0 et 61.

III.3. Fonctionnement de l'UC

III.3.a. Schéma fonctionnel

L'espace mémoire de l'UC se décompose en deux espaces distincts :

- Une mémoire SRAM où sont chargés le programme utilisateur et les données.
- Une mémoire Flash EPROM qui contient :
 - Le programme utilisateur (chargé de la SRAM) ;
 - Les données de configuration ;
 - Le programme système protégé contre les accès à partir du programme utilisateur.

En outre, un accumulateur intégré permet la sauvegarde des variables internes en cas de chute ou de coupure de tension.

Le programme utilisateur est un ensemble de fonctions universelles conçues par le constructeur pour couvrir toutes les applications et assurer toutes les fonctions de base de l'automate. Il est développé à partir du logiciel AC31GRAF.

Après traduction en instructions compréhensibles par l'unité centrale, le programme est chargé en mode STOP ou RUN dans la SRAM, puis sauvegardé de la SRAM dans la Flash EPROM. Ainsi, à chaque démarrage du programme, le programme utilisateur sauvegardé en Flash EPROM est copié dans la SRAM pour être traité par le microprocesseur.

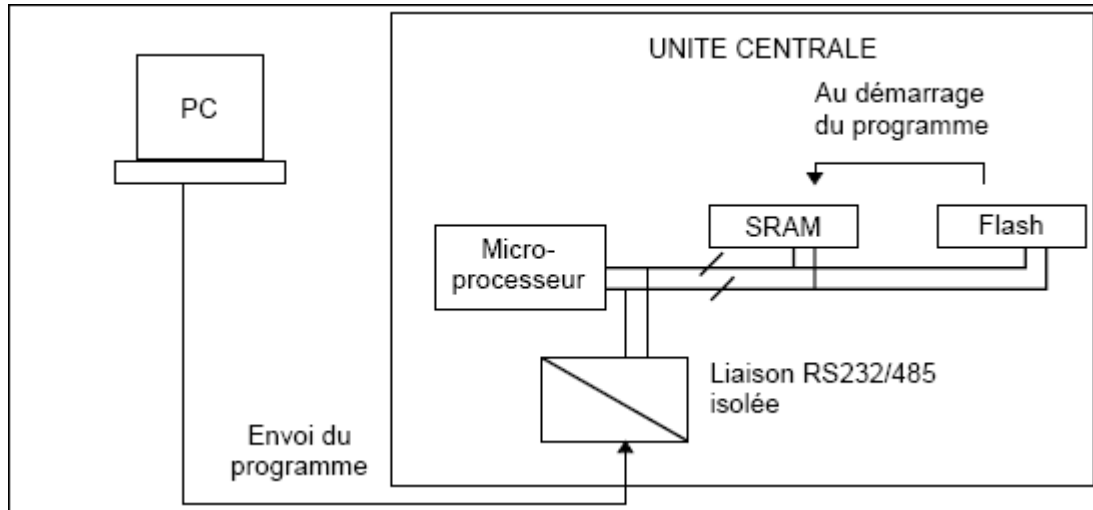


Figure III.6 - Schéma fonctionnel de l'UC.

III.3.b. Exécution du programme

Le microprocesseur de l'unité centrale assure l'exécution cyclique du système telle que décrite dans la figure III.7.



Figure III.7 - Cycle d'exécution du programme.

Le programme principal est traité séquentiellement. Il peut faire appel à 12 sous-programmes au maximum. Chaque sous-programme peut être appelé plusieurs fois dans le programme principal. Trois types d'interruptions peuvent être exécutées en parallèle du programme principal :

- Interruption périodique ;
- Interruption d'alarme déclenchée par un événement sur l'entrée I 62.03 ;
- Interruption d'alarme déclenchée par un événement sur l'entrée I 62.02.

Les interruptions sont prioritaires par rapport au déroulement du programme principal. Si les trois interruptions sont déclenchées en même temps, alors l'interruption déclenchée par I 62.03 est prioritaire sur l'interruption déclenchée par l'entrée I 62.02, qui est prioritaire sur l'interruption cyclique. Une fois lancée, une interruption ne peut pas être interrompue par une autre.

III.3.c. Configuration de l'UC

Avant d'envoyer un programme dans l'automate, il est nécessaire de s'assurer que l'UC est correctement configurée pour l'application. Un outil de configuration est disponible dans le logiciel AC31GRAF en appelant la fenêtre « *Configuration automate* » et permet d'afficher, entrer, charger, récupérer et vérifier tous les paramètres configurables de l'UC.

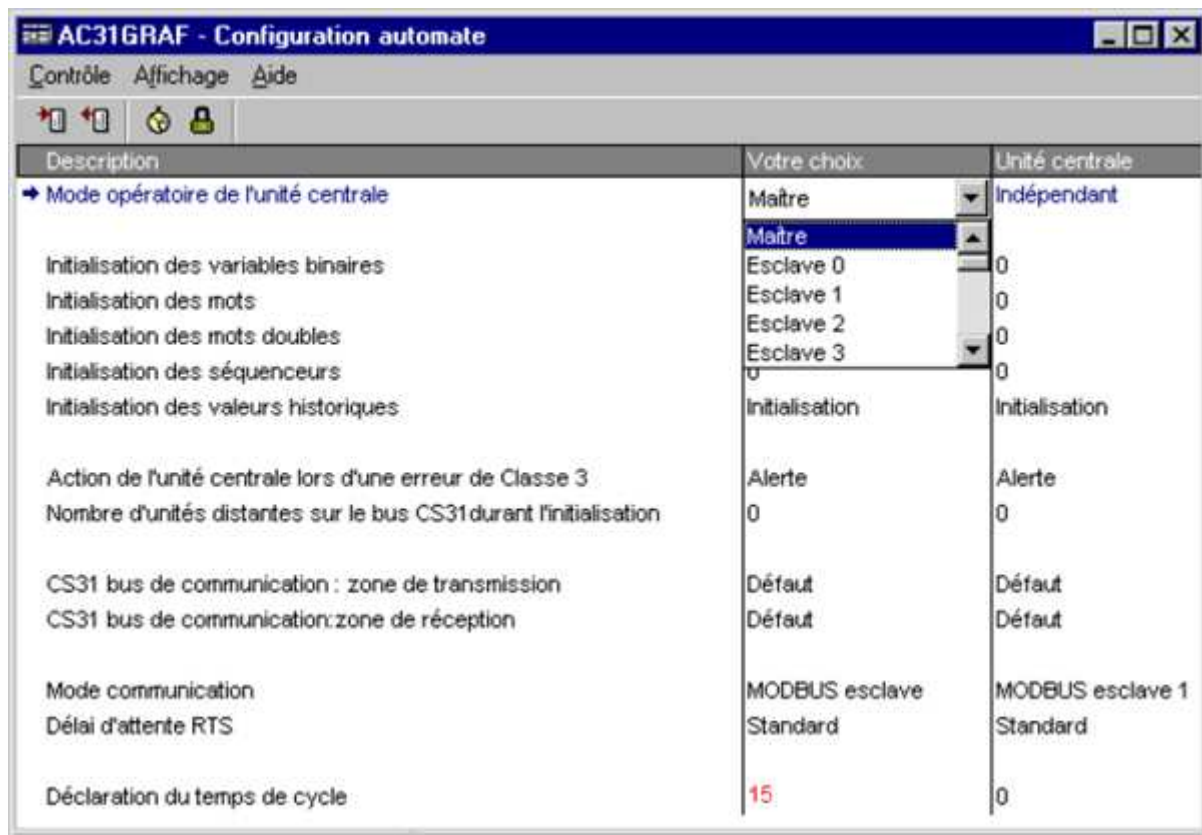


Figure III.8 - Fenêtre de configuration de l'UC.

A chaque ouverture d'un nouveau projet, une liste des paramètres par défaut est proposée. La modification d'un paramètre s'effectue en double-cliquant sur la ligne à modifier dans la colonne « *Votre choix* ». Suivant le paramètre à modifier, il suffit de changer la valeur au clavier ou de sélectionner le paramètre dans la liste apparue à la figure III.8 et de valider le choix.

Dans le cas de notre projet, nous n'avons pas utilisé de connexion sur le bus CS 31. Par conséquent, le mode opératoire de l'UC est indépendant.

Parmi les blocs fonctionnels utilisés dans notre fenêtre d'édition du programme principal, le bloc PI dont les paramètres sont reliés au temps de cycle de l'automate fixé dans la fenêtre ci-dessus à 15 ms. (voir l'annexe 6)

L'envoi des paramètres de configuration s'effectue en cliquant sur l'icône « *Téléchargement* ». Ces derniers sont sauvegardés automatiquement dans la Flash EEPROM de l'UC.

Remarque : Si le paramètre « *Mode opératoire de l'unité centrale* » a été modifié, il est nécessaire d'initialiser l'automate afin qu'il puisse démarrer avec la bonne configuration.

III.4. Communication

La communication joue un rôle primordial dans les installations réparties. Hormis le bus CS 31, le système AC 31 possède des interfaces adaptées aux différents modes de communication :

- Mode programmation ;
- Mode ASCII ;
- Mode MODBUS.

Pour utiliser l'un de ces modes, on doit a priori :

- Configurer le mode de communication. (voir la figure III.8)
- Tenir compte de la position du bouton RUN/STOP.
- Choisir le bon câble.

III.4.a. Communication sur réseau avec l'interface MODBUS intégrée

Description du protocole

Le protocole MODBUS est un protocole de dialogue basé sur une structure hiérarchisée entre un maître et plusieurs esclaves. Il dispose de nombreuses fonctions de communication, certaines utilisables pour des modèles particuliers d'API de la gamme MODICON (le cas de notre UC), d'autre générales.

De nombreux équipements d'automatismes tels que des API, des afficheurs, des variateurs de vitesse ou des systèmes de supervision, possèdent une interface MODBUS en standard ou en option et peuvent ainsi communiquer facilement par :

- Liaison réseau entre UC ;
- Liaison réseau avec un PC ;
- Liaison point à point avec un PC.

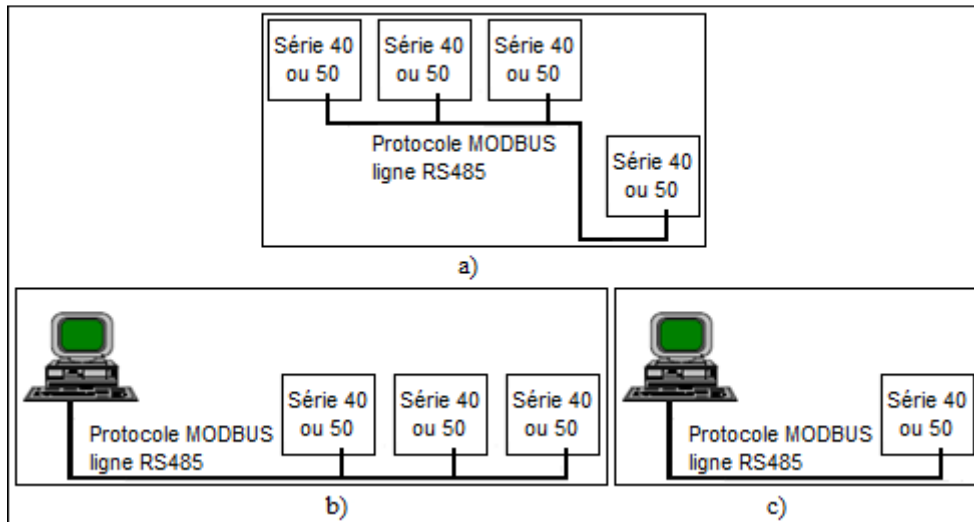


Figure III.9 - Liaisons possibles avec le protocole MODBUS : a) Liaison réseau entre UC ; b) Liaison réseau avec un PC ; c) Liaison point à point avec PC.

✚ Mécanisme d'échange MODBUS

Les communications sur le réseau sont à l'initiative du maître et effectuées selon l'une des deux procédures suivantes :

- Procédure question/réponse : Le maître s'adresse à un seul esclave particulier et à lui seul. Cette procédure est utilisée lorsque le message transmis suppose l'émission en retour d'une réponse de la part de l'esclave interrogé.
- Procédure de diffusion générale : Certaines fonction de communication ne supposent pas de réponse de la part des participants au réseau et présentent simultanément un intérêt général. Dans ce cas, le maître émet un message adressé à l'esclave d'adresse zéro qui sera reçu par tous les esclaves.

✚ Format des trames

Les trames MODBUS transmises par le maître contiennent les informations suivantes :

Adresse MODBUS (1 octet)	Code fonction (1 octet)	Données (N octets)	Code de contrôle (2 octets)
-----------------------------	----------------------------	-----------------------	--------------------------------

- L'adresse MODBUS est celle de l'esclave interrogé, sauf dans le cas de diffusion générale repérée conventionnellement par l'adresse zéro ;

▪ Le code fonction désigne la tâche demandée à l'esclave. Les codes MODBUS que l'UC peut traiter sont :

Codes de fonction (en hexadécimal)	Description
01 ou 02	Lecture de n bits
03 ou 04	Lecture de n mots
05	Ecriture d'un bit
06	Ecriture d'un mot
07	Lecture rapide de 8 bits
08	Diagnostic / initialisation
0F	Ecriture de n bits
10	Ecriture de n mots

▪ La zone de données contient l'information correspondant à la fonction demandée.

▪ Le code de sécurité contient le code de parité étendu de type cyclique (CRC-16) destiné à permettre le contrôle de l'intégrité de l'information transmise.

Les erreurs sont repérées par le positionnement d'une information dans la zone du code fonction, que celle-ci soit identifiée par l'esclave. Dans sa réponse, il indique en zone de données un code d'erreur qui précise la nature de cette dernière (le reste du message est inchangé).

Méthode d'adressage MODBUS

VAR 00.00 \longrightarrow ADDR 0 (Adresse en décimal de la 1^{ère} variable sélectionnée).

▪ Si VAR = type I, O, S, M, IW, O, M, KW :

$$\text{VAR XX.YY} = \text{ADDR 0} + (16 \times \text{XX}) + \text{YY}$$

▪ Si VAR = type MD, KD :

$$\text{VAR XX.YY} = \text{ADDR 0} + (32 \times \text{XX}) + (2 \times \text{YY})$$

Remarque : Toutes les variables de l'UC décrites en annexe 4 et 5 peuvent être lues ou écrites par le maître MODBUS. C'est à partir de ces tableaux qu'on tire l'adresse en décimal de la 1^{ère} variable sélectionnée.

Exemple : Déterminons l'adresse MODBUS de la variable O 62.15.

Sorties binaires	O 00.00	1000	4096
	O 00.01	1001	4097

	O 00.15	100F	4111

$$O\ 62.15 = 4096 + (16 \times 62) + 15 = 5103$$

III.4.b. Communication point à point avec l'interface ASCII intégrée

La communication ASCII est un protocole permettant d'échanger du texte codé en ASCII entre deux équipements : un automate et un périphérique (une imprimante par exemple).

Il existe deux fonctions pour la communication ASCII :

- L'émission de messages ASCII de l'UC série 50 vers un autre équipement s'effectue à l'aide de la fonction « *SEND* » dans le programme utilisateur.
- La réception de messages ASCII dans l'UC série 50 s'effectue à l'aide de la fonction « *REC* » dans le programme utilisateur.

III.4.c. Communication point à point avec le protocole de programmation

Ce protocole utilise la liaison série de l'UC et est réservé aux équipements qui disposent de l'interface de programmation ABB CS 31. Toutes les valeurs des variables peuvent être lues ou écrites par ce protocole sans aucune configuration ou aucun programme particulier dans l'UC. Il faut simplement utiliser le câble gris de programmation 07SK50 ou 07SK52.

IV. Conclusion

L'automate ABB est un outil très performant, facile à programmer et à connecter. Adapté aux conditions industrielles, l'expansion considérable de ses possibilités le prouve. Dans tous les cas, une bonne analyse du problème à résoudre, le respect des règles d'installation et un léger surdimensionnement pour préserver des marges de modification, sont les conditions d'un choix judicieux et adapté.

Chapitre IV

Régulation

I. Introduction

Dans la plupart des appareils et installations industrielles, il est nécessaire de maintenir des grandeurs physiques à des valeurs bien déterminées, en dépit des variations externes ou internes influant sur ces grandeurs. A cet effet, les régulateurs standards les plus utilisés dans la manufacture sont les régulateurs PID (Proportionnel Intégral Dérivé) car ils permettent d'améliorer à l'aide de ses trois paramètres les performances (stabilité, précision et rapidité) d'un processus.

Dans ce chapitre, nous allons donner des principes généraux sur la régulation, puis nous passerons à la présentation de la régulation PID. En outre, une méthode empirique sera appliquée permettant d'ajuster les paramètres du correcteur.

II. Principes généraux sur la régulation [5]

II.1. Objectif de la régulation

L'objectif d'une régulation est d'assurer le fonctionnement d'un procédé selon des critères prédéfinis par un cahier des charges. Les aspects de sécurité du personnel et des installations sont à prendre en compte comme ceux concernant l'énergie et le respect de l'environnement. Le cahier des charges définit des critères qualitatifs à imposer, comme par exemple, obtenir un débit de fluide constant dans une conduite en fonction des besoins. Mais dans la plupart des cas, ces critères sont conditionnés par d'autres contraintes qui peuvent provoquer des effets néfastes sur le système, voir sa destruction. L'exemple pratique est le cas de notre station : l'augmentation de l'action proportionnelle engendre une diminution de l'écart statique mais en contre partie, on déstabilise le système par les variations brutales de la position de la vanne. On parle alors de compromis précision-rapidité à réaliser.

II.2. Chaîne d'une régulation

Le procédé est un terme général qui désigne un dispositif physique constitué d'un ensemble d'éléments interconnectés les uns aux autres de façon à réaliser une fonction donnée. L'évolution du procédé dépend d'une ou plusieurs grandeurs incidentes. Il est caractérisé à l'aide d'une ou plusieurs grandeurs physiques mesurables à maîtriser qui vont permettre de contrôler l'objectif fixé.

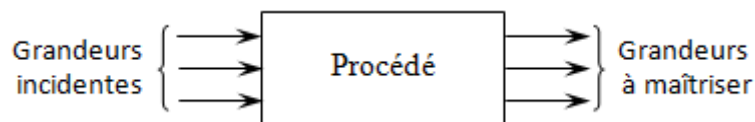


Figure IV.1 - Procédé.

Afin d'obtenir le fonctionnement désiré, la régulation doit agir en continu sur le procédé. Pour cela, il faut observer la grandeur à maîtriser (observation), comparer cette grandeur à celle désirée et déterminer l'action à entreprendre (réflexion) puis agir sur une ou plusieurs grandeurs incidentes du procédé (action). On obtient alors la chaîne de régulation suivante :

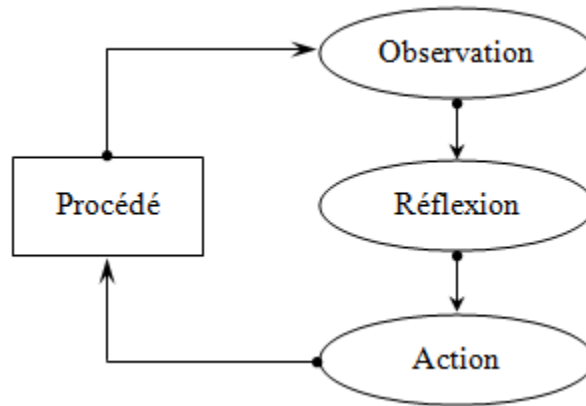


Figure IV.2 - Chaîne de régulation.

II.2.a. Chaîne ouverte de régulation

L'observation n'est pas celle de la grandeur à maîtriser mais celle d'une grandeur incidente. La réflexion est l'étape où la commande prend en compte une relation préétablie entre la grandeur observée et la grandeur incidente sur laquelle on agit (grandeur désirée). L'action modifie alors la grandeur à maîtriser.

L'inconvénient majeur est que l'objectif fixé n'est généralement pas atteint complètement. En effet, la relation liant la grandeur observée et la grandeur incidente ne prend pas en compte les autres grandeurs incidentes perturbant la grandeur à maîtriser.

II.2.b. Chaîne fermée de régulation

L'observation se porte sur la grandeur à maîtriser. L'étape de réflexion détermine l'écart entre la grandeur observée et la grandeur désirée. En fonction de cet écart et des règles d'évolution fixées, on en déduit l'action à entreprendre. L'action modifie la grandeur incidente réglante et donc la grandeur à maîtriser.

L'avantage d'une chaîne fermée est qu'une variation de la grandeur observée entraîne une variation de l'action : l'objectif fixé peut alors être atteint.

II.3. Constitution d'une régulation

Pour réaliser la fonction d'observation on implante sur le procédé un capteur ou transmetteur. La fonction de réflexion comprend le calcul de l'écart entre les grandeurs désirée et mesurée, et l'action à entreprendre est assurée par le régulateur. L'actionneur permet de transmettre la commande fournie par le régulateur.

Le procédé ainsi équipé sera par la suite appelé procédé instrumenté ou encore système. La chaîne fermée de régulation ainsi constituée se présente par un schéma appelé schéma fonctionnel.

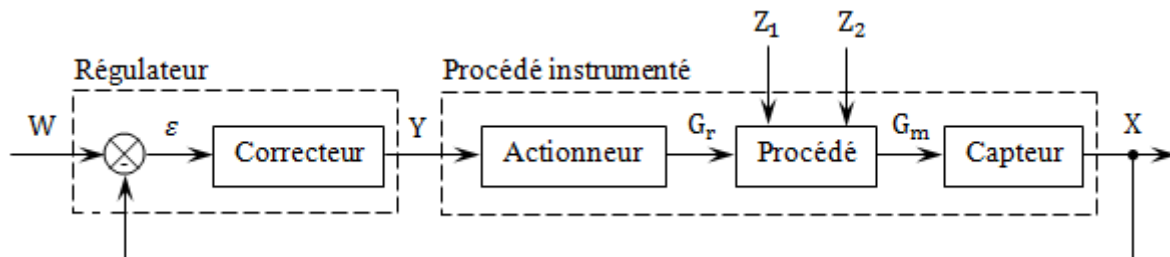


Figure IV.3 - Constitution d'une chaîne de régulation.

Les éléments constitutifs d'une chaîne fermée de régulation (figure IV.3) peuvent être déclinés en deux catégories :

✚ *Les éléments fonctionnels* : Ils sont représentés par des rectangles.

- Le régulateur comprend le soustracteur (ou comparateur) et le correcteur.
- Le soustracteur reçoit la consigne et le signal de mesure dont il effectue la différence. Le résultat de cette différence est appelé écart ou erreur.
- Le correcteur est chargé d'élaborer un signal de commande à partir de l'écart constaté afin d'obtenir les performances fixées par le cahier des charges.
- L'actionneur est commandé par le signal de commande provenant du régulateur. C'est l'organe de puissance de la chaîne de régulation. Il agit sur la grandeur réglante du procédé pour modifier la grandeur physique à maîtriser.
- Le capteur élabore la mesure de la grandeur à maîtriser et la transmet au régulateur.

✚ *Les grandeurs et signaux d'informations* : Ils sont représentés par des flèches.

- La consigne notée W : c'est la valeur désirée pour la grandeur à maîtriser.
- La mesure de la grandeur à maîtriser est notée X .
- L'écart ε ou l'erreur entre la consigne et la mesure: $\varepsilon = W - X$.
- Le signal de commande Y ou l'ordre correcteur.
- La grandeur incidente G_r est une grandeur réglante.
- La grandeur à maîtriser est notée G_m .
- Les grandeurs incidentes Z_1 et Z_2 non contrôlées sont les grandeurs perturbatrices appelées perturbations.

II.4. Qualités attendues d'une régulation

Les qualités exigées les plus rencontrées industriellement sont :

II.4.a. La stabilité

La qualité essentielle pour un système régulé, et donc exigée à tout prix, est la stabilité. Dans une approche simplifiée, un système est considéré comme stable si, pour une variation d'amplitude finie de la consigne ou d'une perturbation, la mesure de la grandeur à maîtriser se stabilise à une valeur finie. Plus le régime transitoire d'un système soumis à une telle variation est amorti plus il est stable. Le degré de stabilité est alors caractérisé par l'amortissement de ce régime transitoire.

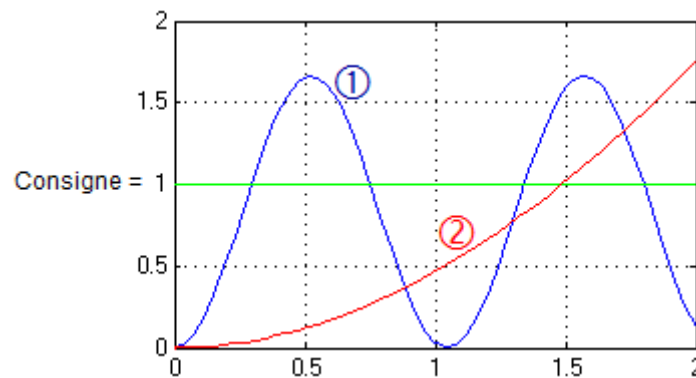


Figure IV.4 - Evolution de deux systèmes régulés instables : inacceptable.

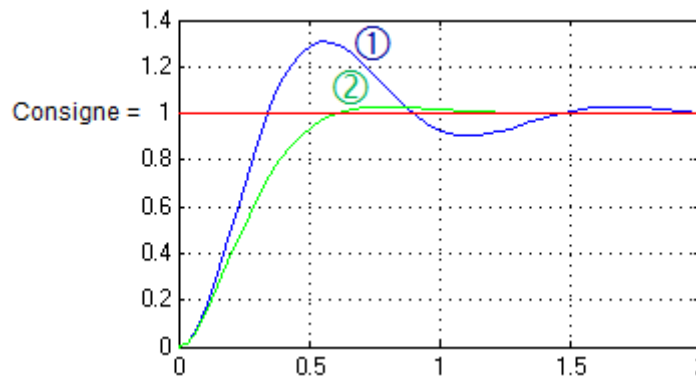


Figure IV.5 - Systèmes régulés stables avec amortissement acceptable. La courbe 2 est plus amortie que la courbe 1 : le système 2 est plus stable que le système 1.

II.4.b. La précision

La précision d'un système régulé se mesure à l'écart entre la consigne demandée et la mesure en régime permanent ; on parle alors de précision statique. Plus l'écart statique est petit, plus le système est précis.

La précision statique est une qualité importante à respecter pour bien des systèmes régulés. Cependant il ne faut pas oublier qu'un écart trop important en régime transitoire peut s'avérer néfaste au produit ou à l'installation. Pour cela, le paramètre à prendre en compte lors des réglages des régulateurs est la précision dynamique. Elle s'évaluera généralement par le dépassement maximal D (voir la figure IV.6) que peut prendre la mesure par rapport à la consigne.

II.4.c. La rapidité

La rapidité d'un système régulé s'évalue par le temps que met la mesure à entrer dans une zone à $\pm 5\%$ de sa variation finale (soit entre 95 % et 105 %). Ce temps s'appelle le temps de réponse t_r à 5 %. Le système régulé est d'autant plus rapide que le temps de réponse à 5 % est court.

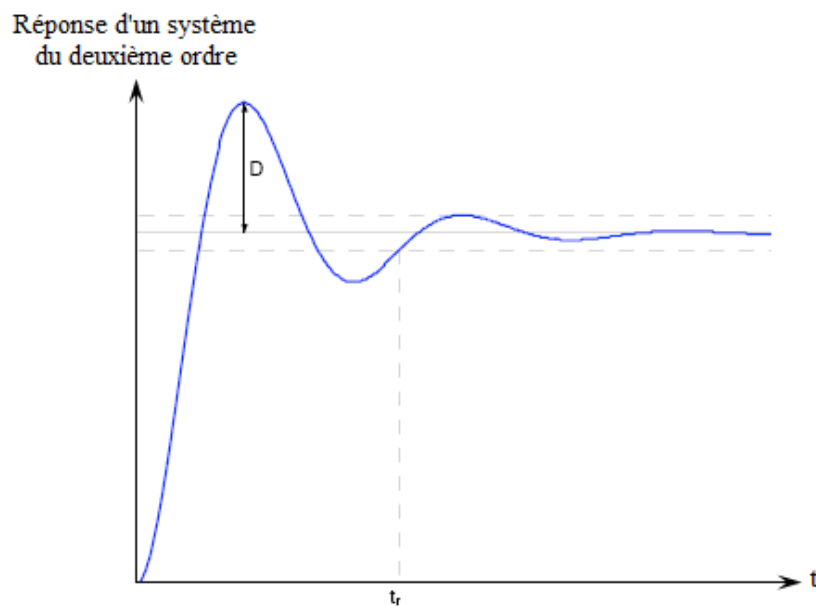


Figure IV.6 - Mesure du temps de réponse t_r à 5 % pour un système du 2^{ème} ordre.

III. La régulation PID

III.1. Les actions élémentaires

III.1.a. Action proportionnelle

Elle s'écrit :

$$Y(t) = G \varepsilon(t) \dots \dots \dots \text{IV. 1}$$

On constate que l'action proportionnelle permet de doser la commande en fonction de l'écart. Si le gain G est moyen et constant, son effet ne se fait sentir que si l'écart ε est important ; toutefois un écart trop important supérieure à ε_{MAX} risque de saturer l'amplificateur. Dans ce cas, la sortie du régulateur sera saturée et n'aura pas plus d'effet sur l'actionneur.

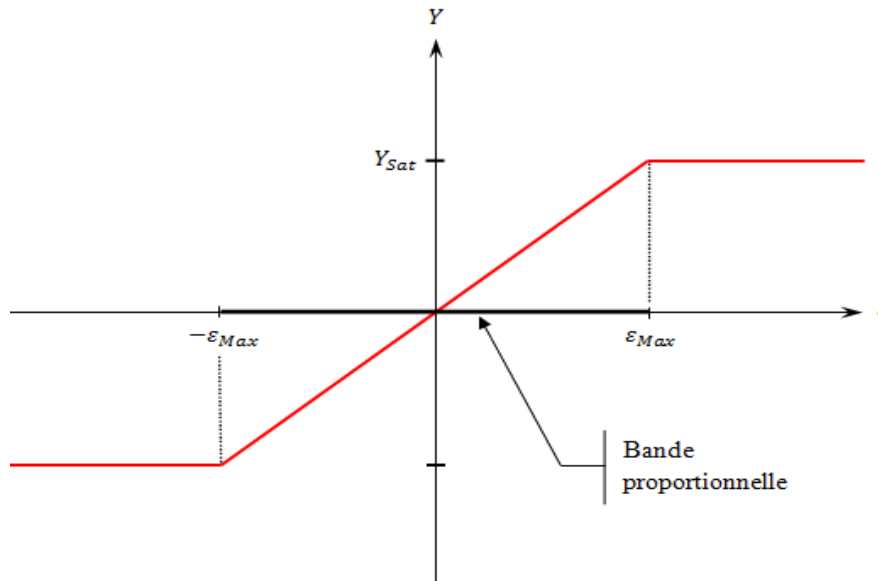


Figure IV.7 - Bande proportionnelle.

On constate qu'au-delà de ε_{Max} , l'action $Y(t)$ n'augmente plus. La plage d'erreur pour laquelle $Y(t) = G \varepsilon(t)$ est appelée bande proportionnelle (BP). Ses propriétés sont les suivantes :

- Elle est disposée symétriquement autour du point de fonctionnement (consigne) ;
- Elle s'exprime en pourcentage (%) de l'étendue d'échelle de l'entrée ;
- Elle est inversement proportionnelle au gain et s'exprime par :

$$BP\% = \frac{100}{G} \dots \dots \dots \text{IV. 2}$$

- La BP est toujours une valeur positive et le produit $G \cdot BP\%$ reste constant ;
- Pour les régulateurs industriels, les plages de réglage s'étendent usuellement entre 0 et 200%.

La loi de commande proportionnelle a encore un défaut : si $\varepsilon(t) = 0$, alors $Y(t) = 0$, le processus n'est plus alimenté. Elle doit donc s'écrire :

$$Y(t) = G \varepsilon(t) + Y_0 \dots \dots \dots \text{IV. 3}$$

où Y_0 est une tension résiduelle nécessaire mais qui va provoquer une erreur statique.

III.1.b. Action intégrale

Cette action est obtenue par une loi intégrale :

$$Y(t) = \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(x) dx \dots \dots \dots \text{IV. 4}$$

T_i est la constante d'intégration : c'est le temps au bout duquel la sortie a répété l'entrée.

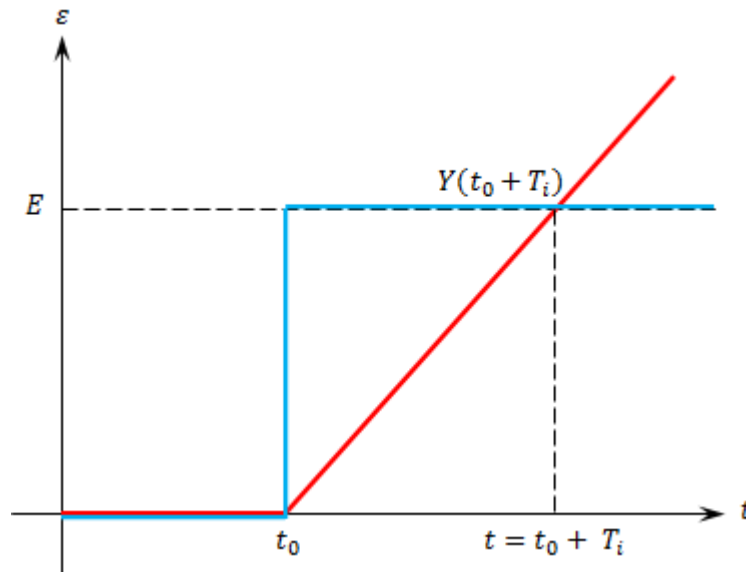


Figure IV.8 - Constante d'intégration.

$$\begin{aligned} \text{IV. 4} \quad &\Leftrightarrow Y(t_0 + T_i) = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_0+T_i} \varepsilon(x) dx = \frac{1}{T_i} \left[\int_0^{t_0} 0 dx + \int_{t_0}^{t_0+T_i} E dx \right] \\ &\Leftrightarrow Y(t_0 + T_i) = \frac{1}{T_i} [E (t_0 + T_i - t_0)] = \frac{1}{T_i} E T_i \\ &\Leftrightarrow Y(t_0 + T_i) = E \end{aligned}$$

La loi de commande intégrale est progressive, on dit encore qu'elle est persévérante. Tant que l'écart statique ($\varepsilon > 0$ ou $\varepsilon < 0$) existe, l'action intégrale agit (positivement ou négativement) jusqu'à l'annulation de l'écart statique.

III.1.c. Action dérivée

Considérons, par exemple, la régulation de vitesse d'un alternateur couplé sur le réseau. Cette vitesse est inférieure de 5% à la vitesse de consigne à un instant donné. Il faut certainement agir sur l'actionneur mais pas n'importe comment car :

- La vitesse est peut être en train de diminuer ou d'augmenter, ce qui veut dire qu'il faut agir en plus ou en moins selon le cas ;
- Il faut tenir compte également de la vitesse d'évolution de cette variation : en effet, une diminution rapide de la vitesse demanderait une réaction énergique.

La dérivée du signal d'erreur fournit cette information et l'on va créer pour cela le terme :

$$Y(t) = T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \dots \dots \dots \text{IV.5}$$

T_d a la dimension d'un temps, elle permet de doser l'action dérivée.

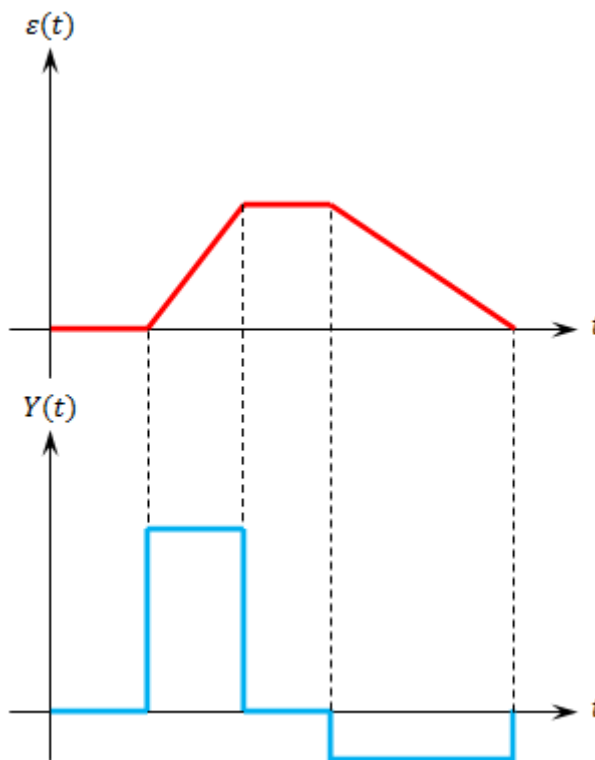


Figure IV.9 - Effet de la mesure de la dérivée.

On constate d'après la figure IV.9 que l'action dérivée est proportionnelle à la pente du signal d'erreur. Quand ce signal ne varie pas ($\varepsilon = 0$ ou constante), alors la sortie $Y(t)$ est nulle, ce qui explique d'ailleurs que cette action ne soit jamais utilisée seule (on l'associe avec une action proportionnelle). Par conséquent, la loi de commande dérivée est énergique lorsque le signal d'erreur varie fortement.

III.2. Différentes structure de régulateur PID [5]

Les actions élémentaires d'un régulateur peuvent être associées de plusieurs façons :

III.2.a. Structure parallèle

✚ Equation temporelle

$$Y(t) = G \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(t) dt + T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt} + Y_0 \dots \dots \dots \text{IV. 6}$$

✚ Fonction de transfert

$$C(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon(p)} = G + \frac{1}{T_i p} + T_d p \dots \dots \dots \text{IV. 7}$$

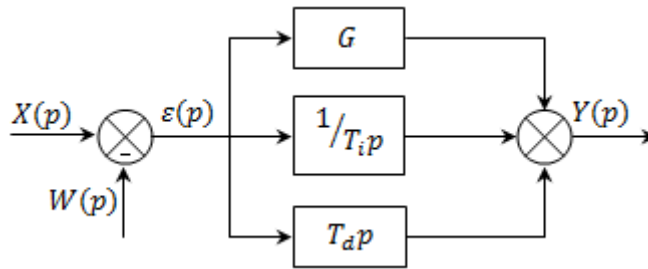


Figure IV.10 - Régulateur à structure parallèle.

III.2.b. Structure série

✚ Equation temporelle

$$Y(t) = \alpha G \varepsilon(t) + \frac{G}{T_i} \int_0^t \varepsilon(t) dt + G T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt} + Y_0 \dots \dots \dots \text{IV. 8}$$

où α est le coefficient théorique d'interaction entre action intégrale et action dérivée :

$$\alpha = \frac{T_i + T_d}{T_i} \dots \dots \dots \text{IV. 9}$$

✚ Fonction de transfert

$$C(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon(p)} = G \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right) (1 + T_d p) \dots \dots \dots \text{IV. 10}$$

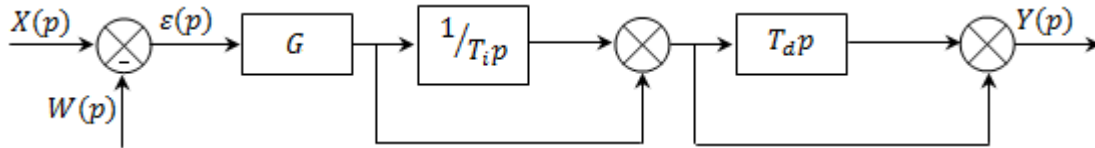


Figure IV.11 - Régulateur à structure série.

III.2.c. Structure mixte

✚ Equation temporelle

$$Y(t) = G \varepsilon(t) + \frac{G}{T_i} \int_0^t \varepsilon(t) dt + G T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt} + Y_0 \dots \dots \dots \text{IV. 11}$$

✚ Fonction de transfert

$$C(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon(p)} = G \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right) \dots \dots \dots \text{IV. 12}$$

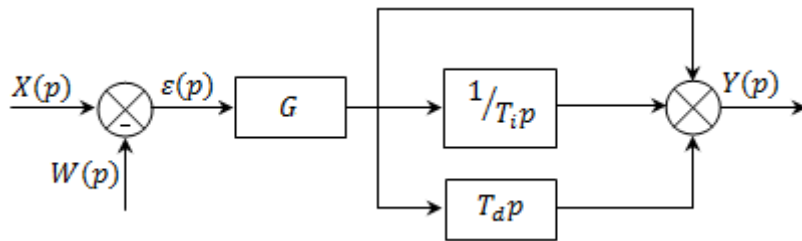


Figure IV.12 - Régulateur à structure mixte.

C'est la structure la plus utilisée actuellement par les constructeurs.

IV. Réglage pratique de Ziegler et Nichols en chaîne fermée d'un système du 2^{ème} ordre ou méthode du pompage [5]

C'est une méthode empirique qui permet d'ajuster les paramètres d'un régulateur PID à partir de mesures sur sa réponse indicielle. L'avantage de cette méthode est qu'il n'y a pas besoin de connaître la fonction de transfert du procédé et que le réglage se fait directement sur site en chaîne fermée.

Pour obtenir la limite de pompage, on place un correcteur proportionnel dans la chaîne fermée et on augmente progressivement le gain de ce correcteur jusqu'à avoir des oscillations auto-entretenues. On note le gain G_0 qui a amené le système en limite de stabilité et la période T_0 des oscillations obtenues. Les paramètres de régulation pour que la réponse du système bouclé soit satisfaisante sont donnés par le tableau suivant :

	P	PI	PID série	PID parallèle	PID mixte
G	$\frac{G_0}{2}$	$\frac{G_0}{2.2}$	$\frac{G_0}{3.3}$	$\frac{G_0}{1.7}$	$\frac{G_0}{1.7}$
T_i	l'annuler sinon T _i au maximum	$\frac{T_0}{1.2}$	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{0.85 T_0}{G_0}$	$\frac{T_0}{2}$
T_d	0	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0 G_0}{13.3}$	$\frac{T_0}{8}$

Tableau IV.1 - Réglages préconisés par Ziegler et Nichols.

V. Conclusion

La régulation d'un système doit être suffisamment robuste pour garantir trois niveaux de performance : sa stabilité, une bonne précision statique et une rapidité suffisante. Le gros problème est que ces trois critères sont contradictoires : la précision comme la rapidité sont liées au gain, mais trop de gain peut avoir un effet déstabilisant. En effet, corriger un système asservi, c'est assurer une compatibilité entre ces critères contradictoires et le correcteur sera l'élément intelligent qu'on ajoutera au système initial pour assurer cette compatibilité.

Après présentation de la méthode de Ziegler et Nichols, nous allons l'appliquer dans le dernier chapitre tout en visualisant l'effet apporté sur le procédé.

Chapitre V

Mise en œuvre du projet

I. Introduction

Après l'étude effectuée sur les des différents constituants de notre procédé d'étalonnage, nous allons réaliser dans cette partie un programme permettant de commander le processus. En outre, une plate forme de supervision sera développée permettant une surveillance et un archivage de données de l'installation.

II. Programmation de l'API ABB 07KR51 (AC 31 Série 50)

II.1. Création du projet avec AC31GRAF

On démarre le logiciel de programmation AC31GRAF à partir de l'icône « *ABB AC31GRAF* ».



Figure V.1 - Groupe ABB AC31GRAF.

Pour créer un nouveau projet, dans la fenêtre « *Gestionnaire de projet* », on clique sur le bouton « *Nouveau* ». Ensuite, une boîte de dialogue apparaît permettant de donner un nom au projet, de sélectionner le type d'UC (série 40, 90, 50, 94 et controller), et de choisir le langage (IL, LD/FBD, Modularisation, Quick LD et SFC) (voir l'annexe 8).

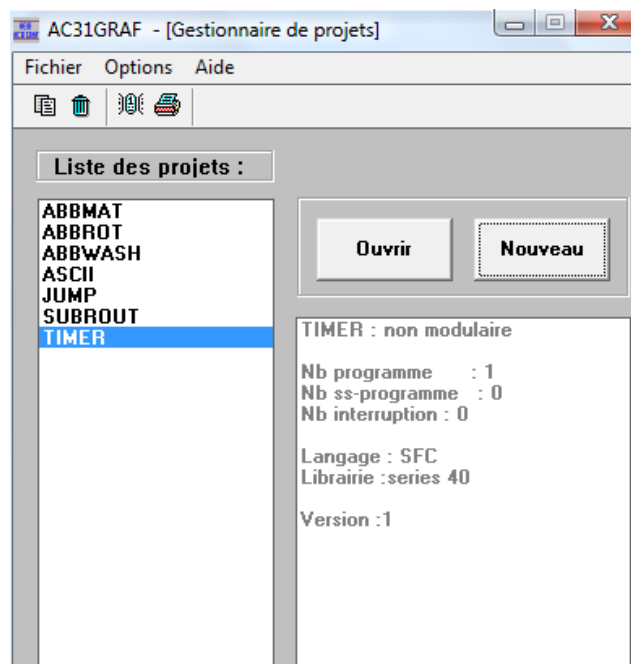


Figure V.2 - Fenêtre « *Gestionnaire de projet* » obtenue après lancement du logiciel AC31GRAF.

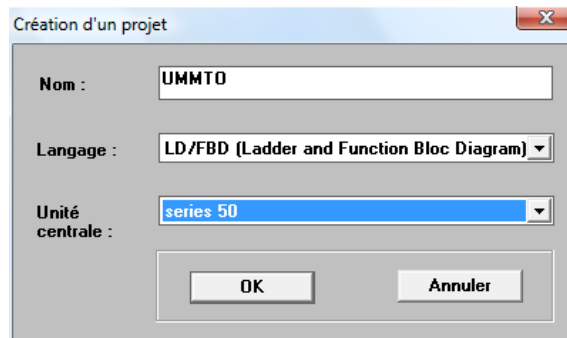


Figure V.3 - Fenêtre de définition du projet.

Après validation du projet, la fenêtre « *UMMTO:MAIN* » s'ouvre pour l'édition du programme principal MAIN du projet UMMTO.

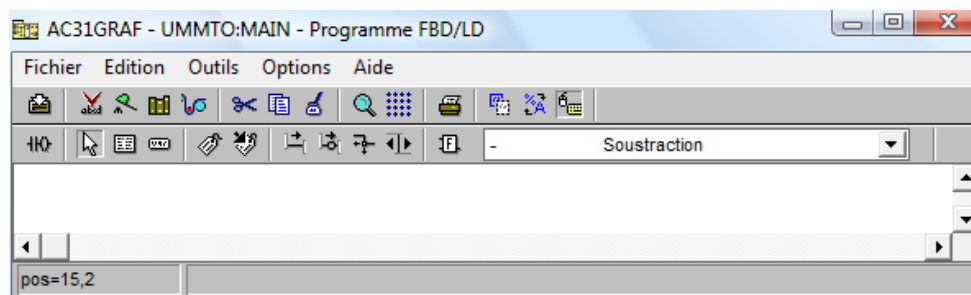


Figure V.4 - Fenêtre d'édition de programme avec la barre d'outils FBD (Bloc Diagramme de fonctions).

II.2. Déclaration des variables

Dans la fenêtre d'édition du programme (figure V.4), on clique sur l'icône «*Liste de variables*» et on obtient la figure suivante :

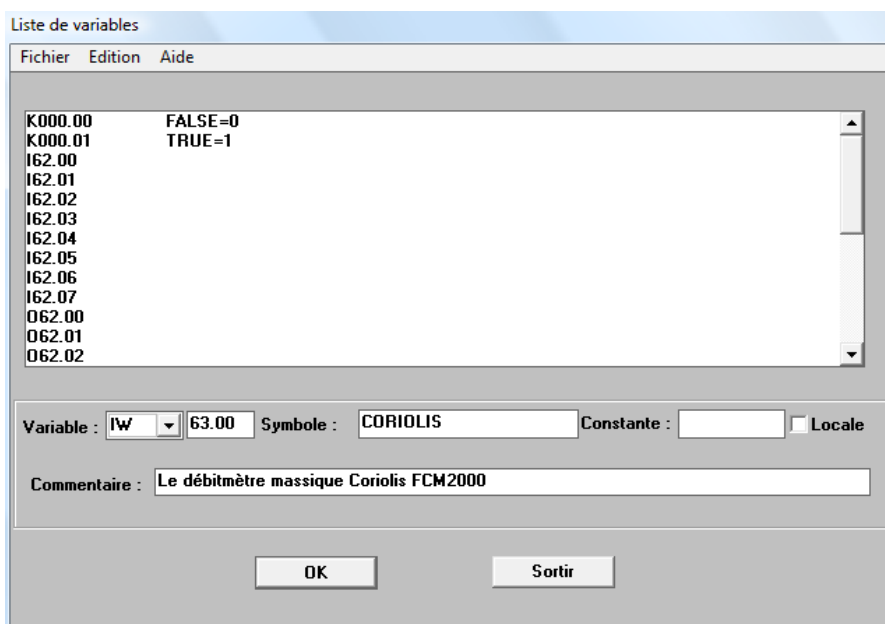


Figure V.5 - Liste de variables.

Dans la figure ci-dessus, à titre d'exemple, on a introduit uniquement une seule variable (IW 63.00). Tandis que, les autres sont données dans le tableau suivant :

Variables	Adresses	Symboles	Commentaires
IW	63.00	CORIOLIS	Le débitmètre massique Coriolis FCM2000
IW	63.02	ELECTRO1	Le débitmètre électromagnétique FXE4000
IW	63.04	TURBINE	Le débitmètre à turbine Faure Herman (TZN 40-15)
IW	63.05	ELECTRO2	Le débitmètre électromagnétique COPA-XL
K	000.01	TRUE	1 logique
M	000.00	DEMARRETPOMPE	le démarrage ou l'arrêt de la pompe
M	000.02	SET	La mise de la vanne à la valeur initiale
M	000.03	RESET	La remise de la vanne à la valeur 0
M	000.04	AUTOMANUEL	Le mode automatique ou manuel
M	000.05	LIMITHAUTEATTEIN	L'atténuation de la limite haute
M	000.06	LIMITBASSEATTEIN	L'atténuation de la limite basse
MW	000.00	CONSIGNE	La consigne
MW	000.01	BP	La bande proportionnelle
MW	000.02	TPSINTEGRAL	Le temps d'action intégral
MW	000.03	LIMITEHAUTE	La limite haute de la vanne
MW	000.04	LIMITEBASSE	La limite basse de la vanne
MW	000.05	VALEURINITIALE	La valeur initiale de la vanne
MW	000.06	MODEMANUEL	Le mode manuel
MW	000.07	MODEAUTOMATIQUE	Le mode automatique
O	62.00	POMPE	La pompe
OW	65.01	VANNE	La vanne à positionneur intelligent (TZID-C)

Tableau V.1 - Liste des variables à introduire dans l'automate.

II.3. Edition du programme

Dans la fenêtre d'édition de programme, en cliquant sur la flèche indiquée sur la figure V.4, on obtient la liste des blocs fonctionnels. Après le choix du bloc voulu, son insertion se fait par le positionnement du curseur sur la page blanche et le clique sur la souris afin d'apparaître ce dernier.

Les blocs fonctionnels choisis pour la régulation et la commande de la pompe de notre procédé sont illustrés sur la figure suivante :

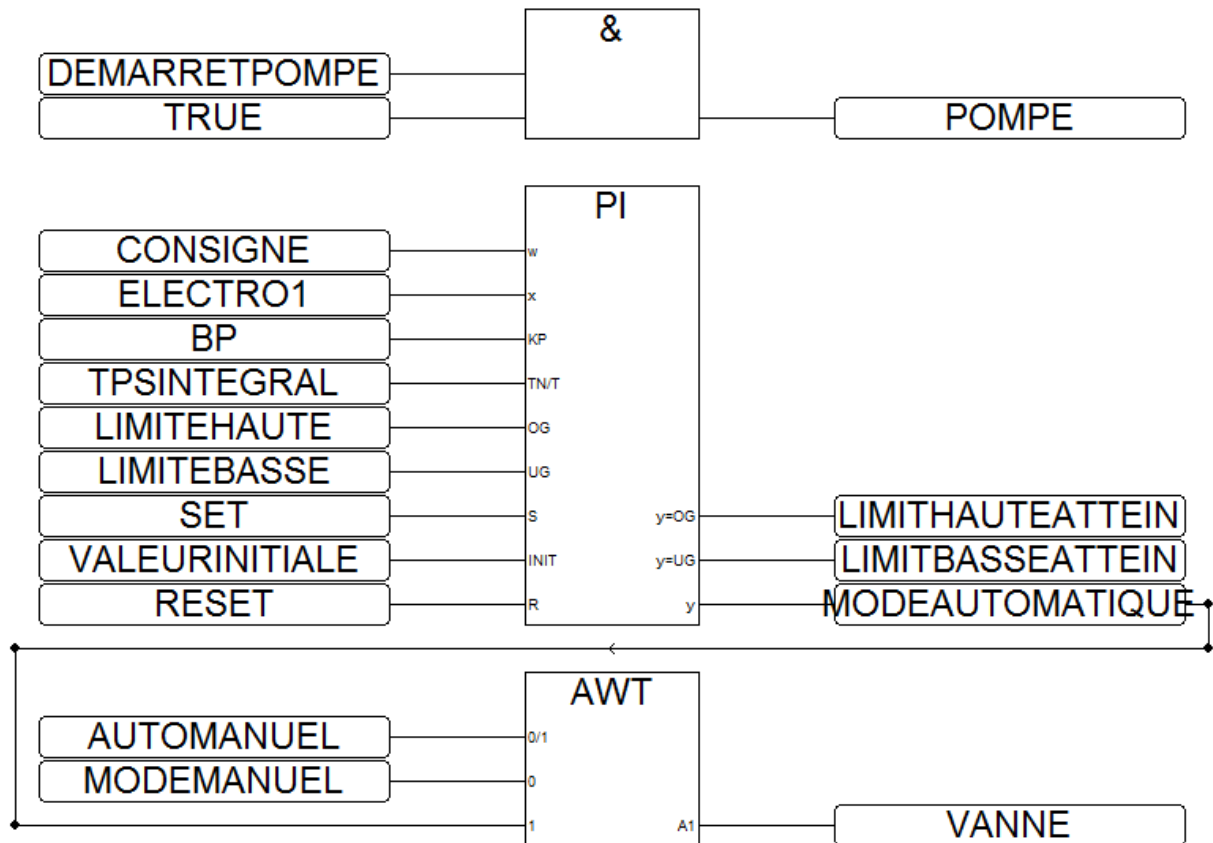


Figure V.6 - Schéma de la régulation et la commande de la pompe.

La phase finale de la programmation nécessite une sauvegarde du programme final. Cela se fait en cliquant sur l'icône « *Enregistrer* » dans la fenêtre d'édition de programme.

II.4. Compilation

Une compilation correspond à une vérification du programme et à sa traduction en langage compréhensible par l'automate. Pour cela, on doit d'abord cliquer sur le bouton « *Vérifier* » et attendre le message « *0 erreur détectée* » puis, on clique sur le bouton « *Compiler* ».

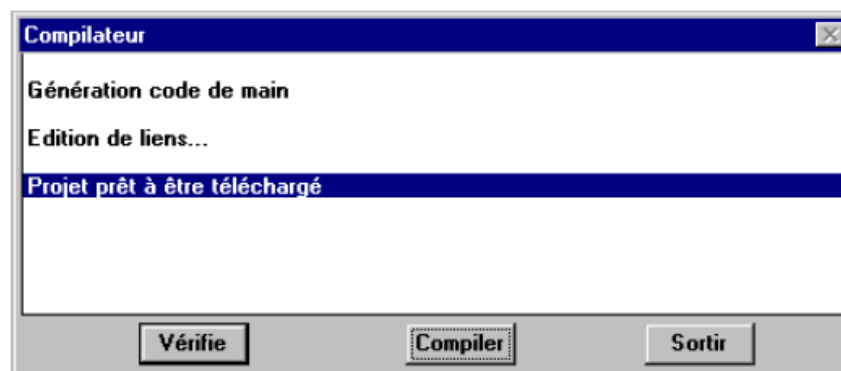


Figure V.7 - Fenêtre de compilation.

II.5. Envoi du programme dans l'automate

On clique sur le bouton « *Transfert* » de la fenêtre de contrôle pour envoyer et sauvegarder automatiquement le programme dans l'automate. On répond par « *Oui* » au message 1: « *Voulez-vous écraser l'application existante ?* », on attend le message 2: « *L'EPROM est mise à jour* » puis on valide par « *OK* ».

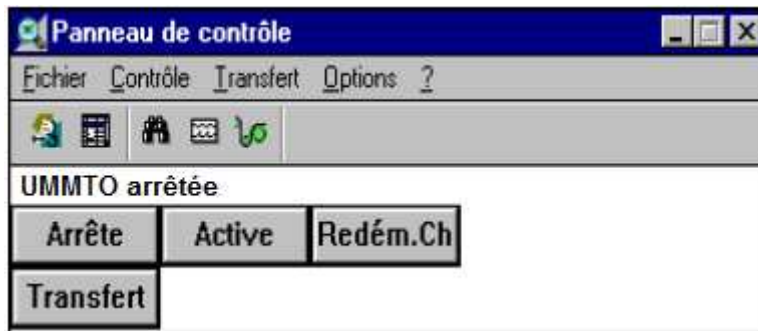


Figure V.8 - Fenêtre de contrôle.

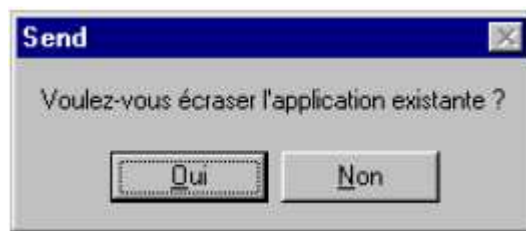


Figure V.9 - Message 1 lors de l'envoi du programme dans l'automate.

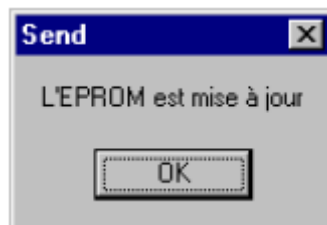


Figure V.10 - Message 2 lors de l'envoi du programme dans l'automate.

III. Création du projet sous WebAccess

III.1. Présentation du logiciel WebAccess [16]

WebAccess est un software à base d'explorateur pour HMI (interface homme-machine) et SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, voir l'annexe 11). WebAccess communique avec des équipements d'automatique utilisés dans les installations de fabrication, les unités industrielles et les systèmes automatiques du bâtiment. Le software acquiert, affiche, emmagasine les données temps réel, et permet aux opérateurs de changer les points de fonctionnement et d'autres paramètres dans les API.

Au moyen d'une interface graphique utilisateur, sur un micro-ordinateur, le WebAccess :

- Affiche en temps réel les informations sur des graphiques mis à jour de manière dynamique et entièrement animés ;
- Indique les conditions d'alarme, au moyen d'un son en bips, des couleurs en flashes, des messages email à des utilisateurs et enregistreurs, annonces texte-parole et fichiers média (à savoir : wave, midi, mp3) ;
- Fait le suivi des changements effectués par l'opérateur ;
- Exécute des scripts pour l'animation, les rapports clientèle, les emails, la logique pour la commande en temps réel et la programmation de l'équipement ;
- Exporte les données passées vers des fichiers html et des bases de données externes ;
- Génère des rapports planifiés et des enregistrements ;
- Utilise la vidéo-live, mixée à l'animation et des données vivantes ;
- Permet à l'opérateur de réaliser des actions de commande (démarrage/arrêt de pompes, ouverture/fermeture de vannes, etc...) ;
- Supporte une version non web appelée ViewDAQ, destinée aux architectures non connectées et aux utilisateurs en salle de commande.

III.2. Les composants de WebAccess [16]

Un système complet WebAccess consiste en trois zones de base, comme illustré ci-dessous.

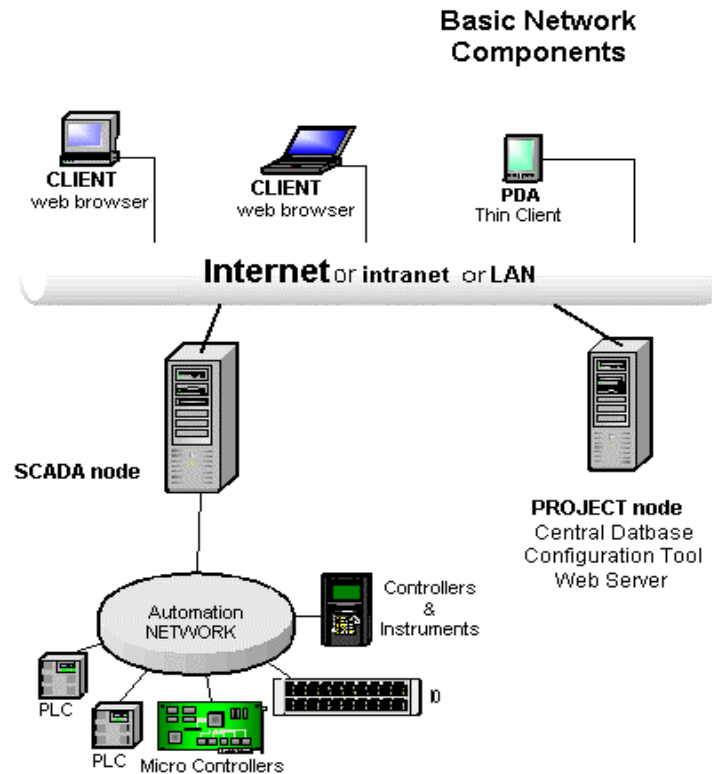


Figure V.11 - Composants de réseaux WebAccess.

✚ *Le client* : L'interface client fournit des vues instantanées des graphiques dynamiques comme les images GIF et JPEG. Données en temps réel, les alarmes et les modifications des données s'effectuent par une interface de type texte.

✚ *Nœud Projet* : Est un serveur de base de données centralisée. Il conserve une copie de l'application de chaque nœud SCADA.

✚ *Nœud SCADA* : Assure une communication continue et fiable avec les équipements d'automatisation, à l'aide des drivers de communication fournis avec WebAccess. L'architecture distribuée assure l'indépendance de fonctionnement de chaque nœud SCADA.

✚ *Service réseau* : Fait fonctionner le nœud SCADA et le nœud Projet, et offre le transfert de fichiers et le transfert des données temps réel vers les clients et les nœuds SCADA (webvrpc.exe est le nom du service réseau qui circule sur les nœuds SCADA et les nœuds Projet).

III.3. Lancement du logiciel WebAccess

Le lancement du logiciel WebAccess se fait en cliquant sur l'icône « *Internet Explorer* ». Dans la barre des tâches de la fenêtre Internet explorer, on introduit l'adresse IP du serveur SCADA: 192.168.1.1, qui donne accès à la page d'accueil de WebAccess.

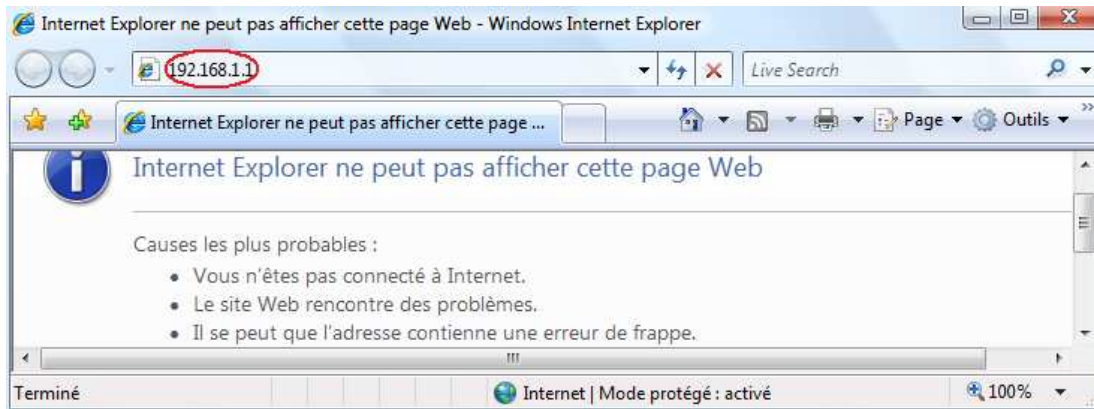


Figure V.12 - Fenêtre de l'Internet Explorer.



Figure V.13 - Page d'accueil Broadwin WebAccess.

Pour accéder au gestionnaire de projets, on clique sur le bouton « *Configuration WebAccess* » (voir la figure V.14).

projetmesure	Project Description	192.168.1.1	0	0	0	Rafraichir	Supprimer
ProjetT-O	Régulation PID	192.168.1.1	0	0	0	Rafraichir	Supprimer

Sélectionnez l'un des projets disponibles ci-dessus pour commencer!!

[Contrôle d'intégrité](#)
[Sauvegarde](#)
[Restaurer](#)
[Admin./Utilisateur projet](#)
[Source données archivage ODBC](#)
[Archivage système](#)
[Archivage d'action](#)
[Archivage alarme](#)
[Archivage de point analogique](#)
[Archive de points discrets](#)
[Archivage point...](#)

Configuration projet

Créer nouveau projet

Nom projet

Description projet

Adresse IP noeud projet

Port HTTP noeud projet

Port TCP projet primaire

Délai d'attente projet

Code d'accès à distance

Retype Remote Access Code

Figure V.14 - Page de Gestionnaire de projets BroadWin WebAccess.

III.4. Création du nœud projet

Dans la partie haute de la page présentée ci-dessus, une liste de projets existants apparaît. En bas de cette dernière, on trouve les différents champs à remplir pour créer un nouveau projet :

- *Nom projet* : UMMTO ;
- *Description projet* : Régulation et supervision d'un procédé d'étalonnage de débitmètres ;
- *Adresse IP nœud projet* : 192.168.1.1 ;
- *Port HTTP nœud projet* : 0 par défaut ;
- *Port TCP projet primaire* : Il prend une valeur dans le cas où le mur pare feu est activé, sinon il prend la valeur 0 par défaut.
- *Délai d'attente projet* : Il représente le temps de transfert de données entre le nœud SCADA et le nœud projet.

Après avoir rempli tous les champs, on clique sur le bouton « *Soumettre pour nouveau projet* ».

III.5. Création du nœud SCADA

Dans le nœud projet créé, on clique sur « *Ajouter nœud SCADA* » la page ci-dessous apparait :

Propriété nœud Supprimer Ajouter port com. Total PointCalc. PointConst SysPoint Face avant Courbe en temps réel			
Courbehistoriques Groupealarme Recette Vidéo ScriptGénérique ProgrammeUtilisateur Transfertdedonnées			
Excel-In Export dans Excel Rapport Planificateur PLC-planificateur Archive d'Evènement KeyMapping			
Démarrer vue Démarrer Draw Télécharger Graphique unig Démarrer nœud Arrêter nœud			
Noeud : UMMTO • NoeudSCADA1			
Nom nœud	NoeudSCADA1		
Description nœud	Communication avec l'automate		
Adresse IP nœud SCADA	192.168.1.1		
Port TCP primaire	0	Port TCP secondaire	0
Délai d'attente nœud	0		
Code d'accès à distance			
Serveur e-mail sortant (SMTP)	192.168.1.1	Port email	0
De			
Envoyer rapport email à			
Copie rapport email			
A e-mail alarme			
Cc e-mail alarme			
Répondre Acq. à e-mail alarme	Aucune		
Script générique via e-mail	Aucune		
Code sécurité scripts génériques			
Serveur e-mail entrant (POP3)		Port email	0
Nom compte email			
Mot de passe email			
Vérifier e-mail chaque	60 Secondes		
Voix alarme			
Archivage alarme	Vers ODBC : Aucune	Vers Imprimante : Désactiver	Vers Fichier : Oui
Priorité d'Archive Alarme Minimale	Vers ODBC : 0	Vers Imprimante : 0	Vers Fichier : 0
Archivage d'action	Vers ODBC : Aucune	Vers Imprimante : Désactiver	Vers Fichier : Oui
Archivage vers ODBC	Oui		
Disable All Second Data Log	Aucune		
Dossier archivage	C:\Archives		
Option de démarrage	Aucun		
Intervalle bips	10 Secondes	Fréquence bips	384 Hz
Durée bips	500 Millisecondes	Lignes par page d'archive	55 Lignes
Chaîne de contrôle imprimante			
On line change Tag field reflect to DataBase	Aucune		
Style d'Affichage Courbes Temps Réel	Interval.Poste		
Désactiver Touches Commutation de Tâches	Aucune		
Sync Temps avec Nœud Projet	Aucune		
Software Build : 4.5-2004.09.08			

Figure V.15 - Page de configuration du nœud SCADA.

Dans cette page, on a configuré les champs suivants :

- *Nom nœud* : NoeudSCADA1 ;
- *Description nœud* : Communication avec l'automate ;
- *Adresse IP du nœud* : 192.168.1.1.

Remarque : Certains champs apparaissent par défaut tels que le « *Port TCP primaire* », « *port TCP secondaire* » et « *délais d'attente nœud* », ils reprennent les mêmes configurations que celles choisies précédemment dans la configuration du projet. D'autres champs qui correspondent à la configuration sous réseau internet et la configuration des alarmes n'ont pas été utilisés dans notre projet.

III.6. Création du port de communication

Ce port assure la communication entre le nœud SCADA et le périphérique de commande. Pour le créer, on clique sur « *Ajouter port com* » et la fenêtre ci-dessous apparaît :

Propriété port com	
Supprimer Ajouter périphérique	
Port com : UMMTO • NoeudSCADA1 • 2	
Nom interface	SERIAL
N° port com	2
Description	port série COM2
Débit com.	9600 bps
Bit de donnée	8 bits
Bits d'arrêt	1 bits
Parité	Aucun
Heure scrutation	1 Deuxième
Délai Attente	1100 Millisecondes
Nombre d'essais	3
Temps récupération auto.	5 Deuxième
LiaisonRTS	Oui
LiaisonDTR	Oui
Sauvegarde N° port	0

Figure V.16 - Page de configuration du port de communication.

Les champs configurés dans cette partie sont :

- *Nom interface* : SERIAL ;
- *N° port com* : 2 ;
- *Description* : port série COM2 ;
- *Débit com.* : 9600 bps ;

- *Bit de donnée* : 8 bits ;
- *Bit d'arrêt* : 1 bit ;
- *Parité* : Aucun ;
- *Heure scrutation* : 1 Deuxième ;
- *Délais d'attente* : 1100 ms ;
- *Nombre d'essais* : 3 ;
- *Temps récupération auto* : 5 Deuxièmes.

III.7. Création du périphérique

Le périphérique à créer dans notre cas est l'automate programmable. Pour cela, on clique sur « *Ajouter périphérique* » et la fenêtre ci-dessous apparaît :

Propriété périphérique			
Nom périphérique	Automte		
Description	Automate ABB		
Numéro d'unité	2		
Type périphérique	Modicon		
Non utilisé			
Non utilisé			
Non utilisé	0	Non utilisé	0
Non utilisé	0	Non utilisé	0

Figure V.17 - Page de configuration du périphérique.

Les champs configurés dans cette partie sont :

- *Nom périphérique* : Automate ;
- *Description* : Automate ABB ;
- *Type périphérique* : Modicon.

III.8. Création des points

WebAccess emploie le concept point pour organiser les informations échangées avec l'API. Un point est une marque unique pour une seule information lue ou écrite sur le périphérique d'automation. WebAccess assigne des qualités additionnelles au point comprenant la description, les limites d'alarme, les adresses. Un point peut décrire n'importe quelle entrée, sortie, bit ou mot.

Les points seront créés en cliquant sur « *Ajouter point* ». On distingue :

III.8.a. Les points analogiques

✚ *Le débitmètre massique Coriolis FCM2000* : La configuration de ce point est donnée dans la figure suivante :

Propriété de point Supprimer	
Point : UMMTO • NoeudSCADA1 • 2 • Automte • Coriolis	
Type de point	Point (analogique)
Nom de points	Coriolis
Description	Le débitmètre massique Coriolis FCM2000
Type scrutation	Constant Scan
Adresse	31009
Code de conversion	Unsigned Integer
Bit de départ:	0
Longueur	16
Inversion signal	Aucune
Type échelle	Linear Scale, MX+B
Facteur d'échelle 1	0,0030518509
Facteur d'échelle 2	0
Archive	Oui
Data Log Dead Band	3 %
Archivages écriture	Oui
Lecture seule	Oui
Conserver valeur précédente	Aucune
Valeur initiale	0
Zone de sécurité	0
Niveau de sécurité	0
Ech. haute	100
Ech basse	0
Limite sortie haute	100
Limite sortie basse	0
Unit phys:	l/min
Chiffres affichage (entier)	3
Afficher chiffres(fraction)	2
Fréquence connexion à ODBC	1 Deuxième
Archive Modifications ODBC	Aucune
Bande Morte Archive Modifications ODBC	0 %
Taille matrice	0

Figure V.18 - Configuration du point Coriolis.

✚ *Autres points analogiques* : Pour la configuration des points qui se suivent, on procède de la même façon que celle du débitmètre Coriolis à l'exception :

	Débitmètre électromagnétique FXE4000	Débitmètre électromagnétique COPA-XL	Débitmètre à turbine Faure Herman	Vanne à positionneur intelligent
Type de point	AI (Analogique Input)	AI (Analogique Input)	AI (Analogique Input)	AO (Analogique Output)
Nom du point	Electromagnétique1	Electromagnétique2	Turbine	Vanne
Description	Le débitmètre électromagnétique FXE4000	Le débitmètre électromagnétique COPA-XL	Le débitmètre à turbine Faure Herman	La vanne à positionneur intelligent
Adresse	31011	31014	31013	45138
Unité physique	l/min	l/min	l/min	%

III.8.b. Le point discret

La configuration de la pompe est donnée dans la figure suivante :

Propriété de point Supprimer	
Point : UMMTO • NoeudSCADA1 • 2 • Automte • Pompe	
Type de point	Point (Discret)
Nom de points	Pompe
Description	Démarrage ou arrêt de la pompe
Type scrutation	Constant Scan
Adresse	08193
Code de conversion	Unsigned Integer
Bit de départ:	0
Longueur	1
Inversion signal	Aucune
Archive	Oui
Data Log Dead Band	3 %
Archivages écriture	Oui
Lecture seule	Aucune
Conserver valeur précédente	Aucune
Valeur initiale	0
Zone de sécurité	0
Niveau de sécurité	0
Etat 0	Off
Etat 1	On

Figure V.19 - Configuration du point Pompe.

III.8.c. Les points de calcul

On a cité dans le chapitre II que la disposition en série des débitmètres assure la simplicité de situer l'appareil endommagé. Pour cela, on a créé un point de calcul permettant de calculer l'écart entre deux débitmètres. Si cet écart dépasse un seuil déclaré dans la fenêtre de configuration du point, une lampe s'allumera sur le synoptique de notre chaîne de mesure de débit.

Type de point	Calcul (Discret)
Alarme	Aucune alarme
Nom de points	Deff1
Description	Défaillance sur la 1ère chaîne de mesure
Evaluer fréquence	1 Deuxième
Archive	<input type="radio"/> Oui <input checked="" type="radio"/> Aucune
Data Log Dead Band	3 %
Archivages écriture	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Aucune
Lecture seule	<input type="radio"/> Oui <input checked="" type="radio"/> Aucune
Conserver valeur précédente	<input type="radio"/> Oui <input checked="" type="radio"/> Aucune
Valeur initiale	0
Zone de sécurité	0
Niveau de sécurité	0
Etat 0	
Etat 1	Déff1
Etat 2	NotUsed
Etat 3	NotUsed
Etat 4	NotUsed
Etat 5	NotUsed
Etat 6	NotUsed
Etat 7	NotUsed
Connexion à ODBC	<input type="radio"/> Oui <input checked="" type="radio"/> Aucune
Formule	$(-0.5 < C < 0.5) ? 1 : 0$
A	Coriolis
B	Electromagnétique1
C	A-B

Figure V.20 - Configuration du point de calcul Deff1.

Pour la configuration du point de calcul Deff2 (détection de défaillance sur le deuxième banc de mesure de débit), on procède de la même façon que celle du Deff1 à l'exception :

- *Nom de points* : Deff2 ;
- *Description* : Défaillance sur la 2^{ème} chaîne de mesure ;
- *Etat 1* : Déff2 ;
- *A* : Electromagnétique2 ;
- *B* : Turbine.

III.9. Création du synoptique

Pour créer le synoptique, on clique sur l'icône « Démarrer Draw » de la page ci-dessous :

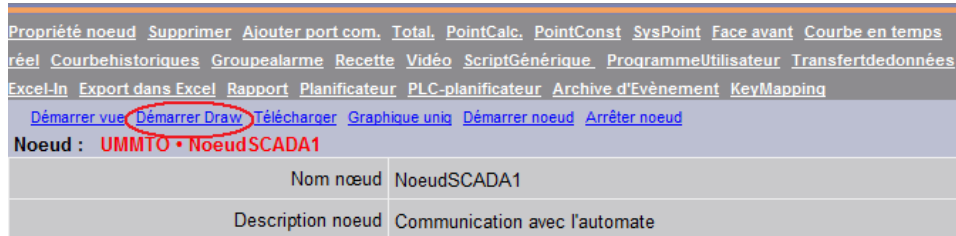


Figure V.21 - Page d'accès à Draw.

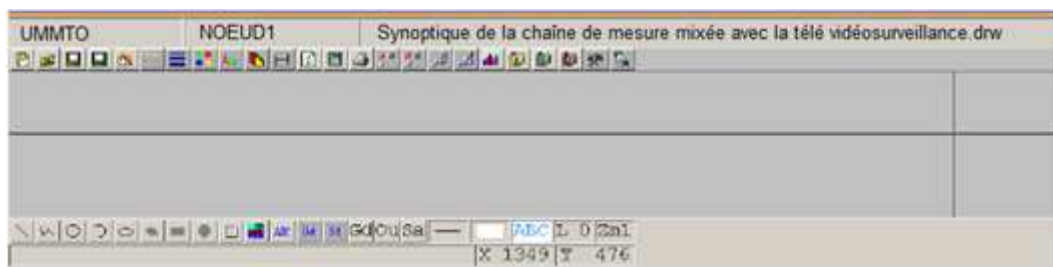


Figure V.22 - Page d'accueil Draw.

Après insertion des différents éléments constituant notre procédé et configuration des boutons et afficheurs, on obtient le synoptique suivant :

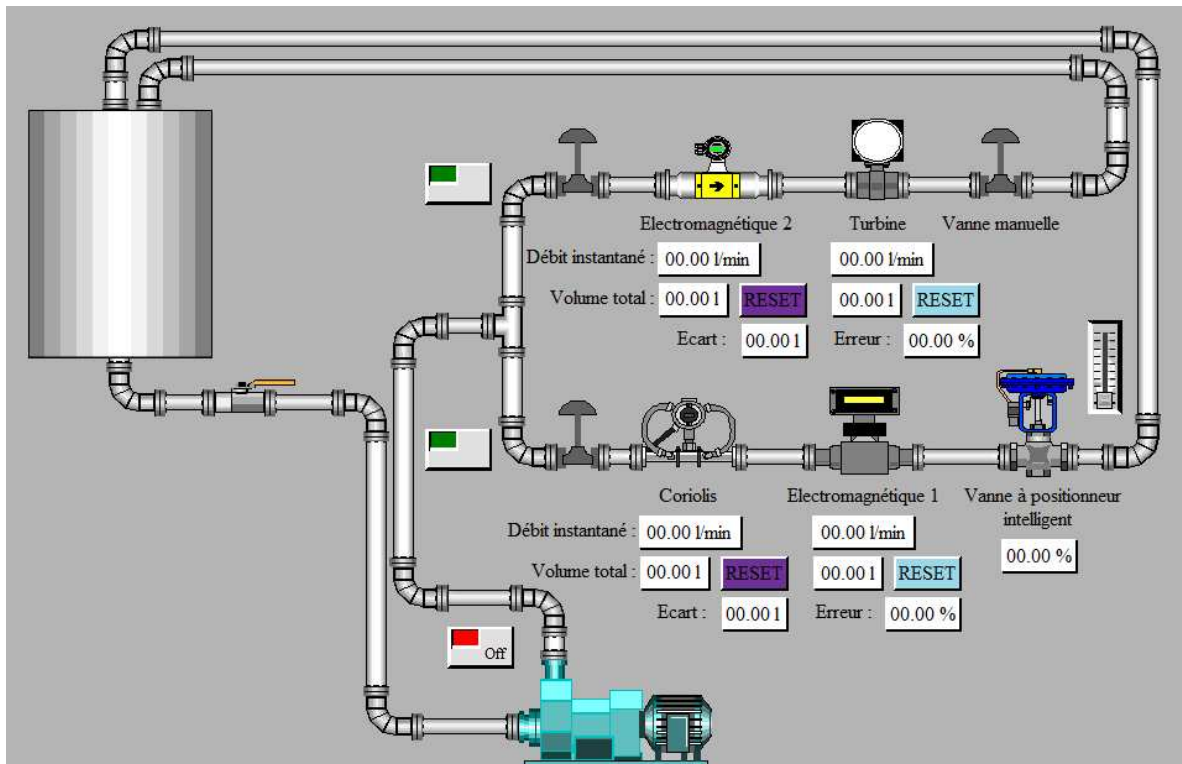


Figure V.23 - Schéma synoptique de notre procédé.

III.10. Configuration de la webcam

L'accès à la page de configuration de la webcam se fait en cliquant sur l'icône « Vidéo » de la figure V.21.

Video Name		<input type="text"/>
Description		<input type="text"/>
Local Tag File		<input type="text"/>
Tag File List		<input type="text"/>
Local Script File	On Entry	<input type="text"/>
	Script File List	<input type="text"/>
	On Exit	<input type="text"/>
While Showing		<input type="text"/>
Interval		<input type="text" value="20"/> (10=0.25 Second)
Video Type		<input type="text" value="sonync (Sony Network Camera)"/>
Video IP Address		<input type="text"/>
Camera		<input type="text"/>
User Name		<input type="text"/>
Password		<input type="text"/>
CGI File		<input type="text"/>
Sound CGI File		<input type="text"/>
Audio Parameter CGI File		<input type="text"/>
Image Source		<input type="text"/>
Refresh Rate		<input type="text"/> Second
Trim		Left <input type="text" value="0"/> % Right <input type="text" value="0"/> % Top <input type="text" value="0"/> % Bottom <input type="text" value="0"/> %

Figure V.24 - Page de configuration de la webcam.

Les champs configurés dans cette partie sont :

- *Video Name* : Webcam ;
- *Description* : Surveillance du procédé d'étalonnage ;
- *Video Type* : webcam32 (Webcam32 Server Push) ;
- *Video IP Adress* : 192.168.1.1.

III.11. Les avantages de WebAccess [16]

- A l'aide d'un navigateur internet standard, chaque utilisateur autorisé supervise et contrôle les équipements d'automatisation utilisés dans les systèmes de contrôle-commande des procédés industriels ainsi que dans la gestion technique des bâtiments et la gestion technique centralisée.

- Réduction des déplacements vers le terrain.
- Procuration d'accès temporel aux données temps réel partout dans l'entreprise via un navigateur web.
- Possibilité d'ajouter des modules selon la nécessité (par exemple, le module de gestion d'alarmes avec notification par e-mail ou récepteur de poche).
- Une structure de base de données, qui ressemble à celle d'un DCS (Système de Commande Décentralisée) qui permet le paramétrage de la base de données.
- Un langage de construction graphique à base vectorielle qui permet une création rapide d'affichages avec des possibilités d'animation sophistiquée et des tailles de fichiers plus petites pour des téléchargements plus rapides. Il permet aussi l'importation de fichiers images (JPEG, GIF, Bmp, DIB), et DXF à base vectorielle, à partir d'Autocad.
- Des graphismes qui offrent des détails à partir d'un panorama de la totalité de l'unité.
- Compatibilité avec les bases de données d'entreprise par une conversion de donnée en temps réel ODBC, incluant Microsoft Access (standard) et des bases de données relationnelles, incluant un serveur SQL Microsoft, Oracle et MySQL.
- Possibilités de remise en réseau incorporée permettant aux données provenant des sites éloignés d'être rapidement disponibles à la commande centrale.

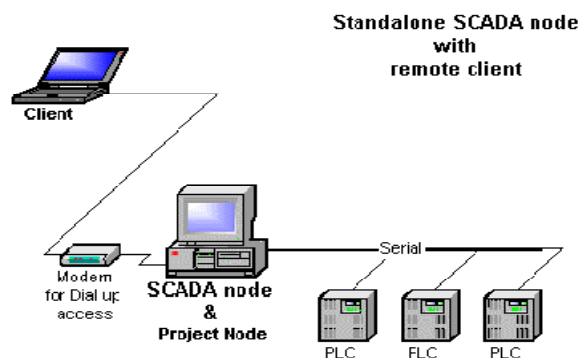


Figure V.25 - Nœud SCADA connecté à un réseau.

IV. Détermination des paramètres du régulateur PI

Dans cette partie, on a appliqué la méthode de Ziegler-Nichols citée précédemment dans le chapitre IV afin de déterminer les paramètres du régulateur PI. Pour cela, on a annulé le temps d'intégration en premier lieu, puis on a varié progressivement l'action proportionnelle jusqu'à obtention du pompage (voir la figure V.26). Le gain trouvé amenant notre système en limite de stabilité vaut : $G_0 = 113$ avec une période $T_0 = 6$ s.

Les paramètres de régulation pour que la réponse du système bouclé soit satisfaisante sont donnés selon les relations suivantes : (voir le tableau IV.1)

$$G = \frac{G_0}{2.2} = \frac{113}{2.2} = 51.36 \Rightarrow BP = \frac{100}{G} = \frac{100}{51.36} \approx 2 \%$$

$$T_i = \frac{T_0}{1.2} = \frac{6}{1.2} = 5 \text{ s}$$

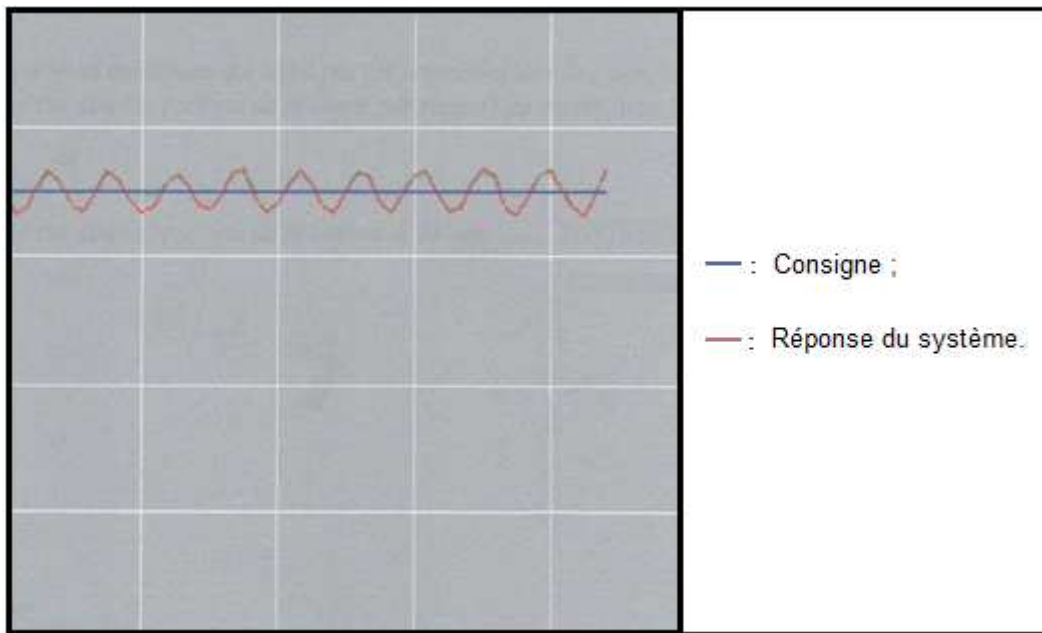


Figure V.26 - Obtention du pompage.

Après injection des ces paramètres, on a abouti à la réponse représentée sur la figure ci-après :

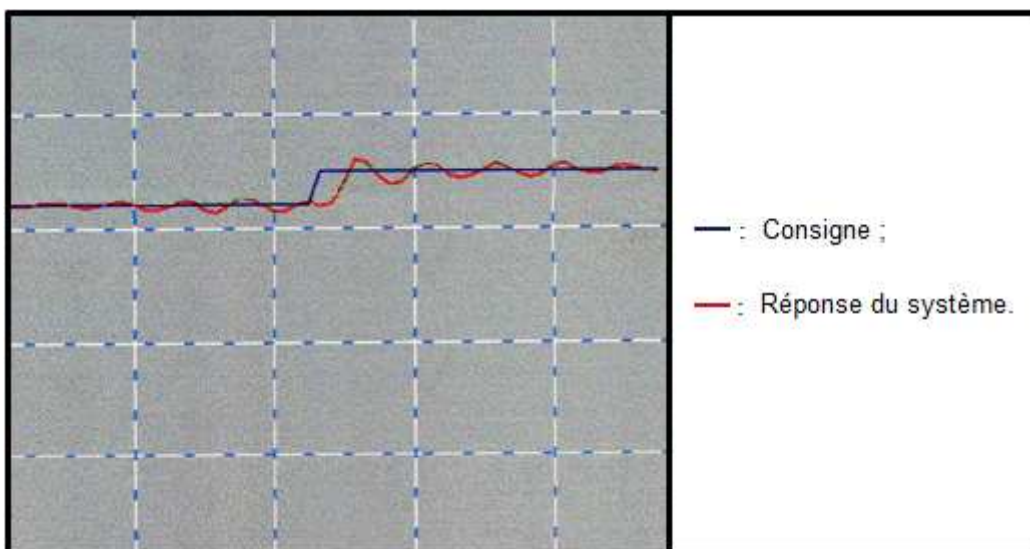


Figure V.27 - Réponse du système après injection des paramètres.

D'après la forme de la réponse obtenue, on déduit que :

- Notre système est de 2^{ème} ordre, possédant un régime pseudopériodique (oscillatoire amortie) ;
- Les paramètres choisis pour le régulateur sont bons. Cela est justifié par des dépassements tolérés et l'élimination de l'écart statique, on parle alors d'un système précis.

V. Conclusion

Dans ce chapitre, on a pu :

- Afficher les différentes valeurs détectées par les débitmètres ;
- Créer la zone d'affichage des courbes (consigne et réponse du système) en temps réel ;
- Configurer le bouton de commande de la pompe ;
- Créer le curseur gradué permettant le réglage de l'ouverture et la fermeture de la vanne ;
- Créer une zone d'affichage et de modification des paramètres du régulateur PI sans accéder au mode programmation ;
- Créer des comparateurs sur le synoptique permettant de vérifier l'écart entre deux débitmètres en série ;
- Archiver les résultats de l'étalonnage des débitmètres dans une base de donnée accessible par un operateur ;
- Afficher les images capturées par la webcam.

La finalité de notre projet consiste à afficher sur le PC superviseur les figures ci-dessous :

Régulation et supervision d'un procédé d'étalonnage de débitmètres

Synoptique de la chaîne de mesure mixé avec la télé vidéosurveillance

Télé vidéosurveillance plein écran

Régulation

Historique

Figure V.28 - Page d'accueil.

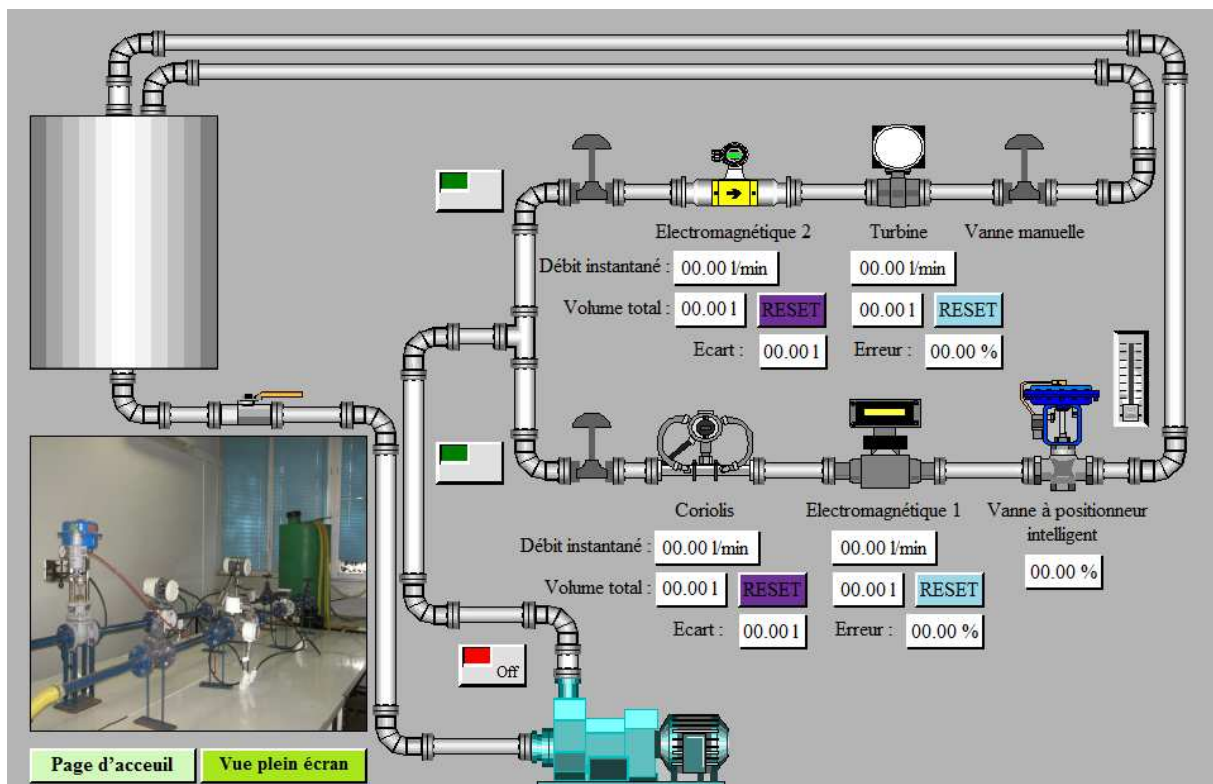
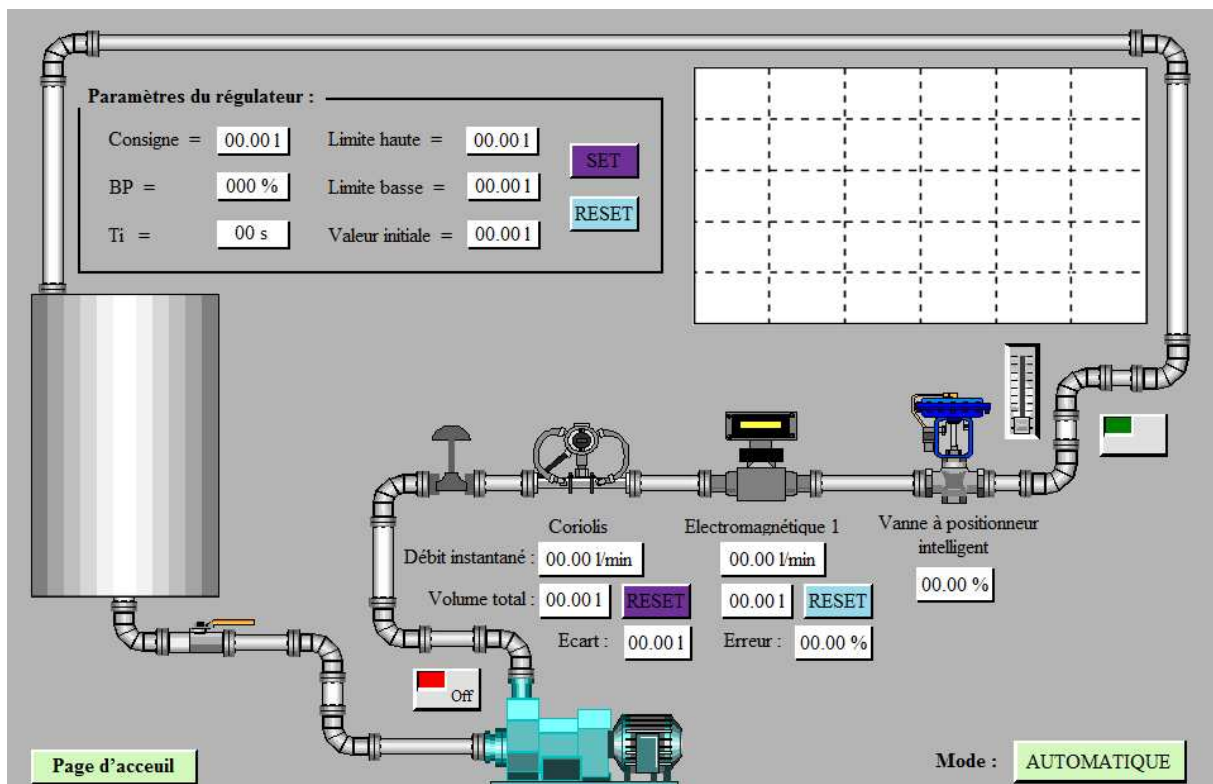


Figure V.29 - Synoptique de la chaîne de mesure mixé avec la télé vidéosurveillance.



Page d'accueil

Figure V.30 - Télé vidéosurveillance plein écran.



Page d'accueil

Figure V.31 - Régulation.

Groupe Courbe historiques1: Archivage de débit

	Coriolis	Electromagnétique1	Electromagnétique2	Turbine	Vanne	Ecart1	Ecart2	Erreur1	Erreur2
05/04/2009 12:00	0	0	72,9	73,12	0	0	-0,22	0	0,22
05/04/2009 12:01	0,99	1,89	71,29	71,63	10	-0,9	-0,34	0,9	0,34
05/04/2009 12:02	3,69	3,56	70,27	70,61	20	0,13	-0,34	0,13	0,34
05/04/2009 12:03	6,43	6,45	69,4	68,53	30	-0,02	0,87	0,02	0,87
05/04/2009 12:04	9,01	9,56	66,1	66,3	40	-0,55	-0,2	0,55	0,2
05/04/2009 12:05	13,39	13,19	63,21	63,5	50	0,2	-0,29	0,2	0,29
05/04/2009 12:06	16,79	16,22	61,14	61,22	60	0,57	-0,08	0,57	0,08
05/04/2009 12:07	19,27	18,85	60,44	59,35	70	0,42	1,09	0,42	1,09
05/04/2009 12:08	21,81	21,33	57,27	57,51	80	0,48	-0,24	0,48	0,24
05/04/2009 12:09	23,88	23,54	55,4	55,81	90	0,34	-0,41	0,34	0,41
05/04/2009 12:10	24,72	24,29	55,11	55,16	100	0,43	-0,05	0,43	0,05

Figure V.32 - Historique.

Conclusion générale

L'étude et la mise en œuvre de ce projet nous a permis de mettre en pratique et d'approfondir nos connaissances acquises durant le cursus d'ingénieur en Automatique et de nous familiariser avec le monde industriel. En effet, il a fait appel à une diversité de connaissances telle que la programmation d'automates, l'étude des capteurs, la régulation, la configuration de la supervision dans un but commun qui est : la régulation et la supervision d'un procédé d'étalonnage de débitmètres.

Ce travail réalisé au sein d'une équipe compétente nous a permis d'accroître nos connaissances et nos compétences au travers de nos échanges avec le personnel du département instrumentation. Cette expérience est une source de connaissance du fonctionnement et des exigences techniques et relationnelles d'une entreprise industrielle telle que l'IAP.

Ce projet a nécessité de notre part un travail méthodique et rigoureux. Après une étude des différents constituants de cette chaîne de mesure (les différents types de débitmètres, la vanne de régulation, l'API ABB ainsi que la supervision sous logiciel WebAccess), nous avons réalisé la programmation de la régulation de type PI dans l'API ABB puis déterminé les différents paramètres de cette régulation. Après des essais concluants, nous avons paramétré la supervision sous WebAccess et réalisé les synoptiques permettant le pilotage et la supervision de cette installation. Pour finir, nous avons intégré la télé vidéosurveillance dans la supervision.

Ce système ainsi finalisé, permet :

- Le pilotage de la pompe d'alimentation des lignes équipées de débitmètres ;
- Le réglage des paramètres du régulateur ;
- Le suivi de l'évolution des quatre mesures de débit via des valeurs affichées sur les synoptiques ainsi que le comptage du volume de chaque débitmètre ;
- La visualisation des courbes de la réponse du système ainsi que la consigne en temps réel ;
- L'alerte en cas de dépassement de l'écart toléré et exigé par le cahier des charges ;
- La surveillance de l'installation par le biais de caméras retransmettant les images sur la supervision.

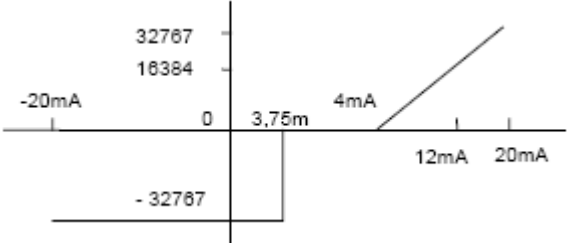
Tout ceci étant réalisé à distance, à travers les synoptiques développés sous WebAccess. Cette installation représente donc un gain de temps d'étalonnage et une précision de l'appareil étalonné (balayage de l'étendu de la mesure ce qui n'est pas toujours possible en exploitation). Ce procédé permet également de réduire les risques vis-à-vis des équipements et du personnel. En effet, l'étalonnage est réalisé en dehors des installations en exploitation, dans un lieu sous vidéosurveillance, limitant ainsi les besoins du personnel d'accéder à ce procédé.

Annexes

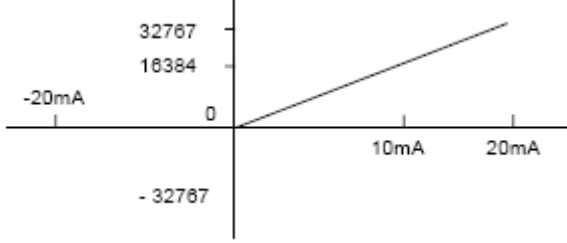
Fonctionnalités		
- Temps d'exécution pour 1koctets :		
100 % instructions binaires		0,4 ms
85 % binaires, 35 % mots		1,2 ms
- Bits internes		2016
- Mots internes		2016
- Double mots internes		128
- Séquenceurs		2016
- Constantes sur mot		496
- Constantes sur mot double		127
- Temporisation :		42 en même temps
Plage de temps		de 1 ms à 596 h 30 (24 jours et 20 h 30)
- Compteurs :		illimité
Plage de comptage		- 32767 à + 32767
- Fonction de comptage rapide :		
Codeur incrémental		1 avec fréquence max 5 kHz sur entrées I62.00 et I62.01
Compteurs indépendants		2 de 7 kHz sur entrées I62.00 et I62.01
- Interruptions :		délais de 250 µs
par alarme (sur front montant)		ou 2,5 ms en maître/esclave CS 31
cyclique		2 sur les entrées I62.02 et I62.03
durée max		1 (de 1 ms à 2 s) ou 5 ms à 2 s en maître 1,5 ms en maître ou 3 ms en esclave/standalone
- Sortie de commande de moteur pas à pas avec modification de fréquence (rapport cyclique = 50 %)		10 Hz à 2,66 kHz
- Protection du programme utilisateur dans l'unité centrale		oui par mot de passe
- Horodateur : Dérive (typ.)		4,3 min / mois à 25°C
- Masse	400 g	800 g
Alimentation		
- Tension d'alimentation :		
Valeur nominale	24 V d.c.	120 / 230 V a.c.
Plage admissible	19,2 à 30 V	97,75 à 128,5 V ou 195,5 à 253 V
- Consommation :		
unité centrale seule typ.	120 mA	30 mA
configuration maximale typ.	400 mA	100 mA
- Protection contre inversion de polarité	oui	non
- Alimentation 24 V d.c. isolée pour les entrées :	non	oui
plage de valeur de la tension	-	19,2 à 30 V
courant de sortie	-	400 mA
protection contre courts-circuits	-	oui
- Dissipation	5 W (6 W pour 07 KT 51)	10 W

Annexe 2 : Courbes des entrées analogiques

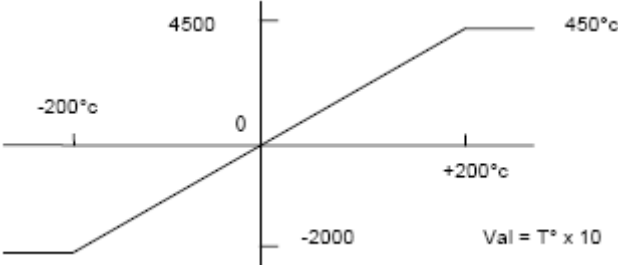
▪ **Courant 4-20 mA**



▪ **Courant 0-20 mA**

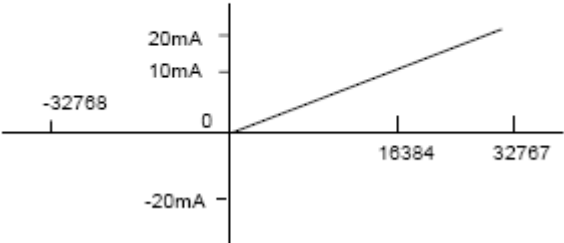


▪ **PT100/PT1000**

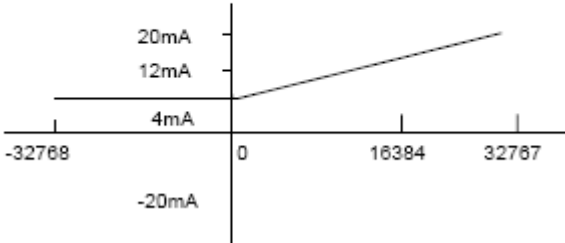


Annexe 3 : Courbes des sorties analogiques

▪ **Courant 0-20 mA**



▪ **Courant 4-20 mA**



Annexe 4 : Adresses des variables analogiques

Type de variable	Variable	Adresses MODBUS en hexadécimale	Adresses MODBUS en décimale
Entrées binaires	IW 00.00	0000	0000

	IW 00.15	000F	0015
	IW 01.00	0010	0016

	IW 62.15	03EF	1007
Sorties binaires	IW 63.00	03F0	1008

	IW 63.15	044F	1103
	OW 00.00	1000	4096

	OW 00.15	100F	4111
Bites internes	OW 01.00	1010	4112

	OW 62.15	13EF	5103
	OW 63.00	13F0	5104

	OW 63.15	144F	5199
Doubles mots interne	MW 000.00	2000	8192

	MW 000.15	200F	8207
	MW 001.00	2010	8208

	MW 099.15	263F	9791
Constantes indirectes sur mot	MW 230.00	2E60	11872

	MW 255.15	2FFF	12287
	MD 00.00	4000	16384
Constantes indirectes sur double mot
	MD 00.15	401E	16414
	MD 01.00	4020	16416

Constantes indirectes sur mot	MD 07.15	40FE	16638
	KW 00.00	3000	12288

	KW 00.15	300F	12303
Constantes indirectes sur double mot	KW 01.00	3010	12304

	KW31.15	31FF	12799
	KD 00.00	5000	20480
Constantes indirectes sur mot
	KD 00.15	501E	20510
	KD 01.00	5020	20512

Constantes indirectes sur double mot	KD 07.15	50FE	20734

Annexe 5 : Adresses des variables binaires

Type de variable	Variable	Adresses MODBUS en hexadécimale	Adresses MODBUS en décimale
Entrées binaires	I 00.00	0000	0000
	I 00.01	0001	0001

	I 00.15	000F	0015
	I 01.00	0010	0016

	I 61.15	03DF	0991
	I 62.00	03E0	0992

	I 62.15	03EF	1007
I 63.00	03F0	1008	
.....	
I 63.15	044F	1103	
Sorties binaires	O 00.00	1000	4096
	O 00.01	1001	4097

	O 00.15	100F	4111
	O 01.00	1010	4112

	O 61.15	13DF	5087
	O 62.00	13E0	5088

	O 62.15	13EF	5103
O 63.00	13F0	5104	
.....	
O 63.15	144F	5199	
Bites internes	M 000.00	2000	8192
	M 000.01	2001	8193

	M 000.15	200F	8207
	M 001.00	2010	8208

	M 099.15	263F	9791
	M 230.00	2E60	11872

M 254.15	2FEF	12271	
M 255.00	2FF0	12272	
.....	
M 255.15	2FFF	12287	
Séquenceurs	S 000.00	3000	12288
	S 000.01	3001	12289

	S 000.15	300F	12303
	S 01.00	3010	12304

S 125.15	37DF	14303	

Annexe 6 : Temps de cycle de l'unité centrale

Le programme de l'unité centrale s'exécute cycliquement pendant une durée définie par le paramètre système « *Déclaration du temps de cycle* » :

- Pour une unité centrale maître, le cycle est compris entre 0 et 100 ms et seuls les multiples de 5 ms sont autorisés ;
- Pour une unité centrale esclave ou indépendante, le temps de cycle est compris entre 0 et 255 ms.

Remarque : Lorsque la valeur 0 est sélectionnée, le temps de cycle est le temps minimum dont l'unité centrale a besoin à chaque cycle. Dans ce cas, le temps de cycle n'est à priori pas constant.

Le temps de cycle T_c peut être calculé par l'utilisateur en tenant compte de l'équation suivante :

$$T_c \geq T_d + T_p$$

avec :

- T_d : Temps de transmission sur le bus CS 31.
- T_p : Temps d'exécution du programme.

Le temps d'exécution du programme correspond à l'addition de tous les temps des fonctions présentes dans le programme utilisateur. De façon générale, le temps d'exécution du programme pour 1000 octets vaut :

- 0,4 ms pour 100 % d'instructions binaires ;
- 1,2 ms pour 65 % d'instructions binaires et 35 % d'instructions sur mots.

Le temps de transmission du bus se calcule à partir de la configuration de l'installation. Il s'agit d'additionner tous les temps de tous les boîtiers sur le bus. Le temps total pour les boîtiers déportés extensibles est l'addition du temps du boîtier et des temps des extensions raccordées.

Annexe 7 : Paramètres de communication

Les paramètres de communication sont définis de la façon suivante en fonction des modes :

Mode	Paramètres par défaut	Modifications des paramètres
Programmation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 9 600 Bauds ; ▪ Pas de parité ; ▪ 8 bits de données ; ▪ 1 bit de stop. 	Paramètres non modifiables.
ASCII	Pas de définition de paramètres par défaut	Définition des paramètres en utilisant la fonction SINIT dans le programme utilisateur.
MODBUS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 9 600 Bauds ; ▪ Pas de parité ; ▪ 8 bits de données ; ▪ 1 bit de stop. 	Modification des paramètres en utilisant la fonction SINIT dans le programme utilisateur.

Remarque : La fonction SINIT est une fonction de communication, utilisée dans les programmes utilisateurs permettant d'initialiser et de configurer les paramètres des modes de communication.

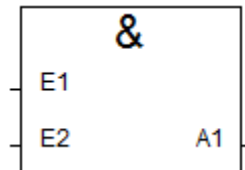
Annexe 8 : Langages de programmation des unités centrales AC31

Il existe quatre langages de programmation :

- **LD et Quick LD :** sont des langages graphiques basés sur des symboles de schémas à contacts. Ils sont adaptés au traitement combinatoire et offrent des symboles graphiques de base et des blocs fonctionnels d'automatismes définis dans la norme IEC 1131-3 (contacts, temporisateurs, compteurs).
- **FBD :** est un langage graphique de blocs fonctionnels qui permet de programmer des procédures complexes en combinant des fonctions existantes dans la bibliothèque du logiciel AC31GRAF.
- **SFC :** équivalent au Grafcet, c'est un langage graphique pour décrire des opérations séquentielles. Le process est représenté par des graphes constitués d'étapes liées par des transitions qui correspondent à une condition binaire. Les actions associées aux étapes peuvent être écrites dans un autre langage.
- **IL :** langage sous forme de listes d'instructions. Il s'adresse plus particulièrement aux automaticiens chevronnés.

Annexe 9 : Blocs fonctionnels

Porte ET



E1	BIT	%I, %M, %O, %S, %K	Opérande 1
E2	BIT	%I, %M, %O, %S, %K	Opérande 2
A1	BIT	%M, %O, %S	Résultat de la combinaison ET

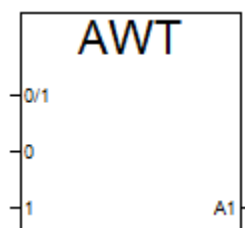
 **Description**

Cet élément de connexion réalise une combinaison logique ET des opérandes en entrée. Le résultat est assigné à l'opérande en sortie.

 **Table de vérité**

E1	E2	A1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Porte de sélection AWT

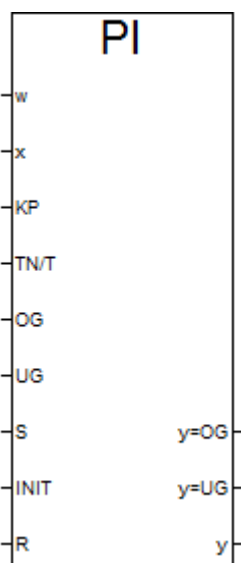


0/1	BIT	%I, %M, %O, %S, %K	Entrée de commutation
0	MOT	%IW, %MW, %OW, %KW	Entrée mot pour 0/1 = 0
1	MOT	%IW, %MW, %OW, %KW	Entrée mot pour 0/1 = 1
A1	MOT	%OW, %MW	Sortie mot

 **Description**

Un signal 0 à l'entrée binaire 0/1 assigne la valeur de l'opérande mot à l'entrée 0 à l'opérande mot à la sortie A1. Un signal 1 à l'entrée binaire 0/1 assigne la valeur de l'opérande mot à l'entrée 1 à l'opérande mot à la sortie A1.

Régulateur PI (Proportionnel Intégral)



w	MOT	%IW, %MW, %OW, %KW	Variable de commande
x	MOT	%IW, %MW, %OW, %KW	Variable contrôlée
KP	MOT	%IW, %MW, %OW, %KW	Coefficient proportionnel spécifié en %
TN/T	MOT	%IW, %MW, %OW, %KW	Temps d'action intégral, établi à l'échelle du temps de cycle de l'automate
OG	MOT	%IW, %MW, %OW, %KW	Limite haute pour la variable manipulée y
UG	MOT	%IW, %MW, %OW, %KW	Limite basse pour la variable manipulée y
S	BIT	%I, %M, %O, %S, %K	Validation pour la mise de la variable manipulée y à la valeur initiale INIT
INIT	MOT	%IW, %MW, %OW, %KW	Valeur initiale pour la variable manipulée y
R	BIT	%I, %M, %O, %S, %K	Remise de la variable manipulée y à la valeur 0
y=OG	BIT	%O, %M	La limite haute a été atteinte
y=UG	BIT	%O, %M	La limite basse a été atteinte
y	MOT	%OW, %MW	Sortie pour la variable manipulée y

Description

Le régulateur PI change la valeur à sa sortie y (variable manipulée) jusqu'à ce que la valeur à l'entrée x (variable contrôlée) soit égale à la valeur à l'entrée w (variable de commande).

Annexe 10 : Le protocole HART

HART (Highway Addressable Remote Transducer) utilise la technique de communication de fréquence (FSK) pour superposer la transmission digitale à la boucle de courant 4-20 mA, qui relie le système central à l'équipement sur site.

HART utilise les fréquences 1200 Hz et 2200 Hz pour représenter respectivement le « 1 » et le « 0 » binaire. Ces deux modulations sinusoïdales se rajoutent au signal continu, à un niveau très faible (1 mA crête à crête).

Annexe 11 : Terminologie

- **Le temps de scrutation** : C'est le temps qui sépare deux lancements successifs de la même portion du programme d'application, il comprend non seulement le temps de traitement mais aussi le temps de mise à jour de la mémoire des E/S.

- **Le temps d'exécution** : Il dépend de la taille du programme, la plupart des machines pouvant ne lire que la partie de la mémoire programme utilisée par le programme en cours, mais change par exemple en cas de présence d'un saut avant ; il peut s'apprécier à partir d'une vitesse de référence exprimée en millisecondes par kilomots de la mémoire programme.

- **Asservissement et régulation** : Lorsqu'il y a un retour d'information de la grandeur observée sur le régulateur, on parle d'un asservissement du système ou d'une régulation du système.

- a) **Asservissement** : La consigne, traduisant l'objectif désiré du procédé, n'est pas constante et les grandeurs perturbatrices n'existent pas ou sont très peu influentes sur la grandeur à maîtriser.

- Exemple* : Asservissement en position d'une parabole d'un radar de contrôle aérien.

- b) **Régulation** : La consigne est constante et les grandeurs perturbatrices influencent fortement la grandeur à maîtriser.

- Exemple* : Régulation de PH de rejets d'eau destiné à être déversés dans une rivière.

Remarque : En pratique, lorsqu'un changement de consigne est effectué, une régulation devient, de fait, un asservissement. Un asservissement maintenant une grandeur constante pendant une durée donnée peut subir une perturbation inopinée et devient alors une régulation. Dans beaucoup de cas il y a à la fois régulation et asservissement. On parle alors de système asservi soit de maintien ou de poursuite

▪ **Le réseau de terrain (fieldbus) :** Fieldbus est un réseau local industriel. Il est qualifié d'industriel car orienté production et local car établi dans une partie de ce site de production que constitue une entreprise. Il permet donc de mettre en communication des capteurs, des actionneurs, des automates programmables industriels, des machines à commande numérique, des robots, des régulateurs industriels et des systèmes de commande et de contrôle simples.

▪ **Le SCADA :** Acronyme de : " Supervisory Control And Data Acquisition" , qui se traduit en français par « commande et l'acquisition de données de surveillance », est un système de télécontrôle et de télécommande s'appuyant notamment sur de nombreux moyens de télétransmissions et des outils informatiques spécifiques, dont les objectifs sont de collecter des données à partir des processus de fabrication, de traiter ces données et de prendre des décisions en se reposant sur ces données. Par conséquent, l'idée générale est celle d'un système de télégestion à grande échelle réparti au niveau des mesures et des commandes.

Le système SCADA inclut le matériel, les contrôleurs, l'interface utilisateur, les réseaux, la communication, la base de données et le logiciel de signalisation des entrées-sorties. Il fait essentiellement partie de la branche des technologies de l'instrumentation. Le champ d'application SCADA se reporte habituellement sur un système central contrôlé par des moniteurs et des commandes sur un emplacement complet ou un système étendu sur une longue distance.

▪ **La télé vidéosurveillance :** La notion de la télésurveillance est souvent confondue à la vidéosurveillance. En effet, 95 % des personnes équipées en télésurveillance n'ont pas de transmission d'image mais une télésurveillance par écoute ou sans écoute. Les images obtenues avec la vidéosurveillance, autrement dit, avoir un système de caméras installées dans un espace qui fait l'objet d'une surveillance, sont visionnées et/ou archivées dans un but de surveiller le mouvement du personnel. La vidéo peut être installée de deux manières à savoir la vidéosurveillance en circuit fermé donc en interne ou bien la vidéo transmission par internet. Dans le cas où la vidéosurveillance est raccordée à un PC il s'agit alors de télé vidéosurveillance.

La télésurveillance exploite la vidéosurveillance avec des interventions humaines. De façon très schématique, on peut considérer que tout ce qui est surveillé de loin fait l'objet d'une télésurveillance. La télésurveillance vise à récupérer à distance une information, qui sera traitée puis approuvée par une prise de décision de type faut-il intervenir ou non ?

Liste des abréviations

%I	Entrée binaire
%IW	Entrée analogique
%O	Sortie binaire
%OW	Sortie analogique
°C	Degré Celsius
A/N	Analogique Numérique
ABB	Asea Brown Boveri
AC31GRAF	Logiciel de programmation de l'automate ABB
ADDR 0	Adresse en décimal de la première variable sélectionnée
API	Automate Programmable Industriel
ASCII	American Standard Code of Information Interchange (code standard américain d'échange d'informations)
BP	Bande Proportionnelle
Bypass	Conduite de dérivation
CAN	Convertisseur Analogique Numérique
CPU	Unité Centrale (p 24)
CRC	Cyclical Redundancy Check (contrôle de redondance cyclique)
CS 31	Bus de communication entre l'API maître et les boîtiers déportés
DCS	Système de Commande Décentralisée
ε	Ecart
E/S	Entrée/Sortie
EEPROM	Electrically Erasable PROM (de la PROM effaçable électriquement)
f.é.m	Force électromotrice
FSK	Frequency Shift Keying (décalage de fréquence)
h	Heure
HART	Highway Addressable Remote Transducer
HMI	Human-Machine Interface (interface homme-machine)
HTTP	HyperText Transfer Protocol
Hz	Hertz
IL	Instruction List
imp.	Impulsion
IP	Internet Protocol
Kg	Kilogramme
LD/FBD	Ladder and Function Bloc Diagram (langage à contacts et bloc diagramme de fonctions)
mA	Milliampère (10^{-3} A)
MODBUS	Protocole de type maître-esclave
ms	Milliseconde
Octet	Ensemble de 8 bits
PC (féminin)	Partie Commande (p 30)
PC (masculin)	Personal Computer (ordinateur personnel)
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association (barrette mémoire)

PDM	Pulse Duration Modulation (ou MLI: Modulation de Largeur d'Impulsion)
PID	Proportionnel Intégral Dérivé
PO	Partie Opérative
PROM	Programme ROM (mémoire morte programmable)
Q_m	Débit massique
Quick LD	Ladder Diagram (Langage Ladder)
Q_v	Débit volumique
RAM	Random Access Memory (mémoire à accès aléatoire : mémoire vive)
ROM	Read Only Memory (mémoire morte ou à lecture seule)
s	Seconde
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (commande et l'acquisition de données de surveillance)
SFC	Sequential Function Chart (équivalent au Grafcet)
SI	Système international
TOR	Tout Ou Rien
UC	Unité Centrale
V	Volt
WebAccess	Logiciel de supervision

Bibliographie

Ouvrages

- [1] Georges Asch et Coll.- Les capteurs en instrumentation industrielle, 6^e édition.
- [2] Théodore Wilidi, Gilbert Sybille.- Electrotechnique, 4^e édition.
- [3] Amer Yahia Cherif. - Logique et calculateurs, 2003.
- [4] G. Michel. - Les A.P.I. : Architecture et applications des automates programmables industriels, 1988.
- [5] Patrick Prouvost.- Automatique : Contrôle et régulation, Dunod.

Articles des Techniques de l'Ingénieur

- [6] Michel Bertrand. - Automates programmables industriels. S8015, traité informatique industrielle, mars 2009.

Thèses

- [7] Présenté par : Malki Zedjiga et Aliche Hakim. - Supervision sous WebAccess d'un processus industriel commandé par un automate programmable, promotion 2006-2007, Electronique option communication.
- [8] Présenté par : Assaf Ryma, Drif Amina et Boussaid Amine. - Etude et développement d'une commande sous système SCADA pour le contrôle et le comptage de débit de gaz, promotion 2007-2008, Automatique.

Sites Internet

- [9] L. Bergougnoux (Maître de conférences au département mécanique énergétique de polytechnique de Marseille). - Conditionnement électrique des capteurs.
- [10] Pascal Dereumaux. - Mesure et capteurs de débit, 2001.
- [11] Débitmètre massique Coriolis FCM2000 pour la mesure simultanée de masse, de masse volumique et de température.pdf (documentation technique sur le site officiel de ABB : www.abb.com).
- [12] Débitmètre électromagnétique FXE4000 (COPA-XE/MAG-XE) à excitation courant continu alterné.pdf (documentation technique sur le site officiel de ABB).
- [13] HELIFLUTM TZN.pdf (documentation technique sur le site officiel de Faure Herman : www.faureherman.com).

- [14] TZID-C Positionneur intelligent, compact et puissant.pdf (documentation technique sur le site officiel de ABB).
- [15] Contrôleur Advant 31.pdf (documentation technique sur le site officiel de ABB).
- [16] WebAccess HMI & SCADA software.pdf (documentation sur le site officiel du WebAccess : www.broadwin.com).