

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études
Présenté en vue de l'obtention
du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Automatique

Thème:
*Etudes développement d'une commande
SCADA pour le contrôle et le comptage de
débits de gaz*

Présenté par :
ASSAF RYMA
DRIF AMINA
BOUSSAID AMINE

Proposé et dirigé
BESSAD.RACHID

Promotion 2008

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Etude de la chaîne de mesure et de comptage de débit de gaz.

I – Introduction	1
II- Description de la chaîne de régulation	1
II.1) Généralités sur les éléments intelligents	2
II.2) Transmetteur intelligent	4
Définition	4
II.2.1) Transmetteur de pression mono variable 264/265D	5
1- Mode de fonctionnement	5
2- Montage du transmetteur de pression différentielle	6
3 - Configuration	6
II.3) Transmetteurs multivariables	7
Définition	7
II.3.1) Transmetteurs multi- variables 267/269CS série 2600T (ABB)	8
1- Description générale	8
2- Mode de fonctionnement	9
3- Circuit de communication	9
II.4) Présentation du manifold 3 voies	10
Fonctions	11
II.5) Le diaphragme débitmétrique	12
1- Evolution de la vitesse à l'intérieur de la bride à orifice	13
2- Évolution de la pression à l'intérieur de la bride à orifice	13
3- Avantages et désavantages des diaphragmes	14
II.6) La vanne de contrôle	14
II.7) Manomètres métallique	15
- Manomètre à tube de BOURDON	16
II.8) Le Rotamètre	16
1- Présentation	17
2- Caractéristiques métrologiques	18
II.9) Enregistreur vidéo	18
III- Configuration des transmetteurs intelligents	19
III.1) Transmission d'une information analogique	19
Boucle de courant	19
III.2) Le protocole HART	20
1- Définition	20
2- Communication	21
III.3) Configuration à l'aide d'une Console portable	22
III.4) Configuration à l'aide du Logiciel de communication SMART VISION	23
Conclusion	25

Chapitre II : Mesure et comptage de débit de gaz

I- Introduction	26
II- MESURE DE DEBIT	26
II.1) Définition d'un débit	26
II.2) Différents régimes d'écoulement	27
II.3) Nombre de Reynolds	28
II.4) Mesure de débit par un diaphragme	30
1- La loi de Bernoulli	30
2- Expression théorique du débit pour un débitmètre à organe déprimogène	31
3- Expression pratique du débit pour un débitmètre à organe déprimogène	33
4- Effet de la température et de la pression sur la mesure de débit	33
II.5) Mesure de débit par un transmetteur multi variable 267/269	34
- La norme ISO 5167-1	35
- La formule de calcul	35
II.5.1) Principe de détermination de l'organe déprimogène	38
II.6) Critères de choix des capteurs de débit	39
III- Comptage de débit de Gaz	40
III.1) Objectifs du comptage	40
III.2) Classification générale des dispositifs de comptage	40
III.3) Constitution générale d'un système de comptage de débit de gaz	41
III.4) Comptage de débit gaz par Mesure de pression différentielle	42
III.5) Comptage de l'énergie	43
III.5.1) Composition du gaz naturel Algérien	43
III.5.2) Détermination du PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur)	44
III.5.3) Chromatographie	44
1- Définitions	44
2- Chromatographie en phase gazeuse (CPG)	45
Simulation d'une station de comptage d'énergie	46
Conclusion	48

Chapitre III : Développement de la plate forme de contrôle et de supervision (SCADA).

I- Introduction	49
II- Automate programmable ABB	49
II.1) Présentation	49
1- Câblage du bus	50
2- Fonctionnement	51
3- Mise sous tension / démarrage du programme	52
II.2) Adressage de l'automate	52
II.3) Programmation de l'automate ABB(AC31)	54
II.4) Communication	55
II.4.1)- Exemples de configuration	56
II.5) Diagnostic	60
III- Supervision des systèmes.	60
III.1) Définition de la supervision	60
III.2) Fonctionnalités d'une application de supervision	61
III.3) Description du logiciel de supervision WebAccess	62

- Architecture du WebAccess	62
Conclusion	64
Chapitre IV :Modélisation de la chaîne de mesure et de comptage de débit de gaz .	
I- Introduction	65
II – Modélisation des éléments constituant notre chaîne de mesure	65
II.1) Fonction de transfert de la vanne automatique	65
a- Etat statique	65
b- Etat Dynamique	66
II.2) Fonction de transfert des transmetteurs	67
1- Fonction de transfert de transmetteur de la pression différentielle	67
2- Fonction de transfert de transmetteur de débit	67
3- Fonction de transfert de transmetteur de pression	68
II.3) Modèle mathématique de la conduite	68
II.4) Application numérique	71
III- La régulation des procédés industriels	73
III.1) But de la régulation	74
III.2) Structure d'un système de régulation automatisée	74
III.3) Principaux modes d'action des régulateurs	75
1- La commande proportionnelle (p)	75
2- La commande intégrale (I)	76
3- La commande dérivée (D)	77
4- Régulateur proportionnel, intégral et dérivé (PID)	78
III.4) Réalisation des actions PID	79
1- Structure série	79
2- Structure parallèle	80
3- Structure mixte	80
III.5) Choix des boucles de régulation	81
III.6) Réglage des paramètres des régulateurs	81
III.6.1) Méthode de Ziegler Nichols	81
1- Mesures sur la réponse en BO	81
2- Mesure sur la réponse en BF	83
IV- Simulation des résultats sous simulink	84
Conclusion	86
Chapitre V : Application de la solution SCADA pour le contrôle et le comptage du gaz.	
I- Introduction	87
II- Etapes à suivre pour créer un projet sous WebAccess	87
- Application au banc de mesure et contrôle de débit de gaz	87
III- Programmation avec l'AC 31 Graf	98
III.1) Le programme de la régulation en mode Automatique (Boucle fermée)	98
III.2) Le programme de la régulation en mode manuel (Boucle Ouverte)	101
Conclusion	102

Peu importe le secteur industriel, produire en misant sur la qualité et la flexibilité sont aujourd'hui des éléments essentiels pour pouvoir rester concurrentiel en tant qu'entreprise, Ces exigences ont également été deux moteurs du développement impressionnant du marché IHM (Interfaces Homme Machine), conduire et superviser ne se limite plus aujourd'hui simplement à un panneau raccordé à la commande, mais va bien au-delà et s'étend de l'affichage texte aux solutions PC intelligentes cohérentes.

Les systèmes **SCADA** (Supervisory Control And Data Acquisition) garantissent la transparence requise pour la production. **ABB** offre toute la panoplie des applications concernant la conduite et la supervision.

Notre projet a été réalisé au laboratoire d'instrumentation de l'**IAP** (Institut Algérien de Pétrole) il s'inscrit dans le cadre de « Etude et développement d'une commande SCADA pour le contrôle et le comptage de débit de gaz »

Ce présent travail vise plusieurs objectifs qui sont entre autres :

- La configurations adéquate des transmetteurs intelligents.
- Etude de l'une des techniques de mesure et comptage de débit.
- La prise en main du logiciel de supervision **WebAccess**.
- Adaptation de l'Automate Programmable **ABB** au logiciel de supervision **WebAccess** ainsi qu'à la boucle de mesure et comptage de débit.
- La prise en main du logiciel de programmation **AC 31 Graf** de l'Automate ABB.
- La prise en main du logiciel de simulation d'une station de comptage d'énergie (**APB**).

Ce mémoire est organisé de la façon suivante :

- Après une introduction générale, nous avons décrit les différents constituants de notre chaîne de mesure et nous avons présenté les méthodes de configuration des éléments intelligents en utilisant la console portable (**STT004**) et/ou le logiciel **SMART VISION** dans le premier chapitre.

- Le deuxième chapitre présente la technique de mesure et comptage d'énergie.
- Le troisième chapitre décrit l'Automate Programmable **ABB** ainsi que le logiciel de supervision **WebAccess** (**SCADA**).

- Le quatrième chapitre est consacré à la modélisation et à la simulation du système de régulation de débit de gaz .

- Le cinquième chapitre est réservé à la réalisation de la plate forme de contrôle et de supervision SCADA .

Nous terminons par une conclusion générale et des perspectives future pour ce travail.

I – Introduction

L'objectif de ce premier chapitre est de présenter notre banc de mesure ainsi que ses différents constituants, en abordant leurs principes de fonctionnements et leurs différentes caractéristiques.

On étudiera aussi les méthodes appliquées pour configurer les transmetteurs intelligents. qui constituent les éléments majeurs de notre chaîne de mesure.

II - Description de la chaîne de mesure et de régulation

Notre chaîne sert à mesurer et à réguler un débit de gaz, elle se compose **d'éléments intelligents** tels que le transmetteur multivariable pour la mesure de débit, et les transmetteurs mono variables utilisés pour la mesure de la pression absolue et de la pression différentielle. Ces derniers captent et transmettent la mesure vers les entrées de l'automate programmable ABB qui la traite en la comparant à la consigne (la valeur désirée) et délivre un signal de commande vers l'actionneur (la vanne automatique à servomoteur) qui commande le processus, notre chaîne de mesure, contient également deux éléments déprimogènes pour créer une différence de pression, un manomètre à tube de Bourdon et un enregistreur vidéo, (utilisés comme étant des afficheurs), un compresseur et une vanne manuelle.(Voir figure I.1).

La configuration des transmetteurs est faite à l'aide du logiciel SMART VISION et/ou la console de communication portable STT004.

La supervision de la chaîne en temps réel est faite sous **WEB ACCESS** (logiciel **SCADA** (Supervisory Control And Data Acquisition)), et la programmation de l'automate est faite avec le logiciel: **AC31GRAF**. Des détails seront donnés dans nos prochains chapitres.

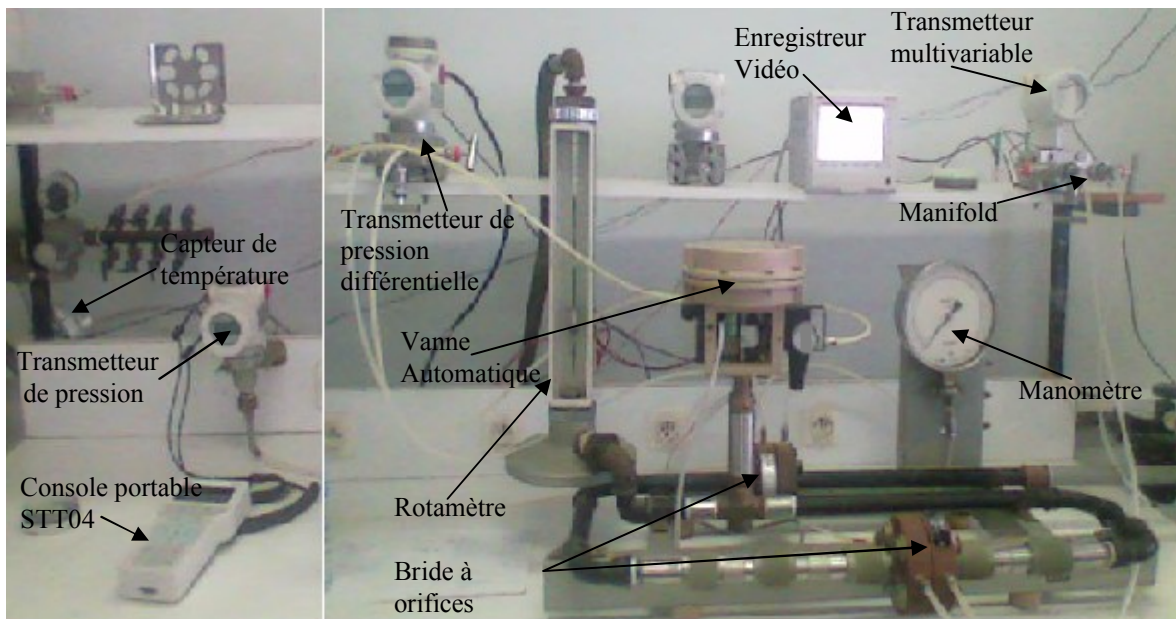


Figure I.1 : Chaîne de mesure et de régulation.

II.1) Généralités sur les éléments intelligents

Les dernières années ont vu apparaître de nouveaux instruments de mesure capables de fonctionnalités multiples avec une précision de plus en plus affinée en ce qui concerne notamment toute une gamme de capteurs qui va du moins performant au plus intelligent.

Ces performances ont été possibles grâce à l'essor de la micro informatique et de la micro-électronique qui, de calculateur à microprocesseur ont été à la base de systèmes de contrôle de plus en plus sophistiqués. Leurs fonctionnalités, démultipliées leur a valu cette appellation < d'intelligent > en ouvrant à leur constituants puissants et miniaturisés, des possibilités nouvelles quant à leur capacité d'auto-configuration, d'auto-diagnostic et de mesure.

Voici schématisé ci-après (figure I.2) les principales fonctionnalités (génériques) préconisées par le groupe de travail **CIAME** (Comité Interprofessionnel pour l'Automatisation et la **ME**sure)

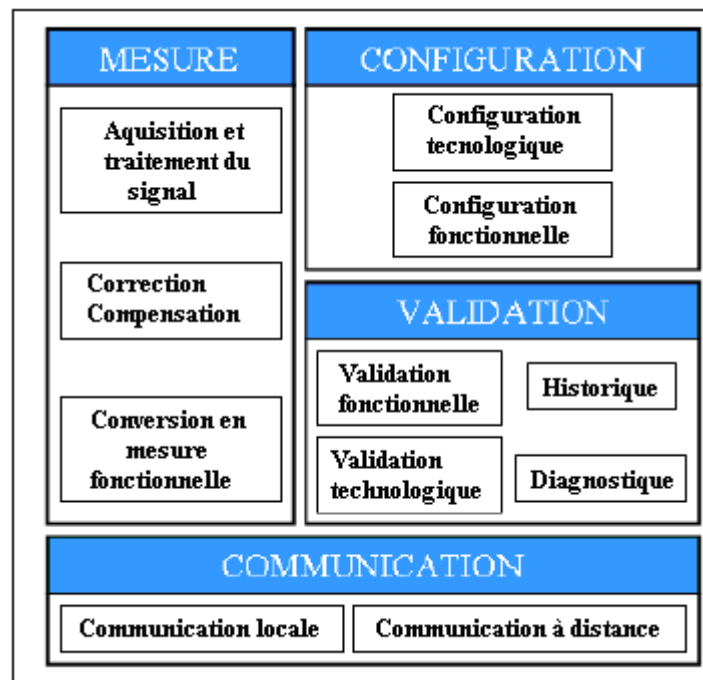


Figure I.2 : Fonctionnalités du capteur intelligent.

Ces éléments intelligents, ont la faculté d'interagir avec leur environnement grâce à la fonction **communication** qui est indispensable à la réalisation de quelques autres fonctionnalités. En effet, la modification de la configuration va pouvoir être commandée depuis une communication locale, et permettre un changement d'échelle, un choix de capteur adapté, un remplacement de capteur par un autre, la communication d'une mesure sur la grandeur principale ou d'influence.

Les fonctions **configurations** qui servent à adapter les caractéristiques du capteur. Selon la phase de vie dans laquelle elles interviennent, ont été dénommées différemment : on peut citer la **configuration technologique** qui formalise (adapte) le capteur aux types de tâches auxquels il sera destiné. Elle se réalise, soit lors de la fabrication du capteur, ou alors lors de son intégration dans le système par l'utilisateur, permettant ainsi de remplacer toute une gamme de capteurs par un seul capteur configurable.

La **configuration fonctionnelle** met en conformité le capteur en fonction de l'application précise et du contexte de la mesure. Cette opération est réalisée lors d'une modification de contexte, qui peut survenir à tout moment.

La fonction **mesure** figure parmi les fonctions les plus importantes d'un capteur intelligent puisque elle permet d'alimenter par des données fournies toutes les autres fonctionnalités.

La **validation** ou **l'auto-contrôle** regroupe l'ensemble des fonctions susceptibles de rendre compte de l'état et du bon fonctionnement du capteur. Elle sert à avertir l'instrument intelligent sur son éventuel mauvais fonctionnement, défauts d'alimentation, mauvaise transmission de signaux ou autres, ce qui assure une plausibilité aux informations destinées à la commande ou issues de la mesure.

II.2) Transmetteur intelligent

Définition

Les transmetteurs intelligents sont des dispositifs capables de transformer une grandeur physique en une grandeur exploitable (souvent de nature électrique). Le choix de l'énergie électrique vient du fait qu'un signal électrique se prête facilement à de nombreuses transformations difficiles à réaliser avec d'autres types de signaux. Les transmetteurs sont aptes à détecter, mesurer, traduire, dater les données collectées...

Les transmetteurs intelligents sont des appareils de mesure munis d'un module de communication et d'un microcontrôleur.

Le module de communication permet de :

- Régler le transmetteur à distance.
- Brancher plusieurs transmetteurs sur la même ligne.

Quant au microcontrôleur sa fonction est de :

- Calculer et de délivrer le signal conditionné.
- Corriger l'influence des perturbations sur la mesure.

La structure générale d'un transmetteur intelligent se définit comme suit :

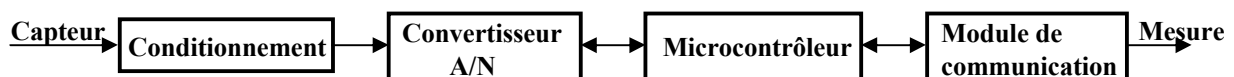


Figure I.3 : Structure générale d'un transmetteur intelligent.

II.2.1) Transmetteur de pression mono variable 264/265D

1- Mode de fonctionnement

Le système est muni d'une membrane de protection contre les surcharges, d'un capteur interne de pression différentielle en silicium. Le capteur de pression absolue, qui est soumis à la pression du côté positif (+) (voir figure ci-dessous), permet de compenser l'influence de la pression statique du modèle différentiel.

Le capteur de pression différentielle est raccordé au côté négatif (-) de la cellule de mesure. La pression différentielle est transmise à la membrane de mesure du capteur différentiel par les membranes séparatrices et l'huile de remplissage.

Une déviation minimale de la membrane de silicium modifie la tension de sortie du système de capteur. Cette tension est convertie en un signal électrique par le circuit de configuration et l'électronique.

Le branchement électrique s'effectue par passage de câble ou par connecteurs. Le signal de sortie 4-20 mA peut être mesuré aux bornes «TEST».

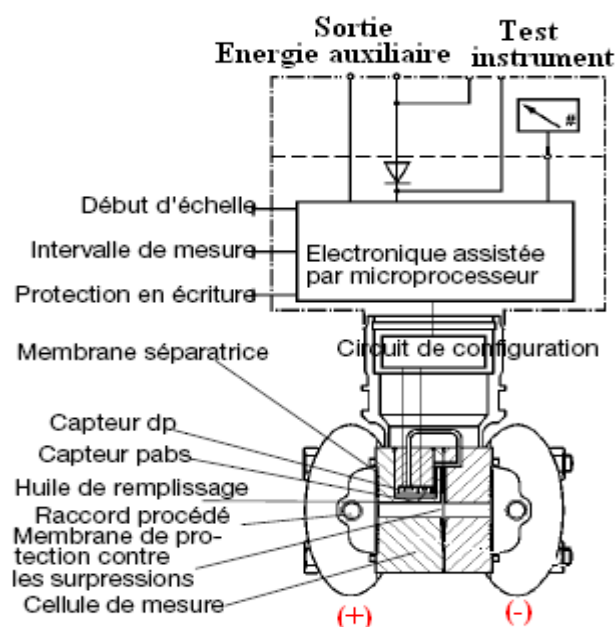


Figure I.4 : Coupe longitudinale du transmetteur de pression.

2- Montage du transmetteur de pression différentielle

Pour mesurer le débit à l'aide d'un organe déprimogène, on utilise un transmetteur de pression différentielle (voir montage; figure (I.5))

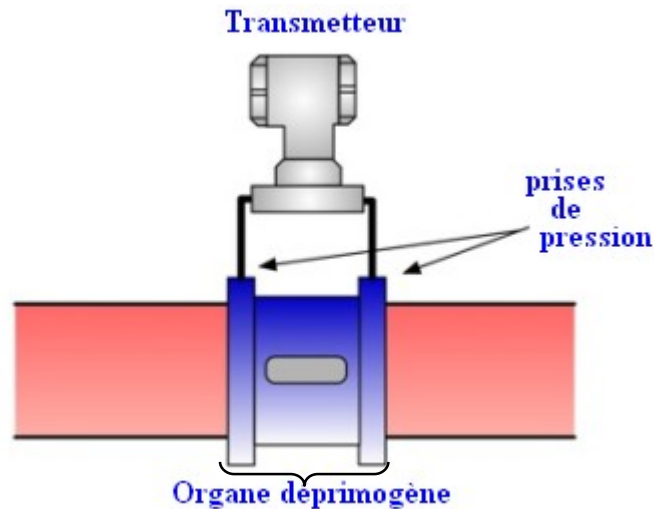


Figure I.5 : Montage du transmetteur de pression différentielle.

3 - Configuration

Le transmetteur peut être configuré au moyen d'un ordinateur via un modem (interface Hart). Le modem peut être raccordé à n'importe quel endroit dans le circuit électrique, en parallèle au transmetteur. La communication entre le transmetteur et le modem se fait par superposition de signaux de courant alternatif sur le signal de sortie 4 à 20mA analogique. Cette modulation à une valeur moyenne nulle et n'influe donc pas sur le signal de mesure.

Les transmetteurs sont calibrés en usine sur une plage de mesure indiquée par le client. La plage calibrée et les numéros des points de mesure sont gravés sur la plaque signalétique. Au cas où les données ne seraient pas indiquées, le transmetteur est livré avec la configuration suivante :

4mA	Point zéro
20mA	Valeur limite supérieure de la plage de mesure
Sortie	Linéaire
Amortissement	0,125 s
Transmetteur en mode erreur	21 mA
Affichage (en option)	Débit

Tableau 1 : Configuration initial des transmetteurs intelligents .

Tous les paramètres du transmetteur, peuvent être modifiés de façon simple à l'aide du logiciel d'utilisation **SMART VISION** .

Les données relatives au type et aux matériaux de la bride, au type de liquide de remplissage sont mémorisées dans l'appareil.

Une fois le transmetteur connecté selon les normes usuelles (indications des concepteurs), l'alimenter et le mettre en communication avec l'interface de communication Hart selon le schéma suivant :

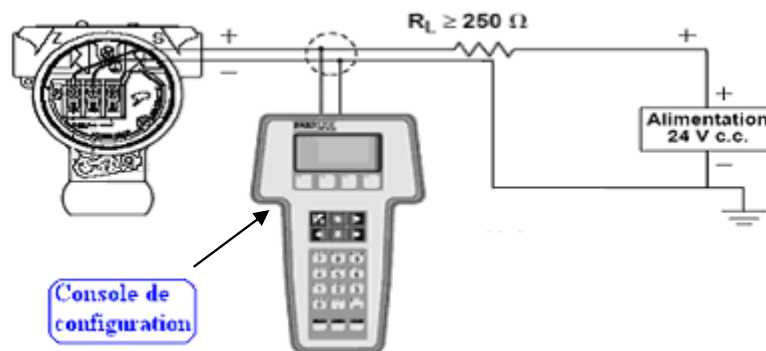


Figure I.6 : Câblage du banc (transmetteur 4-20mA).

II.3) Transmetteurs multivariables

Définition

Les transmetteurs de pression multivariables constituent une extension à hautes performances de la gamme des instruments de mesures de pression, contrairement aux transmetteurs conventionnels qui ne mesurent qu'une seule variable, ceux-ci évaluent les débits de liquide, vapeur ou gaz avec compensation de la température et de la pression absolue. La technologie multi-capteurs permet les mesures de la pression différentielle, pression absolue et de la température du procédé à l'aide d'une sonde externe, ceci avec une précision extrême de 0.04% à 0.075%. Un seul transmetteur remplace trois transmetteurs standard ce qui permet, (comme le montrent les figures I.7 - I.8 suivantes) non seulement de réduire les coûts d'achat et d'installation mais aussi d'apporter une meilleure fiabilité du fait de l'utilisation d'un seul transmetteur et de la réduction du câblage.

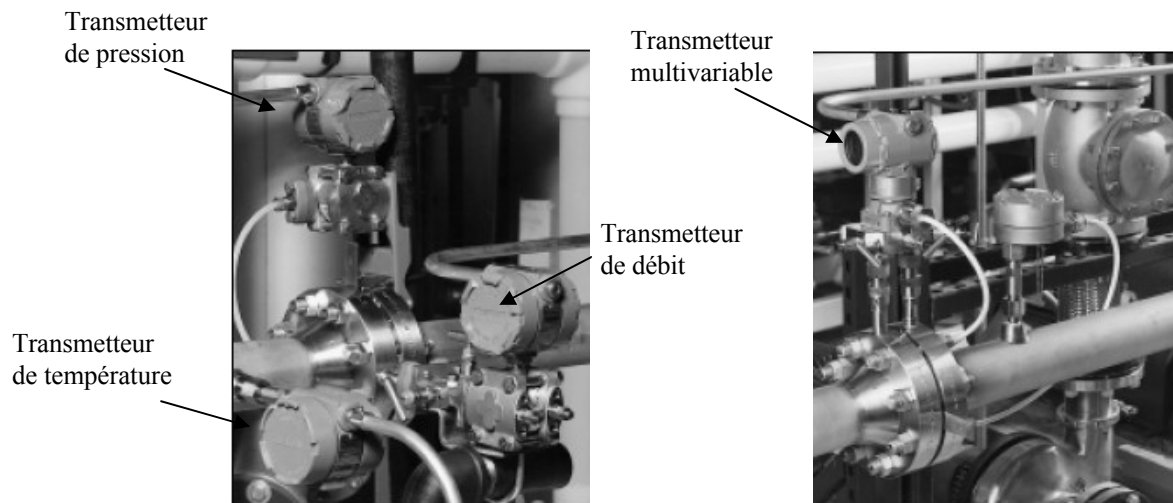


Figure I.7 : Mesure traditionnelle avec trois transmetteurs.

Figure I.8: Mesure avec un seul transmetteur multivariable.

II.3.1) Transmetteurs multi- variables 267/269CS série 2600T (ABB)

1- Description générale

Les transmetteurs numériques 267C/269C sont des appareils de terrain intelligents et dotés d'une électronique basée sur microprocesseur, avec une technologie multi-capteurs pour des applications à variables multiples.

Le transmetteur a une structure modulaire, il est constitué d'une cellule de mesure de la pression différentielle avec un circuit de configuration intégré et d'une électronique interchangeable, ainsi que d'une entrée pour un thermomètre à résistance Pt100 à quatre conducteurs pour la température de procédé.

La cellule entièrement soudée est un système à chambres jumelées muni d'une membrane de protection contre les surcharges, d'un capteur interne de pression différentielle et d'un capteur de pression absolue en silicium. Le capteur de pression absolue, qui est soumis à la pression du côté positif (+), permet de compenser l'influence de la pression statique du modèle différentiel et de corriger la pression dynamique lors du calcul du débit. Le capteur de pression différentielle est raccordé via un tube capillaire au côté négatif de la cellule de mesure. La pression différentielle (dp) est transmise à la membrane de mesure du capteur différentiel en silicium par les membranes séparatrices et l'huile de remplissage.

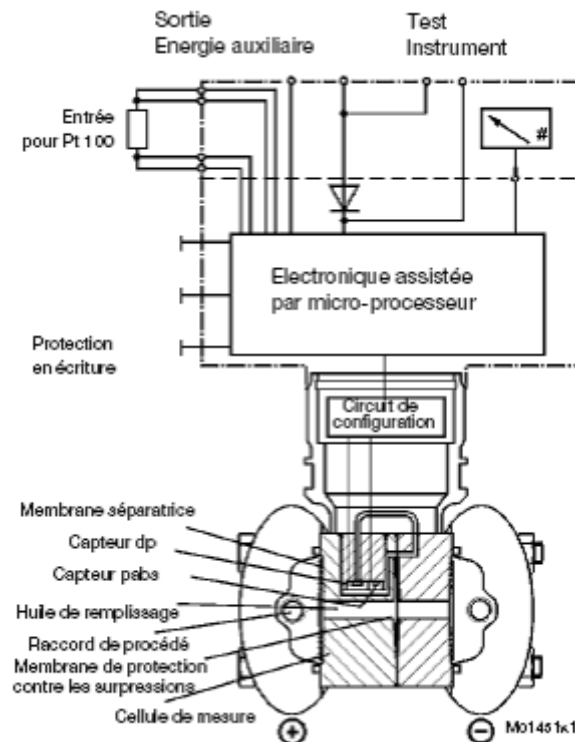


Figure I.9 : Coupe longitudinale du transmetteur multivariable.

2- Mode de fonctionnement

Une déviation minimale de la membrane de silicium modifie la tension de sortie du système de capteur. Cette tension de sortie, proportionnelle à la pression, est convertie en un signal numérique par le circuit de configuration et acheminée vers l'électronique.

L'électronique linéarise ce signal dp et compense sa température avant qu'il ne soit transformé, avec les autres valeurs p et T, en un signal électrique corrigé, proportionnel au débit massique. Outre le débit massique (Q_m), les grandeurs de procédé dp, p, T et Q_v sont disponibles sous forme numérique pour le traitement.

Avec les appareils HART, le signal de sortie 4 à 20 mA peut être contrôlé aux bornes « TEST » sans interruption du circuit de courant de signal.

3- Circuit de communication : (4 ... 20 mA, protocole HART)

Pour que la communication entre le transmetteur et l'ordinateur PC ou l'ordinateur portable soit possible, le circuit électrique doit être réalisé conformément à la figure I.10. La résistance entre le point de raccordement du modem FSK (décalage de fréquence) et l'alimentation doit être d'au moins 250 ohms, résistance intérieure de l'appareil d'alimentation

incluse. Si cette valeur n'est pas atteinte dans l'installation prévue, une résistance supplémentaire doit être utilisée.

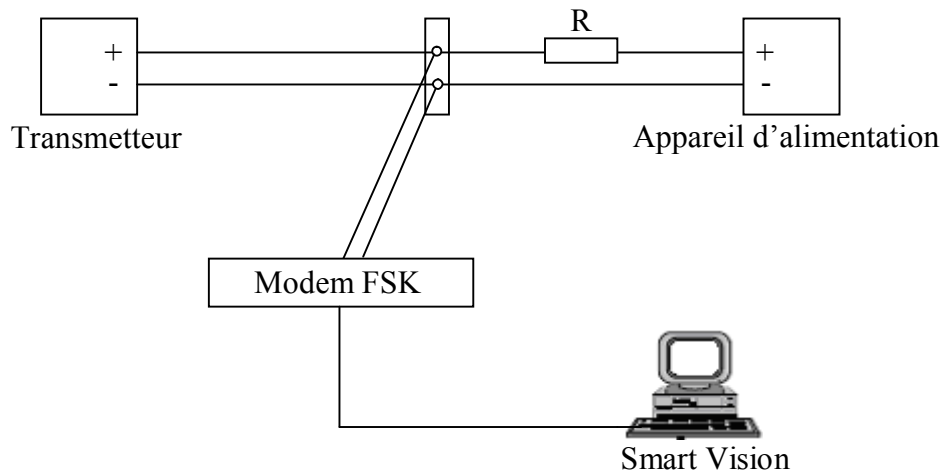


Figure I.10 : Mode de communication : point à point.

Une fois l'installation du transmetteur achevée, la mise en service est effectuée en mettant l'appareil sous tension de service.

- Avant la mise sous tension de service, il convient de contrôler :
 - Les raccords de procédé.
 - Le branchement électrique.
 - Le remplissage complet de la canalisation de raccordement au procédé et de la chambre de mesure de la cellule avec le produit à mesurer.

Dans le but d'assurer différentes fonctions telles que, vérification des transmetteurs, isolation, un bloc manifold est adapté.

II.4) Présentation du manifold 3 voies

Le manifold est un ensemble de conduites et de vannes dirigeant l'effluent ou la production dans des installations, on distingue plusieurs types dont le manifold 3 voies à pointeaux (voir figure I.11).

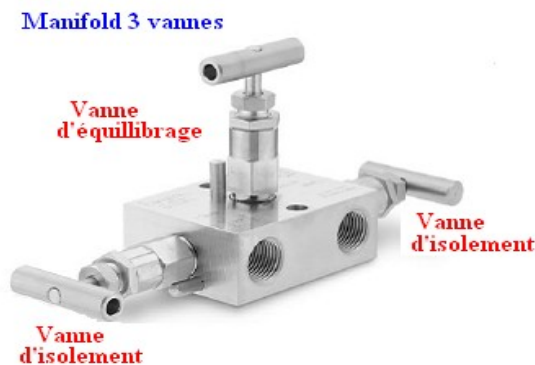


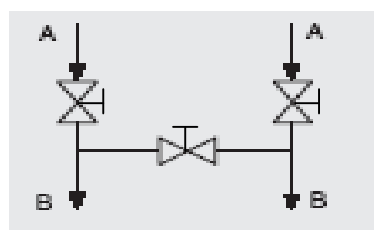
Figure I.11 : Manifold à trois voies à pointeaux.

Les manifolds 3 voies à pointeaux sont spécialement conçus pour les conduites de mesures verticales et pour montage sur transmetteurs de pression différentielle, ils sont utilisés pour isoler les conduites de mesure et contrôler le zéro de transmetteur de pression.

Les manifolds offrent des avantages sur les configurations avec plusieurs vannes et raccords: épargnes de coûts utilisant moins de composants et n'ayant besoin que d'un espace minimal nécessaire à l'installation et opération tout en réduisant les potentielles fuites.

Le débit passant par le manifold est contrôlé par une série de vannes à pointeau en acier inoxydable, chaque vanne à une fonction spécifique - bloquer la pression, purger la pression ou l'égaliser selon sa location sur le manifold.

Le contrôle de toutes ses fonctions est partagé par deux modèles de vanne à pointeau ;une vanne à pointeau à chapeau large pour orifices de manifold de 4mm et une vanne à pointeau à chapeau réduit pour orifices de manifold de 3.2mm. Le schéma de connexions est illustré dans la figure I.12



A : Vers process.
B : Raccord vers transmetteur

Figure I.12 : Schéma de connexion du manifold

Fonctions

- Protection des transmetteurs par obturation des conduites de mesure.
- Contrôle du zéro de transmetteur.
- Purge d'air coté transmetteur de pression.

II.5) Le diaphragme débitmétrique

L'industrie du comptage offre une grande variété de dispositifs de mesure de débit. Cependant, celle par éléments déprimogènes (différence de pression), principalement les dispositifs à plaque à orifice, reste prépondérante.

Pour mesurer un débit à partir d'une différence de pression, on doit étrangler la conduite pour provoquer une chute de pression. Le fluide devant s'écouler par un passage plus étroit, la pression en amont du rétrécissement sera moins élevée qu'en aval. Cette baisse de pression augmente la vitesse du fluide, puisque une même quantité de matière s'écoule en aval et en amont de l'étranglement. Or, la vitesse varie en fonction du débit, donc un débit plus élevé amènera une plus grande différence de pression en amont et en aval de l'étranglement. Ainsi, nous pouvons en mesurant une différence de pression (ou pression différentielle) de part et d'autre de l'étranglement, déterminer le débit.

La partie de l'appareil servant à rétrécir la conduite s'appelle l'organe déprimogène. Il consiste en une plaque de métal mince dont le centre est percé.

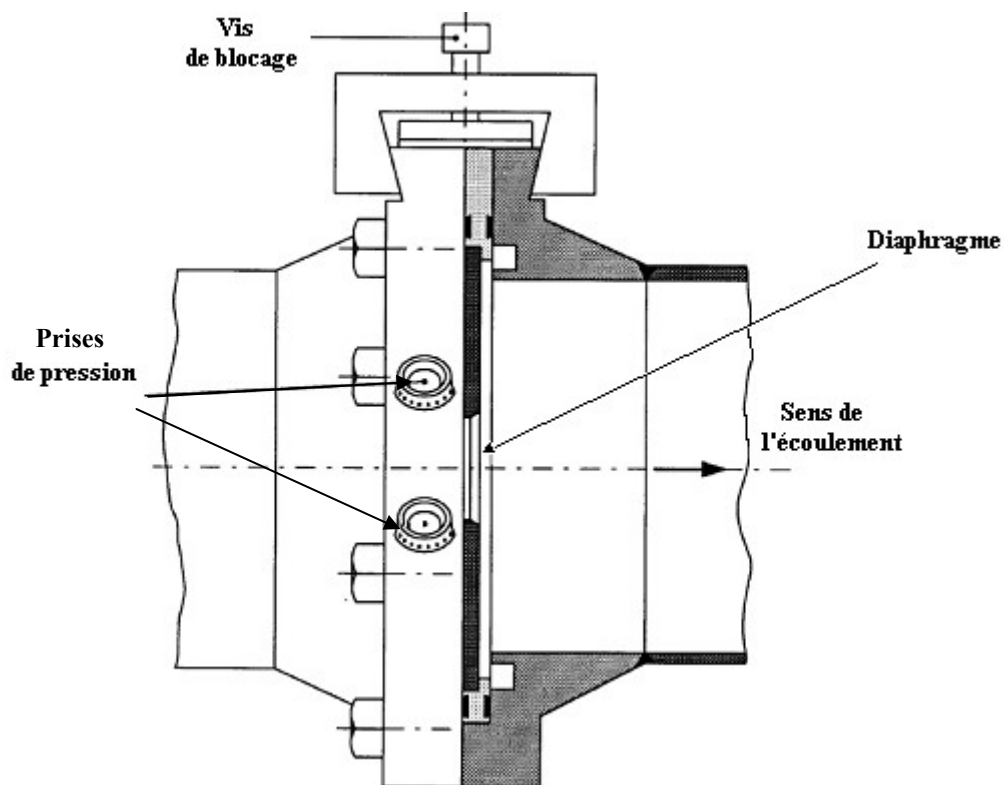


Figure I.13 : Brides à orifice.

1- Evolution de la vitesse à l'intérieur de la bride à orifice

La contraction de la veine fluide dans et au-delà de l'orifice produit une augmentation de la vitesse.

La vitesse reprend une valeur égale à sa valeur en amont quand la veine fluide retrouve le plein passage dans la conduite.

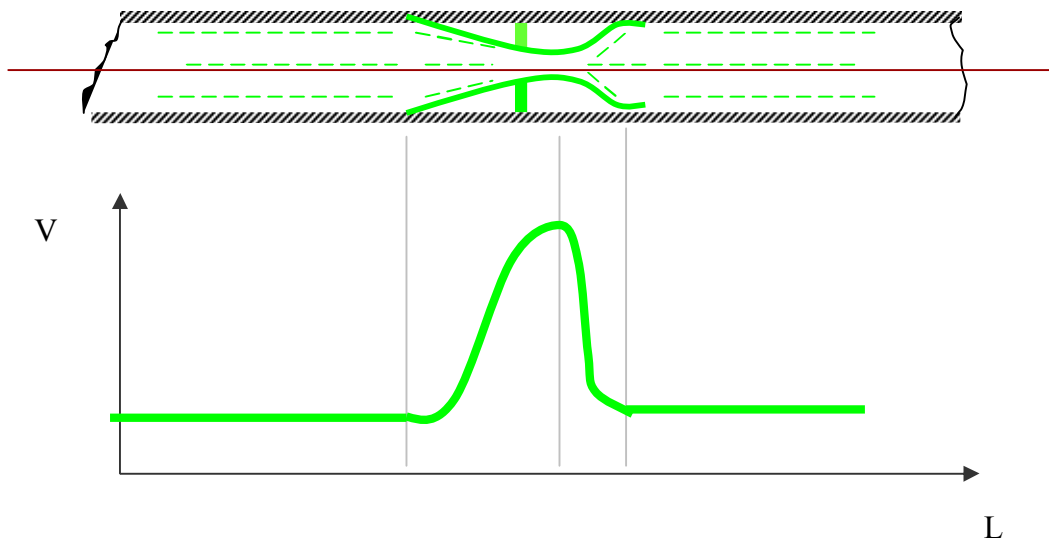


Figure I.14 : Évolution de la vitesse en fonction de la longueur .

2- Évolution de la pression à l'intérieur de la bride à orifice

La contraction de la veine fluide dans et au-delà de l'orifice produit une diminution de la pression statique, donc un effet déprimogène.

La pression statique reprend une valeur sensiblement égale à sa valeur en amont quand la veine fluide retrouve le plein passage dans la conduite.

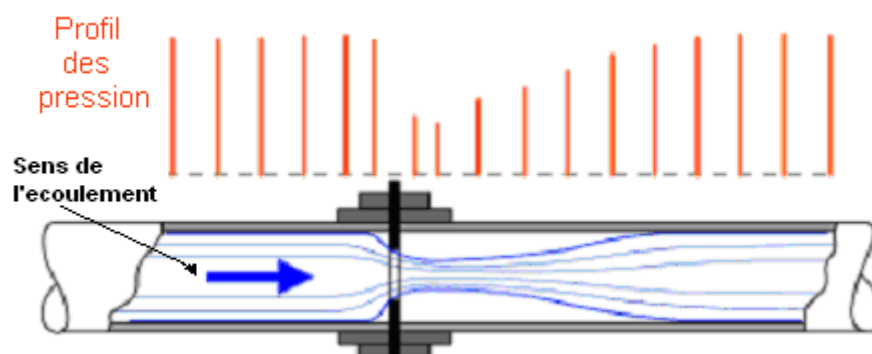


Figure I.15: Évolution de la pression statique en fonction de la longueur.

3- Avantages et désavantages des diaphragmes

Les diaphragmes présentent les avantages suivants :

- Ils produisent une pression différentielle élevée.
- Ils permettent de disposer de données exhaustives sur leur utilisation.
- Ils se remplacent facilement.
- Leur coût d'achat et d'installation est peu onéreux.

Mais ils souffrent des désavantages suivants :

- La baisse élevée et permanente de pression augmente les frais de pompage.
- Ils ne peuvent être utilisés pour des liquides sales, des mélanges semi liquides ou des vapeurs humides puisque l'érosion affectera la pression différentielle produite par l'orifice.

II.6) Vanne de contrôle

La régulation industrielle est une technologie de contrôle des fluides, le dispositif le plus souvent utilisé est la vanne automatique qui est un mécanisme d'exécution ayant pour rôle de faire varier la section de passage d'un fluide dans une conduite, sous l'impulsion d'une commande manuelle ou d'un régulateur industriel.

Cette vanne est dite « Automatique », car elle reçoit le signal de commande d'ouverture ou fermeture délivré par l'organe de commande.

On peut ranger les vannes dans différentes catégories :

- Par taille : du simple robinet jusqu'à la vanne de régulation de débit d'arrivée d'eau dans une centrale hydroélectrique.
- Par fonction : vanne régulatrice de débit, vanne d'arrêt...
- Par principe utilisé : vanne à papillon, vanne à boisseau, vanne trois voies...
- Par système de commande : manuelle, automatique, hydraulique...

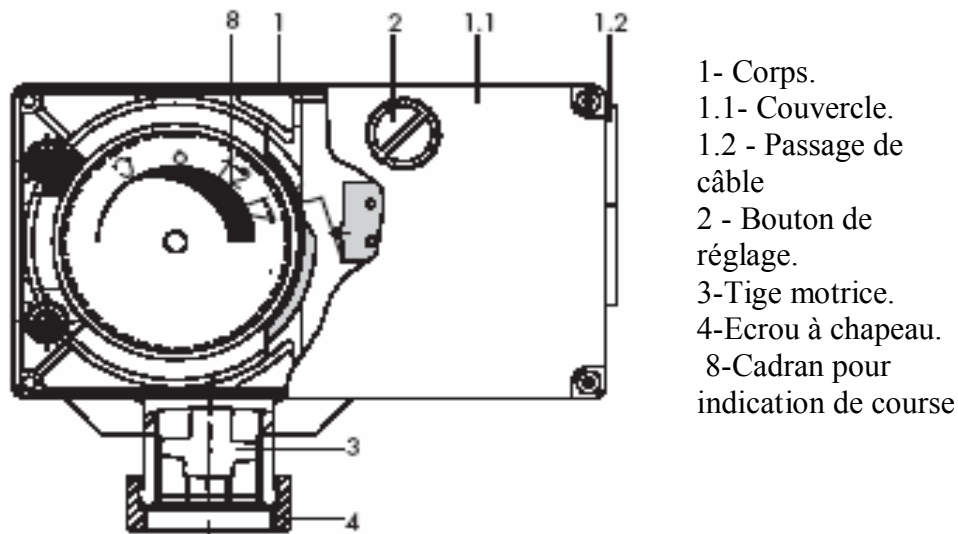


Figure I.16 : Vanne de réglage automatique.

La vanne automatique utilisée dans notre banc de mesure est composée : d'un servomoteur dont le rôle est d'actionner la tige des clapets.

Le servomoteur se compose d'un moteur synchrone réversible.

La force du moteur est transmise à la tige motrice (3) par l'intermédiaire d'un réducteur. Lorsque la tige motrice sort, elle pousse la tige du clapet de la vanne. Lorsqu'elle entre, la tige du clapet est maintenue en place par le ressort de rappel de la vanne.

Pour que la vanne fonctionne avec un maximum d'efficacité, le montage doit se faire de façon telle qu'elle absorbe un maximum de perte de charges c'est ce pourquoi la tuyauterie est généralement d'un diamètre supérieur à celui de la vanne.

II.7) Manomètres métallique

La plupart des manomètres métalliques mesurent la différence qui existe entre l'intérieur d'une enceinte et l'atmosphère. Ils indiquent donc des pressions ou des vides relatifs.

Il existe dans l'industrie plusieurs types de manomètres :

- Manomètre à tube de BOURDON.
- Manomètre à soufflet et ressort.
- Manomètre à membrane.

Le manomètre métallique le plus répandu dans l'industrie est le manomètre à tube de BOURDON.

- Manomètre à tube de BOURDON

La constitution d'un manomètre à tube de BOURDON est donnée par le schéma présenté ci-dessous.

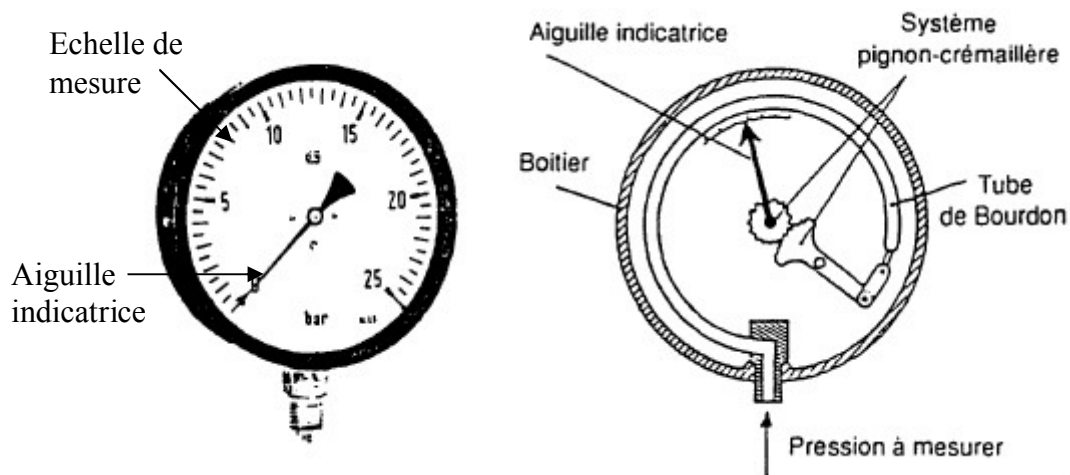


Figure I.17 : Manomètre à tube de Bourdon.

La pression à mesurer est introduite dans un tube creux en forme de C de section ovale appelé tube de BOURDON. Ce tube est en métal de nature appropriée aux conditions de service (bronze, acier, monel) et tend à se redresser lorsqu'on lui applique une pression intérieure supérieure à la pression atmosphérique .

L'extrémité du tube est reliée par un système de leviers à un ensemble pignon crémaillère permettant de faire pivoter une aiguille devant une échelle de mesure.

De plus pour certaines applications on utilise parfois des manomètres à tube de Bourdon enroulés en spirale (basses pressions) ou en hélice (hautes pressions) ces dispositions permettant une plus grande sensibilité de l'appareil.

II.8) Le Rotamètre

Parmi toute une gamme d'appareils de mesure des débits d'un fluide ou d'un gaz figure le rotamètre, ou débitmètre à flotteur.

Ce débitmètre permet une mesure simple visuelle d'un débit gazeux, liquide ou vapeur. Constitué d'un tube conique et d'un flotteur, le débitmètre à section variable est monté verticalement sur la tuyauterie et ne requière pas d'électricité.

1- Présentation

Les débitmètres à section variable (rotamètres) sont habituellement constitués d'un tube en verre conique, disposé verticalement dans l'écoulement de fluide ; un flotteur de même diamètre que la base du tube en verre s'élève en fonction de l'ampleur du débit, le diamètre du tube en verre étant plus important en haut qu'en bas ; le flotteur reste en suspension au point où la différence de pression entre les surfaces supérieure et inférieure équilibre le poids. Dans la plupart des utilisations des rotamètres, le débit est affiché directement sur une échelle graduée, sur le verre.

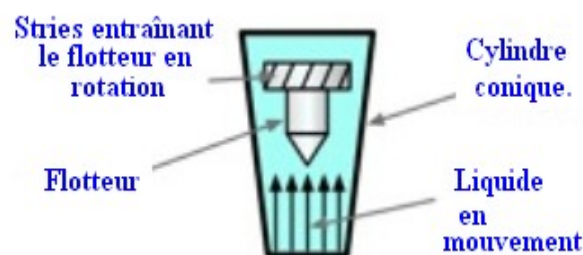


Figure I.18: Constitutions du rotamètre.

Dans certains cas, un système automatique mesure le niveau du flotteur et transmet un signal de débit. Ces rotamètres transmetteurs sont souvent réalisés en acier inoxydable ou autres matériaux permettant de les utiliser avec différents fluides et à des pressions plus élevées.

Le débit est donné par :

$$Q = K_1 A \sqrt{2g \frac{V_f}{A_f} \left(\frac{\rho_f}{\rho} - 1 \right)} \quad \text{I.1}$$

Avec :

A_f : Aire, section maximale du flotteur.

V_f : Volume du flotteur.

ρ_f : Densité du flotteur.

ρ : Densité du fluide.

g : 9.81m/s².

A : Aire de passage du liquide autour du flotteur.

K_1 : constante.

2 - Caractéristiques métrologiques

- Mesure des débits de liquides et de gaz.
- Etendue de mesure de 0.3 à 300 000 l/h (gaz).
- Etendue de mesure de 0.1 à 25000L/H (liquide).
- Sensible aux variations de masse.

II.9) Enregistreur vidéo

L'enregistreur vidéo offre de nombreuses fonctionnalités. Nous l'avons utilisé comme étant un afficheur, qui donne les mesures sous différentes formes.

Il enregistre 12 signaux, (peut avoir jusqu'à 12 entrées analogiques universelles) divisés en 2 groupes de procédé, chacun avec 6 voies d'enregistrement (voir annexe).

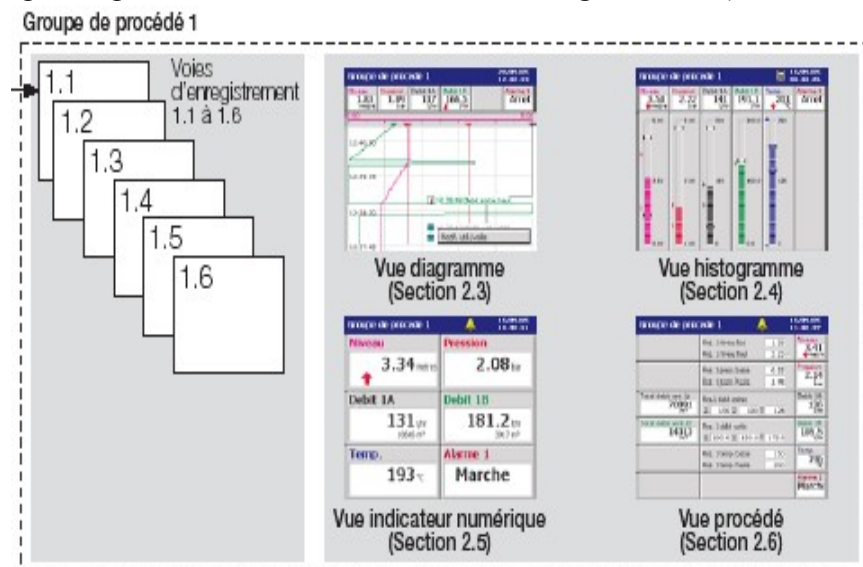


Figure I.19 : Un groupe de procédé.

- Les signaux provenant des entrées analogiques universelles, de la liaison série Modbus, des entrées numériques en option ou des signaux numériques et analogiques internes peuvent être visualisés.
- Deux alarmes et un totalisateur sont affectés à chaque voie d'enregistrement
- Les données provenant des voies affectées peuvent être affichées:
 - Sous forme de diagramme vertical ou horizontal.
 - Sous forme d'histogramme vertical ou horizontal.

- Sous forme d'indicateurs numériques.
- Sous forme d'affichage des vues procédés.
- Trois journaux enregistrent les alarmes/événements, les valeurs du totalisateur et les modifications du système/de la configuration.
- Fonction de capture d'écran :
Permet d'enregistrer, sous forme d'images, les données affichées à l'écran sur un média d'archivage externe, à condition que le média inséré dans l'instrument dispose de suffisamment d'espace. L'archivage ne nécessite pas d'être « en ligne ».

III- Configuration des transmetteurs intelligents

Les installations de contrôle de processus exploitent de plus en plus les transmetteurs intelligents, le besoin d'une nouvelle génération de calibrateurs qui peuvent communiquer via des protocoles numériques industriels standard est apparu.

Dans la suite on s'intéressera à la configuration des transmetteurs en utilisant :

- La console portable STT004, le logiciel Smart Vision ; qui communiquent via le protocole HART (Highway Addressable Remote Transducer).

III.1) Transmission d'une information analogique

La transmission se fait par niveau de tension ou par boucle de courant. L'utilisation d'une simple variation de tension est peu fiable car un changement dans la longueur et la résistance des fils a pour conséquence de modifier la valeur mesurée. C'est pourquoi on utilise les boucles de courant.

Boucle de courant

L'échelle la plus utilisée est 4-20mA. Cette boucle de courant est un moyen de transmission permettant de transmettre un signal analogique sans perte ou modification de ce dernier.

La boucle de courant présente une meilleure immunité aux bruits (parasites). L'intensité du courant est indépendante de la résistance du câble, ce qui autorise de grandes longueurs de ligne de transmission. Elle présente un intérêt supplémentaire dans la mesure où elle permet une détection "ligne coupée" (courant nul, donc hors échelle).

III.2) Le protocole HART

1- Définition

Le protocole Hart est un protocole de communication sur boucle de courant continu HART signifie Highway Addressable Remote Transducer. En général un appareil utilisant le protocole Hart est un capteur ou un actionneur analogique relié aux entrées/sorties 4-20mA d'un automate industriel.

Le protocole Hart utilise une technique permettant de juxtaposer des codes numériques sur cette boucle de courant standard sans l'interrompre ou la modifier, la communication Hart est bidirectionnelle et est surtout utilisée pour configurer, ré-étalonner ou diagnostiquer à distance des équipements à l'aide d'un programmeur portable ou d'un ordinateur utilisant un logiciel spécifiquement conçu à cet effet [9].

Hart utilise la technique de commutation de fréquences (FSK : Frequency Shift keying, décalage de fréquence) pour superposer la transmission digitale à la boucle de courant 4- 20mA qui relie le système central à l'équipement sur site.

Hart utilise les fréquences 1200Hz et 2200Hz pour représenter le 1 et le 0 binaire ,ces deux modulations sinusoïdales se rajoute au signal continu à un niveau très faible (1mA crête à crête).

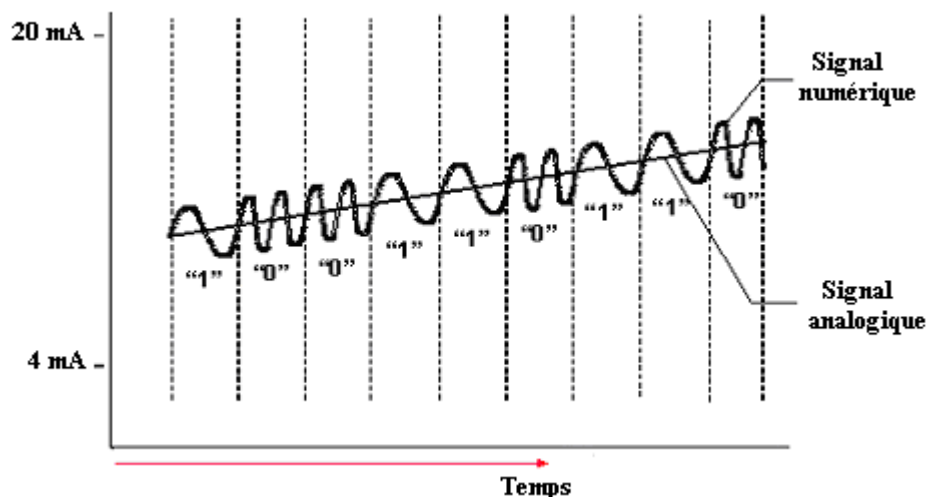


Figure I.20 : Commutation de fréquence FSK.

Hart fournit deux voies de transmission simultanées : le signal analogique 4-20mA et un signal numérique. Le signal 4-20mA, communique la valeur mesurée primaire.

L'information additionnelle de dispositif est communiquée en utilisant un signal numérique qui est superposé au signal analogique. Le signal numérique contient l'information du dispositif comprenant, les diagnostics, les valeurs mesurées ou calculées...etc. les deux voies de transmission fournissent une solution de communication facile à utiliser et à configurer.

2- Communication

Hart est un protocole « maître-esclave », l'esclave ne répond que s'il a reçu un message qui lui est destiné.

a - Fonctionnement multi maîtres

Le protocole Hart autorise la présence simultanée de deux maîtres actifs, un maître principal et un maître secondaire. Les deux maîtres ont des adresses différentes de sorte que chacun peut reconnaître les réponses de l'esclave qui lui sont destinées.

Le maître gère la transaction (Requête/Réponse), si la réponse de l'esclave tarde à venir, le maître répète le message de demande. Après un certain nombre de répétitions, le maître interrompt la transaction car la transmission et/ou l'esclave « doivent » être défaillants.

A la fin de chaque transaction, le maître doit attendre un certain temps convenu, avant de commencer une transaction. ceci permet à l'autre maître d'intervenir s'il en a besoin. de cette façon si deux maîtres cohabitent, ils peuvent à tour de rôle interroger le même esclave.

b - Mode rafale

Dans le but de permettre un débit élevé, certains équipements disposent d'un mode dit « en rafales ». Quand cet équipement est connecté dans ce mode il émet sans arrêt son message comme s'il venait de recevoir une demande de message.

c - Mode multipoints

Dans le mode multipoints, les esclaves sont câblés en parallèle sur une paire de fils. La communication analogique 4-20mA n'existe plus. Toutes les informations sont transmises numériquement. Chaque esclave doit être préalablement configuré dans ce mode et muni d'une adresse.

On peut relier jusqu'à 15 esclaves. (Voir figure ci-dessous)

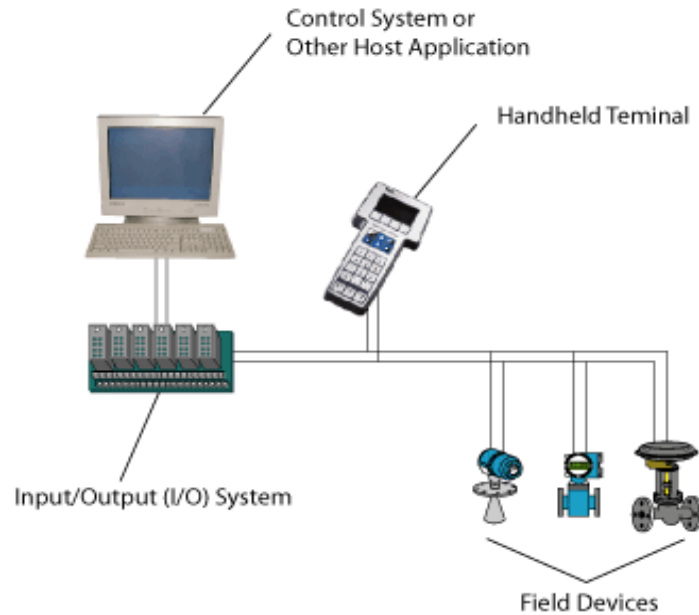


Figure I.21 : Mode de communication multipoints.

III.3) Configuration à l'aide d'une Console portable

On peut lire ou configurer/calibrer les transmetteurs avec une console. Si une résistance de communication est déjà intégrée dans l'appareil d'alimentation raccordé, on peut connecter la console directement tout le long de la ligne 4 ... 20 mA.

Si la résistance de communication (250Ω) n'est pas intégrée, elle doit absolument être placée dans la ligne. La console est raccordée entre la résistance et le transmetteur, et non entre la résistance et l'appareil d'alimentation.

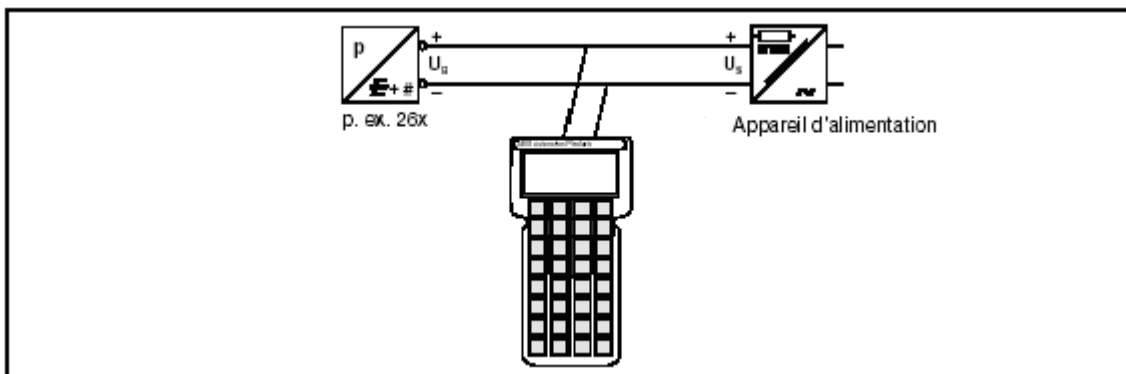


Figure I.22 : Etablissement de la communication à l'aide de la console résistance de communication présente dans l'appareil d'alimentation.

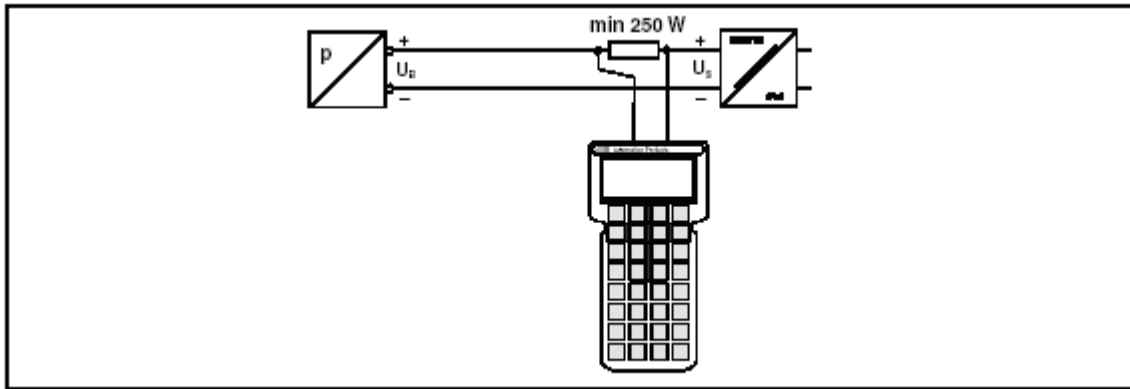


Figure I.23 : Exemples de raccordement avec résistance de communication dans la ligne de raccordement.

III.4) Configuration à l'aide du Logiciel de communication SMART VISION

SMART VISION est un logiciel de gestion graphique universel il permet de communiquer avec des instruments de terrain intelligents. Ces applications sont diverses:

- Configuration et paramétrage des instruments de terrain.
- Diagnostic des instruments.
- Stockage / gestion des données de l'instrument.
- Calibrage des instruments.
- Affichage en ligne des données de l'instrument (valeurs de mesures, diagnostics, informations concernant la configuration / les paramètres et le statut) en forme multi-visuelle.
- Communication simultanée avec plusieurs instruments de terrain.
- La simulation.

Ce logiciel peut être utilisé dans plusieurs domaines par exemple dans les salles de contrôles ou dans les zones de maintenances afin de contrôler et d'évaluer les données des instruments connectés[8].

III.4.1) Création d'un projet sous SMART VISION

Pour créer un projet sous SMART VISION il faut :

- 1- Démarrer SMART VISION .
- 2- Choisir le protocole de communication correspondant au transmetteur.
- 3- Choisir les transmetteurs à configurer parmi la liste des transmetteurs disponibles.
- 4- Etablir la connexion avec les différents appareils présents en ligne.

6- Sélectionner le transmetteur à configurer (pour notre cas c'est 6AM1) et charger les données de ce dernier .

7- Afficher la fenêtre de configuration .

Smart Vision offre la possibilité d'afficher plusieurs fenêtres d'informations telles que :

- Fenêtre affichant les mesures.
- Fenêtres de configuration.(étendue d'échelle, unités physiques...)
- Fenêtre de simulation.
- Fenêtre affichant les mesures sous forme de graphes.

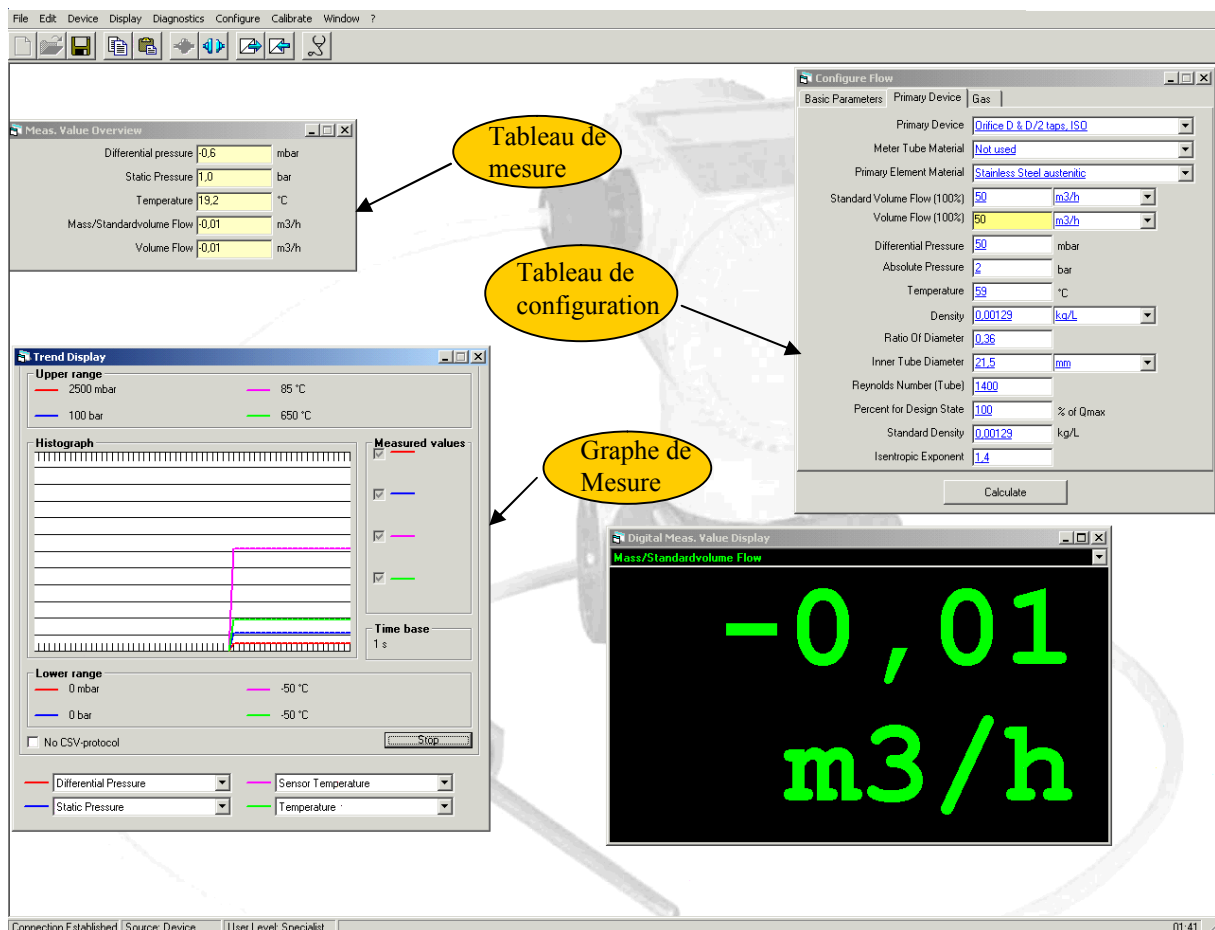


Figure I.24 : Affichage des différentes fenêtres de configuration et de mesures.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié les différents instruments qui composent notre chaîne de mesure, et nous nous sommes intéressés à la configuration des transmetteurs intelligents utilisant le protocole Hart à l'aide d'une console de programmation portable et du logiciel Smart vision.

Dans une perspective de conception d'une solution de contrôle SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), nous allons présenter les supports mathématiques et instrumentaux régissant la mesure et le comptage de débit de gaz.

Chapitre

2

*Mesure et comptage de
débit de gaz.*

I- Introduction

De très nombreuses technologies permettent de mesurer le débit d'un fluide. Ces mesures sont capitales dans le monde industriel pour pouvoir maîtriser et améliorer les procédés de contrôle et de transport, notamment dans l'industrie des hydrocarbures où ces mesures sont très importantes pour le comptage de gaz.

Dans ce chapitre nous abordons une des méthodes de mesure de débit dans une conduite à différents régimes d'écoulement nécessaires pour le comptage.

II- Mesure de débit

II.1) Définition d'un débit

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 ou débit-volume

La quantité de matière s'exprime par son volume et l'unité du Système International (SI) est donc le mètre cube par seconde (m^3/s).

Le débit-volume peut être exprimé en fonction de l'aire S de la section de la conduite et de la vitesse moyenne V du fluide sur une section :

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

- Le débit massique Q_m ou débit-masse

La quantité de matière s'exprime par sa masse et l'unité SI est donc le kilogramme par seconde (kg/s).

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

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

Où ρ est la masse volumique du fluide (en kg/m^3).

Au cours de son écoulement dans une conduite (sans apport ou sans perte de fluide) le débit-masse Q_m tout au long de l'installation reste constant, cette loi de conservation est nommée « EQUATION DE CONTINUITÉ » :

$$Q_{m,1} = Q_{m,2}$$

Ce qui donne : $\boxed{\rho_1 \cdot S_1 \cdot V_{\text{moy1}} = \rho_2 \cdot S_2 \cdot V_{\text{moy2}}}$ II.3

Il n'en est pas de même pour le débit volume Q_v , car la masse volumique ρ peut être amenée à varier, avec la température ou la pression par exemple.

II.2) Différents régimes d'écoulement

Selon la viscosité du fluide et sa vitesse ,on distingue deux régimes d'écoulement : **écoulement laminaire** et **écoulement turbulent**.

1- Ecoulement 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.

2- Ecoulement 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.

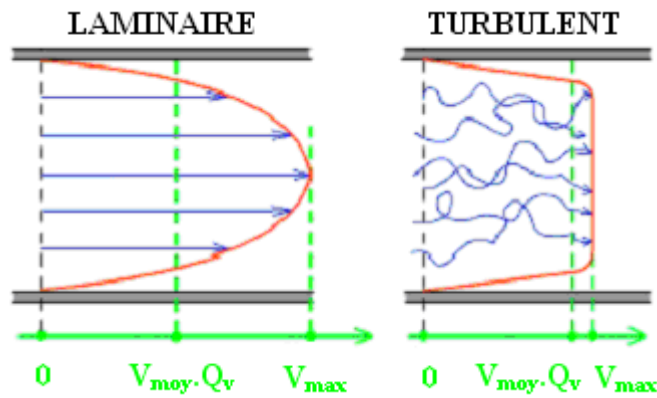


Figure II.1 : Profils des vitesses pour un écoulement laminaire et pour un écoulement turbulent.

II.3) Nombre de Reynolds

Pour faciliter la comparaison entre deux écoulements, on utilise des nombres sans dimension. Dans un écoulement incompressible (pression = constante) et isotherme (température = constante), un seul paramètre est suffisant c'est le nombre de REYNOLDS, qui est défini par la relation II.4 :

$$\boxed{Re = \frac{\rho \cdot V_{moy,Qv} \cdot D}{\mu}} \dots \dots \dots \text{II.4}$$

Dans laquelle :

- ρ est la masse volumique du fluide (kg/m³)
- V est la vitesse moyenne de l'écoulement (m/s)
- D est le diamètre de la canalisation (m)
- μ est la viscosité dynamique du fluide (Pa.s), liée à la viscosité cinématique τ par la relation: $\tau = \mu/\rho$.

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 $Re \leq 2000$: le régime est **laminaire**, les forces de frottement dominant dans ce type d'écoulement.

- Si $2000 < Re < 4000$: le régime est incertain, mais, s'il est turbulent à un certain instant, alors, il le restera.

- Si $Re \geq 4000$: le régime est **turbulent**, les forces d'inerties dominent.

Le débit (volumique, massique) peut être mesuré en utilisant différents types de débitmètres, on distingue :

▪ **Mesure de vitesse du fluide**

- Débitmètre électromagnétique.
- Débitmètre à ultrasons.
- Débitmètre à effet Doppler.
- Débitmètre à turbine.

▪ **Mesure de pression différentielle à l'aide d'organes déprimogènes**

- Débitmètre à diaphragme.
- Tube de Venturi.
- Débitmètre à tuyère.

▪ **Mesure des Débits Massiques de Fluides**

- A effet Coriolis.
- A effet thermique.

▪ **Mesure de pression dynamique**

- Tube de Pitot.
- Débitmètre à cible.

▪ **Débitmètre à effet Vortex**

Chaque type a son domaine d'application en fonction du fluide et de la précision escomptée

Les débitmètres les plus utilisés à travers le monde par ordre décroissant sont :

- Diaphragme ou orifice déprimogène.
- Turbine .
- Ultrasons.

Nous avons évalué le débit massique par mesure de pression différentielle en utilisant un organe déprimogène.

II.4) Mesure de débit par un diaphragme

L'objectif de mesure du débit par un diaphragme consiste à insérer une plaque mince percée d'un orifice circulaire dans l'écoulement afin de générer localement une perte de charge connue.

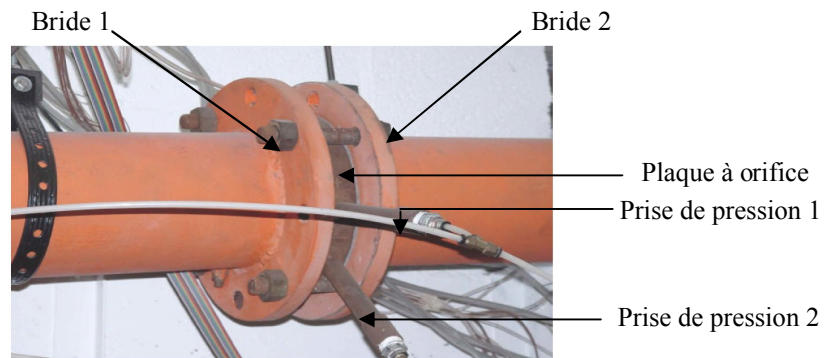


Figure II.2 : Elément déprimogène (Diaphragme).

Pour déterminer le débit par le diaphragme, nous allons repartir des hypothèses d'un écoulement stationnaire, fluide parfait et incompressible. Par application du théorème de Bernoulli, nous pouvons obtenir le débit volumique théorique, noté Q_v , de fluide s'écoulant dans la conduite par différence de pression.

1- La loi de Bernoulli

En supposant que notre écoulement soit stationnaire, celui d'un fluide parfait (sans viscosité) et incompressible, le premier théorème de Bernoulli indique qu'il y a conservation de la pression.

$$\boxed{P + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z = C^{ste}} \dots \dots \dots \text{II.5}$$

Ce théorème relie les trois grandeurs « vitesse », « pression » et « altitude ».

La vitesse « v » représente alors aussi bien la vitesse moyenne, que la vitesse locale puisque la distinction ne s'impose pas pour un fluide parfait.

2- Expression théorique du débit pour un débitmètre à organe déprimogène

La figure ci-dessous représente l'organe déprimogène :

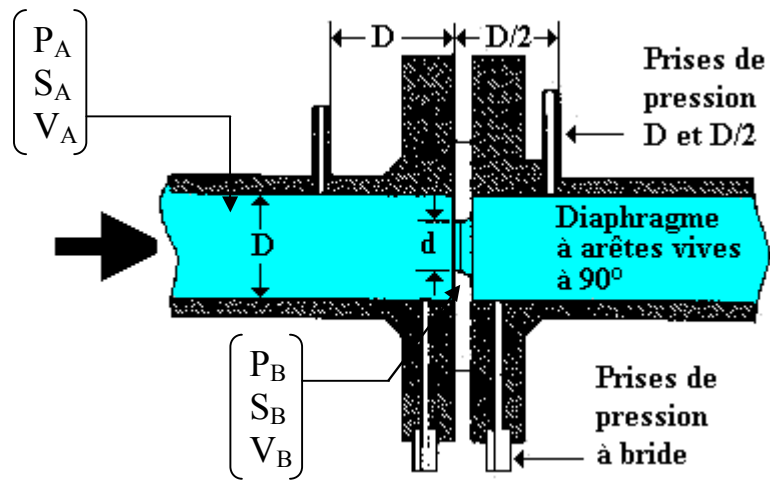


Figure II.3 : Organe déprimogène.

- Le théorème de Bernoulli se réduit ici à :

$$p_A - p_B = \frac{\rho_B}{2} \cdot v_B^2 - \frac{\rho_A}{2} \cdot v_A^2 \dots \dots \dots \text{II.6}$$

- La conservation du débit massique (puisque ρ peut être variable) :

$$Q_m = \rho_A \cdot v_A \cdot S_A = \rho_B \cdot v_B \cdot S_B \dots \dots \dots \text{(a)}$$

$$v_A = \frac{Q_m}{\rho_A \cdot S_A} \dots \dots \dots \text{(b)}$$

$$v_B = \frac{Q_m}{\rho_B \cdot S_B} \dots \dots \dots \text{(c)}$$

La combinaison de ces trois équations donne :

$$p_A - p_B = \frac{Q_m^2}{2 \cdot \rho_B \cdot S_B^2} - \frac{Q_m^2}{2 \cdot \rho_A \cdot S_A^2} = Q_m^2 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot \rho_B \cdot S_B^2} - \frac{1}{2 \cdot \rho_A \cdot S_A^2} \right) \dots \text{II.7}$$

a - Hypothèse d'une masse volumique constante

Il est impossible d'aller plus loin sans supposer que la masse volumique du fluide est constante $\rho = C^{ste}$.

Cette masse volumique peut néanmoins dépendre de la température et de la pression du procédé (il faudra associer au débitmètre, un capteur de température, et un capteur de pression afin de pouvoir déterminer le facteur correctif).

Par contre, si le fluide est compressible ($\rho_A \neq \rho_B$), il faudra faire appel à la THERMODYNAMIQUE.

b - Expression du débit massique

Avec $\rho = C^{ste}$

$$Q_m^2 = \frac{\rho \cdot (p_A - p_B)}{\frac{1}{2} S_B^2 \cdot \left(1 - \frac{S_B^2}{S_A^2}\right)} \dots \dots \dots \text{II.8}$$

c - Introduction du rapport des diamètres β

On pose $\beta = \frac{D_B}{D_A}$ et $p_A - p_B = \Delta p$

Alors

$$Q_m = \sqrt{\frac{S_B^2 \cdot \rho \cdot \Delta p}{0.5(1 - \beta^4)}} \dots \dots \dots \text{II.9}$$

d - Expression du débit volumique

Il suffit de diviser par ρ le résultat ci-dessus, et après simplification, il vient :

$$Q_v = \frac{S_B}{\sqrt{1 - \beta^4}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}} \dots \dots \dots \text{II.10}$$

La formule ainsi obtenue, n'est que théorique, puisque la viscosité du fluide n'a pas été prise en compte, ni la perte de charge introduite par l'obstacle, ni la contraction de veine qui se produit systématiquement lorsqu'un fluide s'écoule au travers d'un orifice, et de plus, le fluide a été supposé incompressible.

3- Expression pratique du débit pour un débitmètre à organe déprimogène

En fait, par rapport à l'expression théorique, on introduit des coefficients correctifs.

Du point de vue de l'utilisateur, il est fondamental de se rappeler des deux formule suivante :

- *Pour le débit volumique :*

$$Q_v = K_v \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \dots \dots \dots \text{II.11}$$

avec $k_v = \text{CONSTANTE}$

- *Pour le débit massique :*

$$Q_m = \rho \cdot Q_v = \rho K_v \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} = K_m \cdot \sqrt{\rho \cdot \Delta P} \dots \dots \dots \text{II.12}$$

avec $k_v = \text{CONSTANTE}$

4- Effet de la température et de la pression sur la mesure de débit

Le débit massique est donné par une formule de type :

$$Q_m = \rho \cdot Q_v = \rho K_v \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} = K_m \sqrt{\rho \cdot \Delta P}$$

Or, pour un gaz, la masse volumique dépend fortement de la température et de la pression.

Dans l'hypothèse d'un gaz parfait, nous pouvons écrire :

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \text{ ou encore } p = \frac{1}{V} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot T = \frac{1}{M} \cdot \rho \cdot R \cdot T \text{ (puisque } \rho = \frac{m}{V} \text{ , et en notant}$$

« M » la masse molaire du gaz parfait).

On a donc une relation du type : $\rho = K \cdot \frac{P}{T}$, ce qui signifie, pour le débit massique :

$$Q_m = K \sqrt{\frac{P}{T} \cdot \Delta P} \dots \dots \dots \text{II.13}$$

Une mesure du débit massique est donc possible en associant à la mesure de pression différentielle, une mesure de la pression et une mesure de la température en amont.

C'est ce que réalise le circuit électrique ci-dessous :

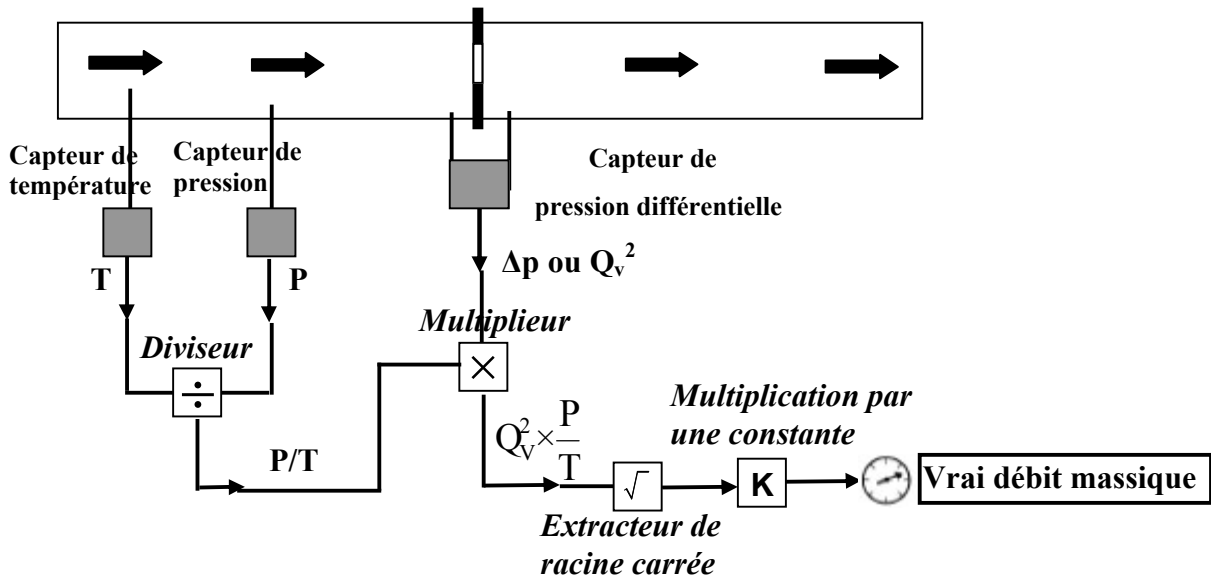


Figure II.4 : Correction de débit.

Nous avons utilisé un transmetteur multi variable 267/269c qui mesure à la fois la pression, la température ainsi que la pression différentielle et donne le débit massique corrigé.

II.5) Mesure de débit par un transmetteur multi variable 267/269

Le transmetteur 267/269C mesure simultanément, grâce à sa technologie multi-capteurs, des variables de procédé séparées et offre la possibilité de calculer des débits massiques et volumiques complètement corrigés pour les gaz, vapeurs et liquides.

Le calcul de débit du 267/269C comprend la correction de la pression et/ou de la température ainsi que des variables plus complexes comme le coefficient de débit, l'expansion thermique, le nombre de Reynolds et le facteur de compressibilité.

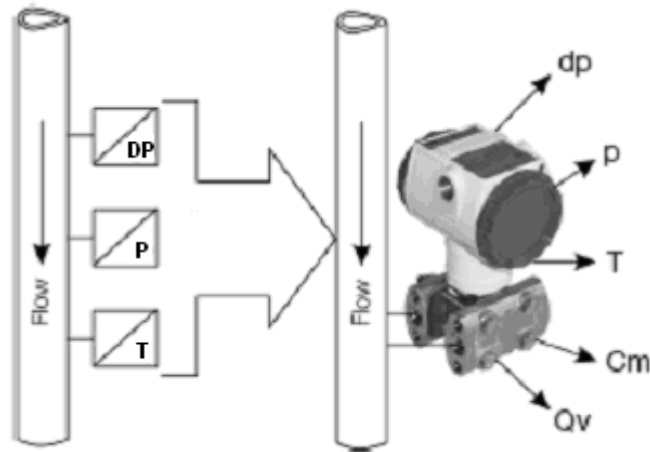


Figure II.5 : Différentes mesures de transmetteur multivariable.

Le débit massique dynamique du 267/269C est calculé selon la norme ISO 5167 .

- La norme ISO 5167-1

Cette norme traite la forme et les conditions d’emploi des différents appareils déprimogènes, et donne également des informations relatives au calcul du débit et des incertitudes associées.

- La formule de calcul de débit massique

La formule pratique de calcul du débit massique est donnée comme suit:

$$Q_m = C \cdot E_v \cdot Y_1 \cdot d^2 \sqrt{\Delta p \cdot \rho} \dots \dots \dots \text{II.14}$$

Q_m = Débit massique

C = Coefficient de décharge

E_v = Facteur de pré vitesse

Y_1 = Facteur d'expansion de gaz

d = Diamètre

ρ = densité en état de fonctionnement.

- Le coefficient de décharge

Un coefficient de décharge « C » qui permet de corriger l’erreur due à la perte de charge introduite par l’organe déprimogène. Ce coefficient est fonction du nombre de Reynolds R_e . Par exemple, pour un Venturi, $C \approx 0.97$ à 0.99 tandis que pour un diaphragme $C \approx 0.6$, il est donné précisément par la norme ISO 5167-1.

Le coefficient de décharge C est calculé soit à partir de l'équation de Reader-Harris/Gallagher (1988) ou bien de la formule de Stolz, à l'I.A.P ainsi qu' à Sonatrach on utilise la formule de Stolz :

$$C = 0.059 + 0.0312 \beta^{21} - 0.184 \beta^8 + 0.0029 \beta^{25} \cdot \left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0.75} + 0.09 L_1 \cdot \beta^4 \cdot E - \left(\frac{L_2}{D}\right) \cdot B^3 \quad \text{. . II.15}$$

$\beta = d/D$: Coefficient de contraction.

L_1 : Coefficient d'éloignement de la prise de pression amont.

L_2 : Coefficient d'éloignement de la prise de pression aval.

Re_D : : Nombre de Reynolds rapporté au diamètre D de la conduite.

Avec :

- Pour $L_1 < 0,4333$, $C_0 = 0,09$.

- Pour $L_1 \geq 0,4333$, $C_0 L_1 = 0,039$.

P_1 : Première prise de pression.

P_2 : Deuxième prise de pression.

Pour des prises de pression dans les angles

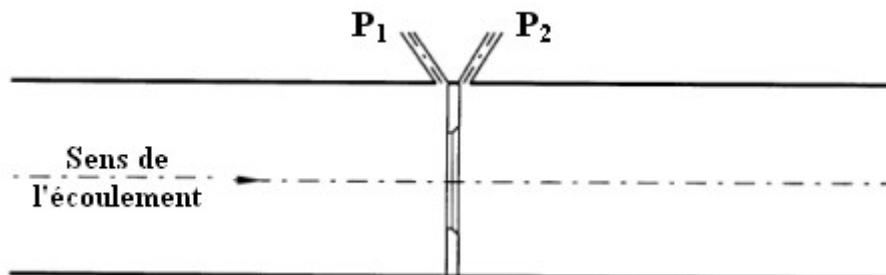


Figure II.6 : Prises de pression dans les angles.

$L_1 = 0$, $L_2 = 0$

Pour des prises de pression à la bride

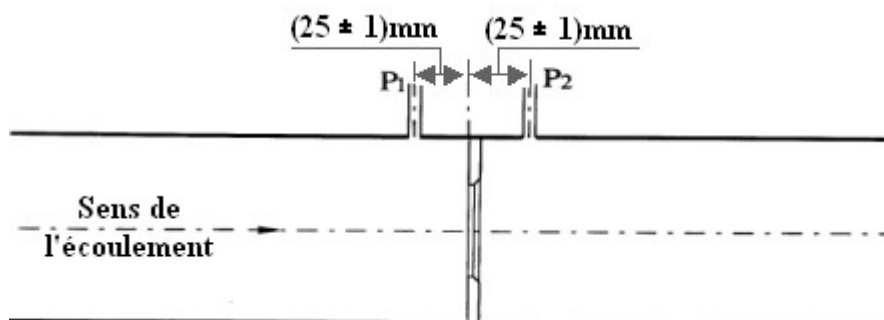


Figure II.7 : Prises de pression à la bride.

$$L_1=0.0254/D=L_2$$

Pour des prises de pression à D et D/2

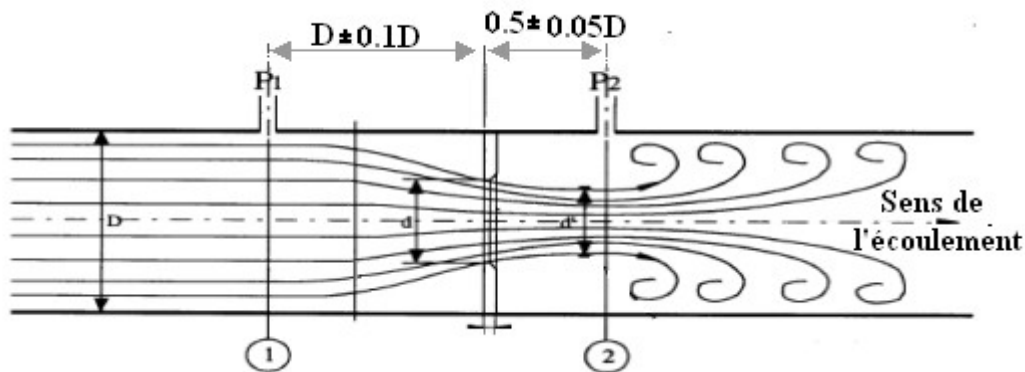


Figure II.8 : Prises de pression à D et D/2.

$$L_1=1 \text{ et } L_2=0.47$$

- Coefficient de vitesse d'approche

Le coefficient de vitesse d'approche E est défini par la relation suivante :

$$E = (1 - \beta^4)^{-0.5} \dots \dots \dots \text{II.16}$$

- Exposant isentropique (Facteur d'expansion de gaz)

Rapport de la variation relative de la pression à la variation relative de la masse volumique qui lui correspond dans une transformation adiabatique réversible (isentropique)

- Expression du diamètre de l'orifice d

$$d = (1 + \lambda(T_1 - T_0))d_0 \dots \dots \dots \text{II.17}$$

λ : Coefficient rapporté au matériel dont est fait le diaphragme.

d_0 : Diamètre intérieur du diaphragme au moment de l'étalonnage.

- Perte de pression $\Delta\omega$

Les diaphragmes présentent une perte de charge (ou perte de pression statique) qu'il ne faut pas confondre avec la pression différentielle mesurée, mais qui en dépend.

$$\Delta\omega = (1 - \beta^{1.9}) \Delta p \dots \dots \dots \text{II.18}$$

II.5.1) Principe de détermination de l'organe déprimogène

Le procédé impose un débit Q_m , dans une canalisation de diamètre D avec un fluide de masse volumique ρ et une viscosité dynamique μ . Il faut donc déterminer le couple $\{ \Delta P, d \}$ c'est à dire le diamètre intérieur de l'organe différentiel « d » ainsi que la pression différentielle Δp qui y sera mesurée.

1^{ère} ETAPE

On fixe une Δp parmi différentes valeurs « standards » : 60, 120, 240 et 480 mbar.

Mais, rien n'interdit de prendre d'autres valeurs.

On fixe également les valeurs de :

- Coefficient de décharge $C = 0,6$.
- Coefficient de vitesse d'approche $E = 1$.
- Coefficient de détente :

Pour un fluide incompressible : $\varepsilon_1 = 1$

Pour un fluide compressible : $\varepsilon_1 = 1 - (0.41 + 0.35\beta^4) \cdot \Delta p / \gamma p_1$

γ : Exposant isentropique.

p_1 : Pression du gaz à l'amont du diaphragme.

On peut tirer de ces hypothèses, la valeur de « d »

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_m}{\sqrt{p_1 \cdot \Delta P}}} \quad \dots \quad \text{II.19}$$

On possède alors une estimation de « d » et donc de « β ».

- On vérifie pour le couple $\{ \Delta P, d \}$ si les limites imposées par la norme NF ISO 5167-1 sur β et Re sont respectées.

_ Si aucun couple $\{ \Delta P, d \}$ ne convient, il faut envisager de changer le diamètre « D » de la tuyauterie.

2^{ème} ETAPE

On affine le résultat obtenu après la 1^{ère} ETAPE en :

- Calculant le coefficient de détente ε_1 si le fluide est incompressible.
- Calculant le coefficient de vitesse d'approche E .
- Calculant la portée du débitmètre.
- Ajustant la valeur de « d » afin d'avoir la portée désirée.

A partir de la valeur « définitive » de « d », on calcule le coefficient de décharge C, ainsi que la perte de charge ΔP_C dans l'organe déprimogène.

II.6) Critères de choix des capteurs de débit

Les critères de choix sont très nombreux, le tableau ci dessous donne une liste des principaux éléments à considérer.

Caractéristiques du fluide	Nature du fluide (liquide chargé, conducteur...) Viscosité Régime d'écoulement Température Pression Compressibilité
Critères métrologiques	Nature du signal de sortie (0-10 V, 4-20 mA...) Dynamique Précision Etendue de mesure Bande passante
Caractéristiques de l'installation	Diamètre de canalisation Perte de charge engendrée Encombrement Etalonnage Usure

Tableau 2 : Critères de choix des capteurs.

Une première sélection peut avoir lieu en se basant sur les critères fondamentaux, c'est à dire :

- Nature du fluide transporté.
- Type de signal de mesure.
- Plage de mesure.
- Diamètre de la canalisation.

III) Comptage d'un débit de Gaz

Le comptage est une activité quotidienne et continue de **mesure des débits**. Le choix d'un type de comptage plutôt qu'un autre dépend :

- Des objectifs recherchés par l'opération.
- Des conditions de site, principalement les limites d'emploi (Pression; Température ; type de fluide, ...)
- Des aspects économiques liés aux coûts des différents procédés.

III.1) Objectifs du comptage

Les opérations de comptage permettent :

- La comptabilisation et la facturation des quantités d'hydrocarbures livrées aux clients ou en transit.
- De fournir les informations indispensables pour toute conception, extension ou exploitation rationnelle des réseaux de transport d'hydrocarbures.
- L'établissement du bilan technique (bilan matière) d'un réseau de pipelines, l'évaluation des pertes de produit, la détection et la localisation des fuites.
- L'établissement et le suivi des rendements des unités industrielles consommatrices (Stations de compression, stations de pompage, centrales électriques alimentées en gaz, etc.)

III.2) Classification générale des dispositifs de comptage

La technologie du comptage offre une grande variété d'équipements dont le fonctionnement est basé sur différents principes physiques, on peut citer le comptage par :

- Mesure de vitesse du fluide.
- Mesure de pression différentielle à l'aide d'organes déprimogènes.
- Mesure des Débits Massiques de Fluides.
- Mesure de pression dynamique.
- Débitmètre à effet Vortex.

Dans ce qui suit, on s'intéressera au dispositif de comptage par mesure de la pression différentielle à l'aide d'un diaphragme.

III.3) Constitution générale d'un système de comptage de débit de gaz

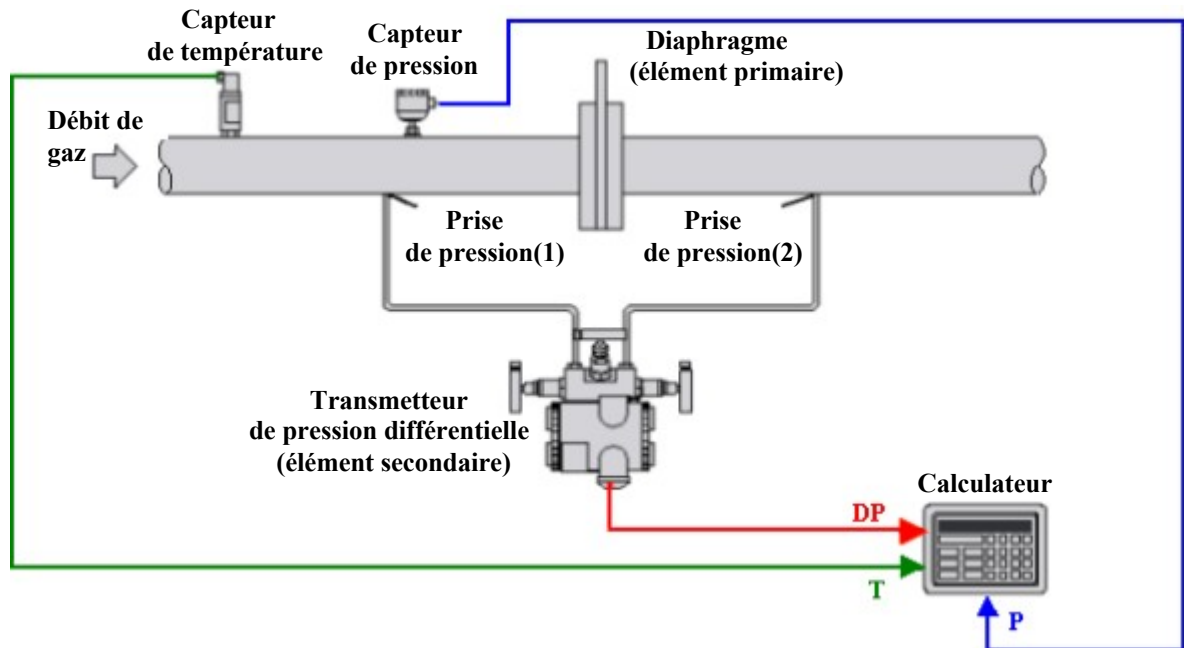


Figure II.9 : Constitution d'un système de comptage de gaz.

Un dispositif de comptage comprend :

- Un système perturbateur

Il constitue l'élément primaire, dans notre cas le système perturbateur est un diaphragme il étrangle la conduite pour créer une différence de pression en aval et en amont de ce système (voir chapitre I)

- Des capteurs

Ils constituent l'élément secondaire, ils permettent de mesurer les grandeurs générées par le perturbateur, et les grandeurs physiques qui vont influencer sur le débit de gaz.

- Un système de calcul (calculateur)

Il traite les différentes valeurs données par les capteurs sur cette base et suivant l'équation de débit il calcule les valeurs instantanées du débit de gaz.

- Un calculateur pour le comptage

Il donne les quantités de matière ayant transité dans la conduite pendant un intervalle de temps donné.

III.4) Comptage de débit gaz par Mesure de pression différentielle

Pour faire le comptage d'un débit de gaz on doit tout d'abord mesurer le débit instantané corrigé en pression et en température, pour ce faire, on aura besoin de trois capteurs(voir figure ci-dessous) :

- Capteur de pression.
- Capteur de température.
- Capteur de pression différentielle.

Comme on a utilisé la technologie multi-sensors on a remplacé ceux-ci par un seul transmetteur multivariable(267/269cs).

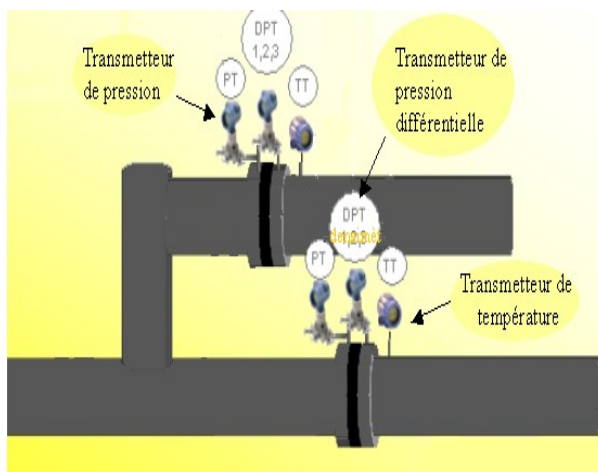


Figure II.10 : Mesure de débit corrigé avec trois transmetteur mono variable .

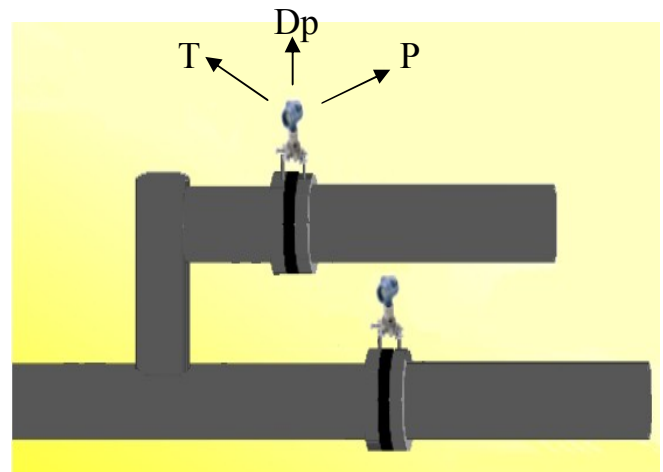


Figure II.11 : Mesure de débit corrigé avec un seul transmetteur multivariable.

Ce débit corrigé sera ensuite utilisé par un ordinateur pour comptabiliser la quantité de gaz ayant transité dans la conduite pendant un temps bien défini.

Simulation d'une station de mesure et comptage d'un débit de gaz

Le logiciel APB nous permet de faire la simulation d'une station de mesure et comptage de débit d'un gaz suivant différentes normes internationales, on peut citer les normes ISO 5167 et AGA3. Voir figure II.12 .

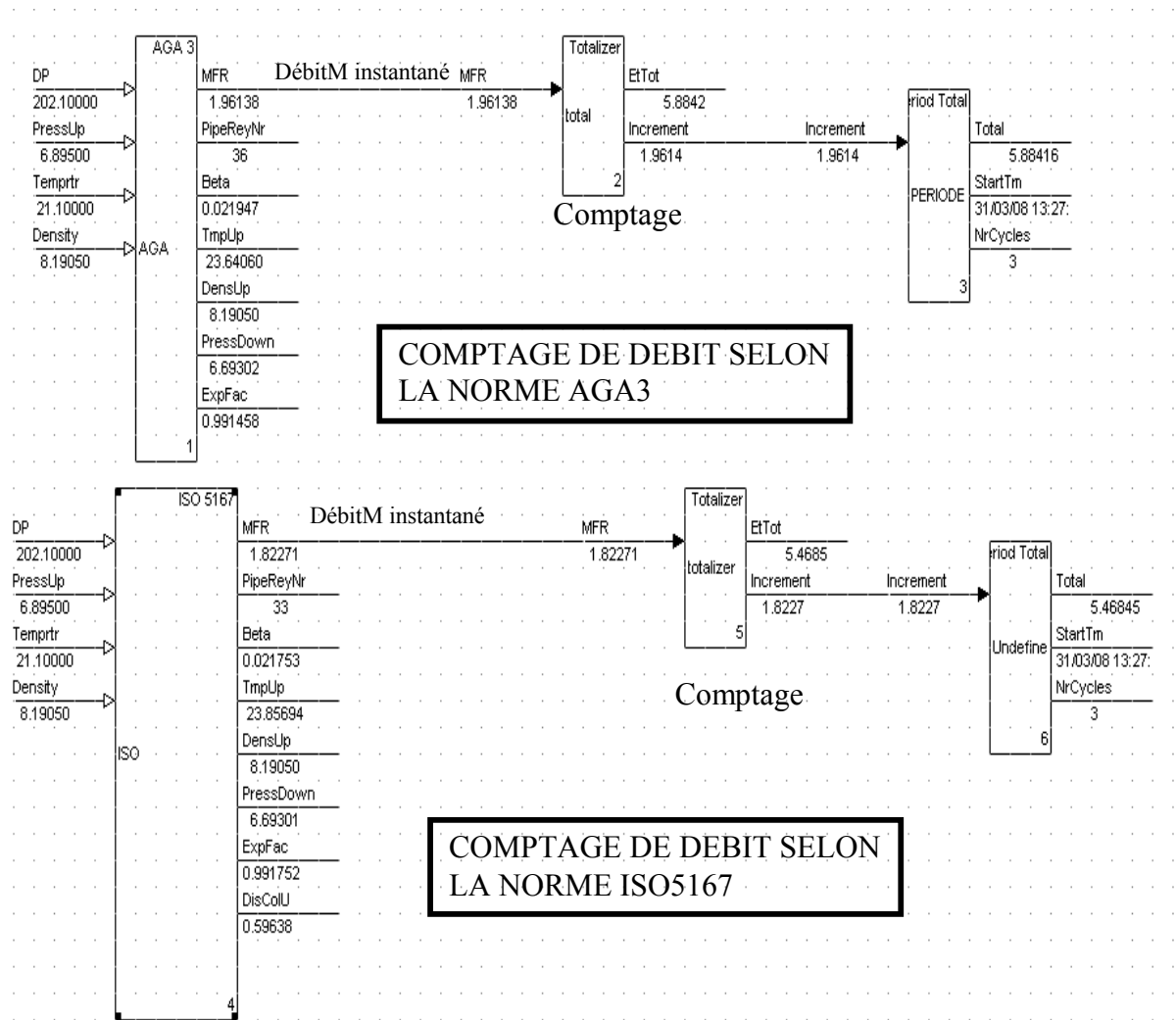


Figure II.12 : Simulation d’une station de mesure et comptage d’un débit de gaz.

Remarque :

La transaction des hydrocarbures ce fait en quantité d’énergie et non pas en débit de gaz.

III.5) Comptage de l’énergie

III.5.1) Composition du gaz naturel Algérien

Le gaz Algérien se compose de :

- Méthane : 82 à 99%
- Ethane, propane, butane, et pentane.
- D’autres composés, non hydrocarbures: CO₂ , hélium, H₂S, azote.

Il est inodore, incolore, non toxique, et non corrosif. Ses composants Varient selon la zone géographique.

La quantité d'énergie contenue dans un volume normalisé de gaz est spécifiée par le Pouvoir Calorifique Supérieur mesuré en kWh/m³(n).

La détermination de la quantité d'énergie vendue nécessite : la mesure de volume corrigé en pression et en température (pour rapporter celui-ci à un volume normalisé transactionnel « **volume rapporté à 101 325 Pa et 273,15 K** »), la détermination du facteur de compressibilité Z, la mesure du PCS. L'équation de comptage est :

$$\boxed{\text{Volume (m}^3\text{)} \times \text{Correction (T}^\circ, P, Z\text{) (sans unité)} \times \text{PCS (kWh/m}^3\text{)} = \text{Energie (kWh)}} \quad . . \quad \text{II.20}$$

III.5.2) Détermination du PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur)

Le PCS résulte de l'analyse moléculaire du gaz naturel, il n'est donc en général pas calculé localement, sauf si un chromatographe a été installé au niveau du poste de livraison. La qualité énergétique du gaz est mesurée selon la norme internationale **ISO 6976**, qui décrit la technique analytique utilisée, à savoir la chromatographie en phase gazeuse, ainsi que la méthode de calcul du PCS et du facteur de compressibilité (Z).

Le rapport de la concentration du méthane sur la concentration molaire des autres molécules d'alcane, sont les deux principales grandeurs entrant en jeu dans la détermination du PCS.

III.5.3) Chromatographie

1- Définition

La chromatographie est une méthode physique de séparation basée sur les différences d'affinités des substances à analyser à l'égard de **deux phases**, l'une **stationnaire ou fixe**, l'autre **mobile**.

Il existe plusieurs techniques de chromatographie on peut citer :

- Chromatographie sur couche mince (CCM)
- Chromatographie sur papier
- Chromatographie sur colonne
- Chromatographie en phase gazeuse (CPG)



Figure II.13 : Chromatographe.

2- Chromatographie en phase gazeuse (CPG)

C'est incontestablement la technique la plus utilisée elle consiste à partager l'échantillon à analyser entre deux phases. L'une d'elles est un liquide stationnaire uniformément réparti à l'intérieur d'une colonne très mince (voir figure II.14) l'autre est un gaz mobile qui s'écoule à travers l'ensemble stationnaire[11].

Un composé qui aura plus d'affinité pour la phase mobile, aura peu d'interaction avec la phase stationnaire et sera donc moins ralenti par celle-ci et ainsi ,il sera détecté plus rapidement qu'un composé qui aura plus d'affinité avec la phase stationnaire et sera plus souvent en interaction avec la phase stationnaire qu'avec la phase mobile.

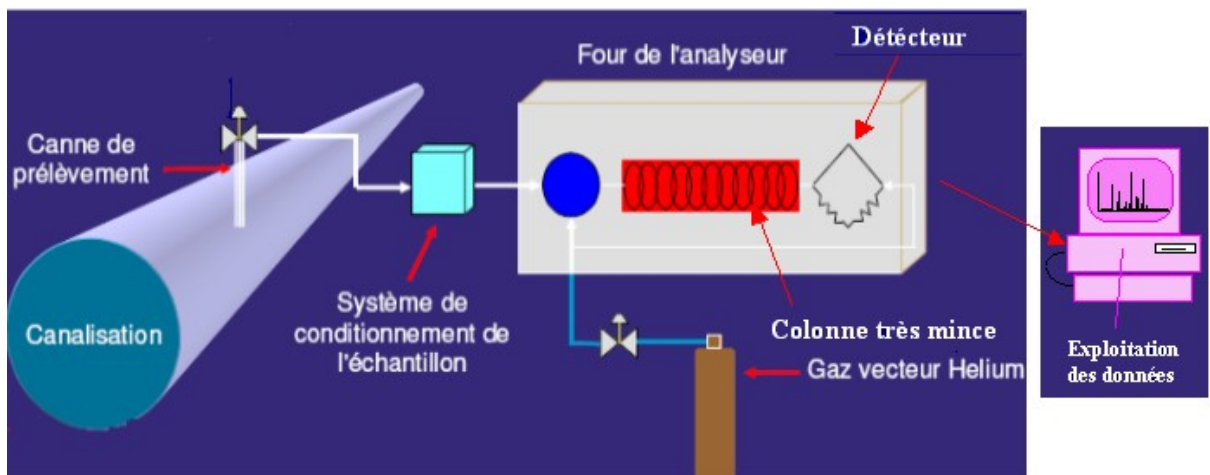


Figure II.14 : Chromatographie en phase gazeuse (CPG).

Un ordinateur traite les données recueillies puis affiche les résultats sous forme d'un chromatogramme qui donne la concentration de chaque composant (figure II.15).

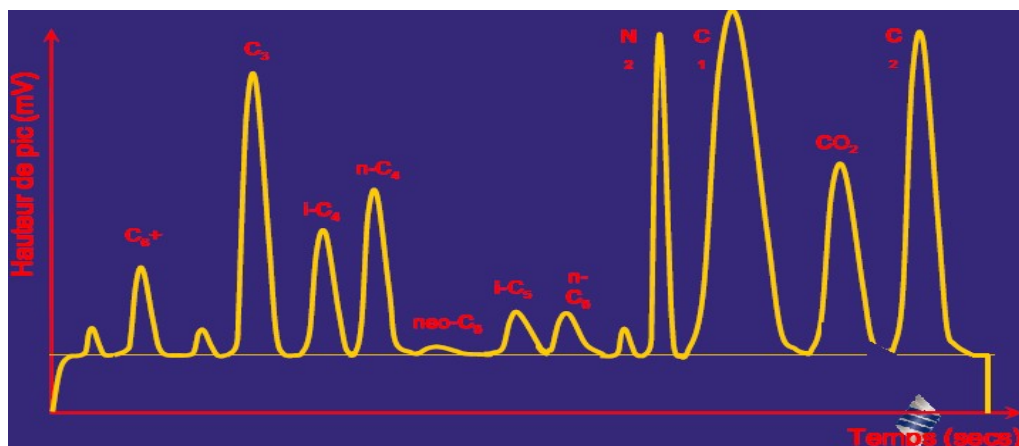


Figure II.15 : Chromatogramme.

Voici un exemple d'une analyse chromatographique d'un échantillon de gaz prélevé le 07/01/2008 au POINT DE COMPTAGE - GAZODUC HASSI R'MEL / OUED SAF SAF :

Composants	Mesures	Unité	PCS (kcal/cm3)		Densité	
Méthane(C1)	88,07	%mol	8912	784924,311	0,6709	59.08951008
Ethane(C2)	6,43	%mol	15746	101246,78	1,2657	8,138451
Propane(C3)	1,37	%mol	22688	31082,56	1,8742	2,567654
I-Butane(iC4)	0,17	%mol	29303	4981,51	2,5003	2,5111
N-butane(nC4)	0,25	%mol	29745	7436,25	2,5111	0,627775
I-Pentane(iC5)	0,05	%mol	37147	1857,35	3,176	0,1588
Npentane(nC5)	0,05	%mol	37496	1874,8	3,1918	0,15959
Hexane(C6)	0,05	%mol	45217	2039,2867	3,9097	0,17632747
Helium(He)	0,13	%mol			0,1671	0,021723
Azote(N2)	2,80	%mol			1,1696	3,27488
CO2	0,60	%mol			1,8475	1,1085

Tableau 3: Analyse chromatographique d'un échantillon de gaz

Simulation d'une station de comptage d'énergie

Nous avons exploité ces résultats en simulation en utilisant le logiciel APB. (voir figure II.16)

Equation de comptage :

$$\text{Volume (m}^3\text{)} \times \text{Correction (T}^\circ\text{, P, Z) (sans unité)} \times \text{PCS (kWh/m}^3\text{)} = \text{Energie (kWh)}$$

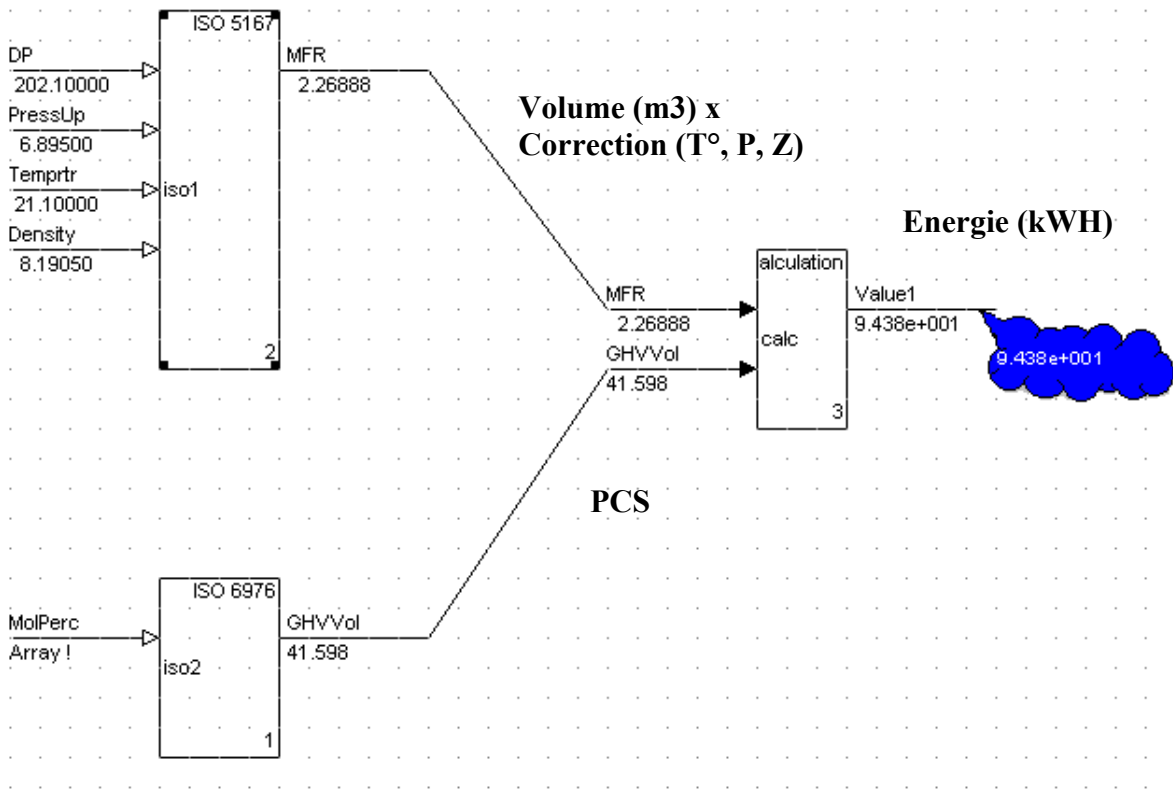


Figure II.16 : Simulation d'une station du comptage transactionnel d'énergie.

Type	Gas orifice
Fluid	Air
Calculation	Flowrate
Tapping	D and D/2
Orifice material	Carbon steel
Pipe material	Carbon steel
Differential pressure	= 202.1 mBar
PressUp	= 6.895 bara
Temperature	= 21.1°C
Density	= 8.1905 kg/m ³
Viscosity	= 0.0186 mPa·s
Gaz density	= 8.1905 kg/m ³
Isentropic exponent	= 1.4068
Pipe diameter	=154.05 mm
Orifice diameter	= 82.58 mm

Tableau 4 : Paramètres du block ISO 5167

Helium	He	0.13mol%
Carbon dioxyde	CO ₂	0.6 mol%
Méthane	CH ₄	88.7ol%
Ethane	C ₂ H ₆	6.43ol%
Propane	C ₃ H ₈	1.37mol%
i.butane	i-C ₄ H ₁₀	0.1mol%
n-butane	n-C ₄ H ₁₀	0.25ol%
i-pentane	i-C ₅ H ₁₂	0.05ol%
n-pentane	n-C ₅ H ₁₂	0.05 mol%
Hexane	C ₆ H ₁₄	0.05mol%

Tableau 5 : Paramètres du block ISO 6976

Conclusion :

Dans ce chapitre on a commencé par donner les régimes d'écoulement (laminaire et turbulent) on a également cité les différents types de débitmètres utilisés pour la mesure de débit, on s'est intéressé à celle par mesure de pression différentielle en utilisant un débitmètre à diaphragme et un transmetteur multivariable, (le calcul est fait selon la norme internationale ISO 5167-1). Ensuite, on a abordé le comptage de gaz et de l'énergie, la chromatographie en phase gazeuse et on a donné les constitutions générales d'un système de comptage ainsi que les différents composants du gaz Algérien, on a terminé par donner un exemple d'une analyse chromatographique d'un échantillon de gaz dont le résultat été simulé en utilisant le logiciel APB.

Le développement de la plate-forme de contrôle et de supervision (SCADA) fera l'objet du prochain chapitre.

Chapitre

3

*Développement de la plate
forme de contrôle et de
supervision
(SCADA)*

I- Introduction

Les processus de fabrication deviennent de plus en plus polyvalents et les exigences concernant les fonctionnalités des machines et installations augmentent. L'opérateur se situe au centre de ce difficile équilibre: Il doit avoir beaucoup de choses à l'œil, en tête et sous contrôle. C'est la raison pour laquelle il a besoin d'un maximum d'informations et de transparence. C'est précisément ce que lui offre HMI (interfaces homme-machine) qui permettent de conduire et superviser les installations industriels.

Dans ce présent chapitre nous allons présenter une des solutions de supervision, nous commencerons par décrire l'Automate Programmable ABB ainsi son logiciel de supervision (WebAccess).

II- Automate programmable ABB

II.1) Présentation

L'automate programmable est un ensemble électronique qui gère et assure la commande d'un système automatisé.

Un système «**ABB**» Ac 31 comprend toujours une unité centrale, avec interface d'extensions entrées/sorties et interface de bus Cs 31. Il existe trois types d'unités centrales qu'on notera (Uc); série 40, série90 et série 50 qui fera l'objet de notre étude.

Pour cette unité centrale il est possible d'étendre le nombre d'entrées/sorties en rajoutant jusqu'à 6 boîtiers d'extension locale quelques soit leurs types, binaires ou analogiques (Figure III.1).

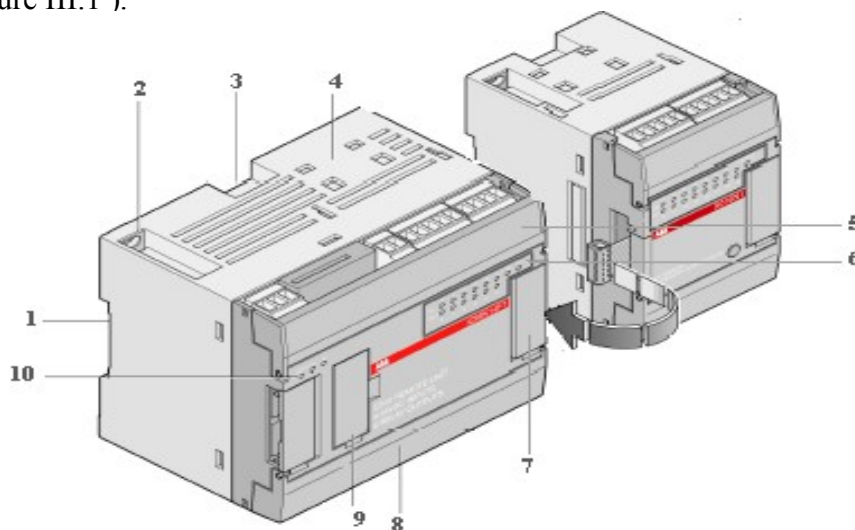


Figure III.1 : Unité centrale série 50 avec extension.

- 1 - Emplacement pour rail.
- 2 - Fixation sur platine avec mise à la terre du boîtier
- 3 - Verrou pour maintien sur rail.
- 4 - Emplacement pour connecteur extérieur 2 niveaux
- 5 - Emplacement des connecteurs pour le câblage :
 - Des entrées.
 - Du bus CS 31.
 - De l'alimentation de sortie 24 V d.c.
- 6 - Ensemble de visualisation de l'état des 8 entrées / 6 sorties
- 7 - Emplacement du connecteur pour le raccordement des extensions d'entrées/sorties
- 8 - Emplacement des connecteurs pour le câblage :
 - De l'alimentation de l'unité centrale
 - Des sorties
- 9 - Emplacement des sélecteurs rotatifs pour l'adressage .
- 10 - Ensemble de visualisation de l'état du boîtier :
 - POWER : présence alimentation
 - RUN : toujours allumée
 - ERR : présence d'erreur(s)

L'unité centrale qui contrôle le système est appelée « unité centrale MAITRE », et peut gérer jusqu'à 31 points de connexion nommés ESCLAVES tels que :

- Un esclave équipé seulement de voies binaires occupe 1 point de connexion.
- Un esclave équipé de voies binaires et analogiques occupe 2 points de connexion.

1- Câblage du bus

Le bus CS 31 est une liaison série RS 485. Ce bus est un bus maître/esclave et n'accepte qu'un seul maître. On note qu'un même type de câble doit être utilisé pour l'ensemble du montage du bus du système.

La longueur du bus est de 500 m maximum sans amplificateurs et de 2000 m maximum avec 3 amplificateurs.

2- Fonctionnement

L'espace mémoire de l'unités centrale série 50 se décompose en deux espaces distincts:

- Une mémoire SRAM où est chargé le programme utilisateur et de données.
- Une mémoire Flash EPROM qui contient :
 - La sauvegarde du programme utilisateur avec les constantes programme.
 - Les données de configuration et le programme système protégé contre les accès à partir du programme utilisateur.
- Un accumulateur intégré permet également de sauvegarder des variables internes.

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.2).



Figure III.2 : Cycle d'exécution du programme.

3- Mise sous tension / démarrage du programme

A chaque démarrage, l'unité centrale exécute une série complète d'autotests. Le programme ne peut être lancé que si aucun défaut n'a été détecté.

Les autotests assurent la vérification de :

- La syntaxe programme.
- La transmission des données.
- L'état des extensions.
- Les conditions de démarrage (remises à zéro ou non des mémoires internes).

En cas de chute de tension ou de coupure de tension, l'unité centrale série 50 dispose d'un Temps pour sauvegarder les informations nécessaires au prochain démarrage.

La sauvegarde des données internes au programme, n'est possible que sur les unités centrales série 50 qui possède un accumulateur. Il est nécessaire de configurer préalablement l'unité centrale pour la sauvegarde des données. En cas d'absence de configuration, toutes les fonctions et données internes sont remises à 0.

Les calculs intermédiaires des fonctions utilisées dans le programme utilisateur, nécessaires pour les cycles suivants, sont placés dans des variables appelées variables historiques.

II.2) Adressage de l'automate

Les entrées / sorties d'un boîtier AC 31 sont définies par :

- Leur type (entrée ou sortie, binaire ou analogique).
- L'adresse du boîtier et les numéros de voie sur celui-ci.

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

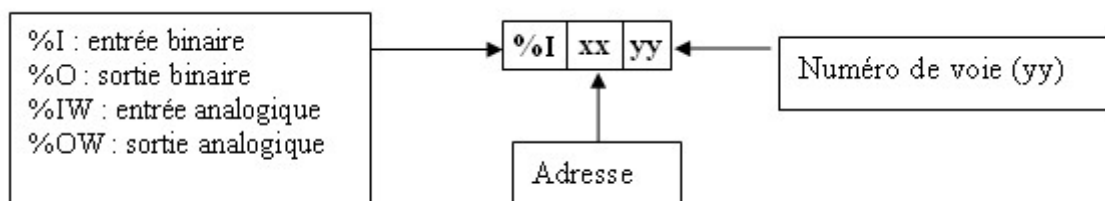


Figure III.3 : Format de l'adresse.

Adressage des UC maîtres ou indépendantes

Le mode d'utilisation indépendant, maître ou esclave de l'unité centrale est défini par logiciel dans la fenêtre « **PLC configuration** » (voir figure ci-après) du menu de contrôle du logiciel de programmation AC31GRAF.

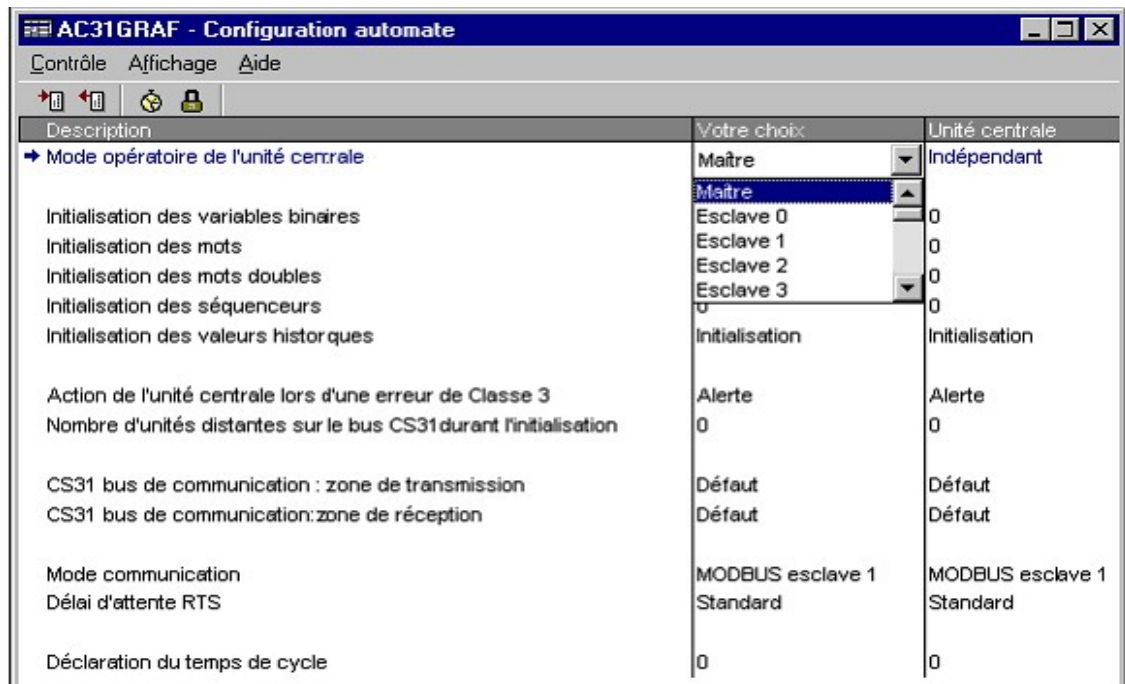
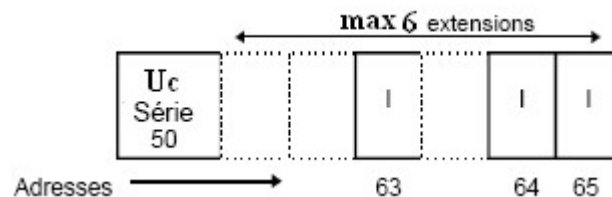


Figure III.4 : Fenêtre PLC configuration.

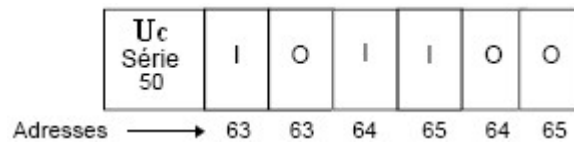
Un maximum de 6 extensions binaires ou analogiques peut être connecté à une unité centrale.

L'adresse de l'unité centrale « maître » ainsi que celles des extensions sont données comme suit :

- L'adresse 62 est affectée aux entrées / sorties de l'unité centrale.
- Les adresses des extensions sont affectées suivant leur ordre ainsi
- 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'entrées /sorties mixtes ou configurables est considérée au niveau de l'adressage comme une extension d'entrées et comme une extension de sorties =>L'adresse de l'extension binaire suivante, qu'elle soit d'entrées ou de sorties, est incrémentée de 1.



II.3) Programmation de l'automate ABB(AC31)

Le logiciel de programmation AC31GRAF est utilisé avec toutes les unités centrales AC 31.

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 Grafset)** : 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 automatismes chevronnés.

Liste des variables

Il existe 4 types de variables utilisées dans le programme utilisateur :

- Les variables d'Entrées / Sorties binaires (I-O) ou analogiques. (IW -OW)
- Les variables internes sur bits (M), mots (MW) ou doubles mots (MD), utilisés dans le programme utilisateur pour les calculs intermédiaires.
- Les constantes indirectes sur bits (K), mots (KW) ou double mots (KD).
- Les valeurs historiques : certaines fonctions nécessitent l'exécution de plusieurs cycles programmes afin d'être exécutées. Une valeur historique est un registre interne utilisé par ce type de fonction pour stocker le résultat de la fonction au cycle programme n-1 durant le déroulement de la fonction.

Remarque : L'envoi d'un nouveau programme dans l'automate écrase automatiquement l'ancien.

II.4) Communication

Le système AC 31 possède des interfaces adaptées aux différents modes de communication.

L'unité centrale série 50 possède trois protocoles de communication sur le même port série (voir Figure).

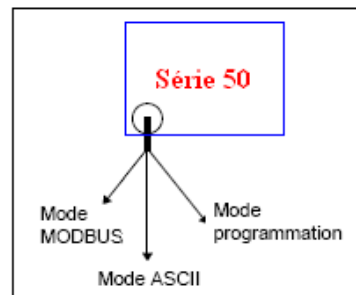


Figure III.5 : Protocole de communication avec la série 50.

Mondialement connu, le protocole MODBUS intégré dans l'unité centrale série 50 est le protocole **MODICON MODBUS RTU**.

De nombreux équipements d'automatismes tels que les automates programmables, les afficheurs, les variateurs de vitesse ou des systèmes de supervision, possèdent une interface MODBUS RTU en standard ou en option et peuvent ainsi communiquer facilement avec les unités centrales série 50 par la liaison série (RS232 ou RS485).

II.4.1) Exemples de configuration

- Liaison point à point avec un PC (figure III.6).
- Liaison réseau avec un PC (figure III.7).

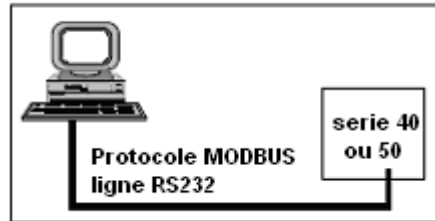


Figure III.6 : Liaison point à point avec PC.

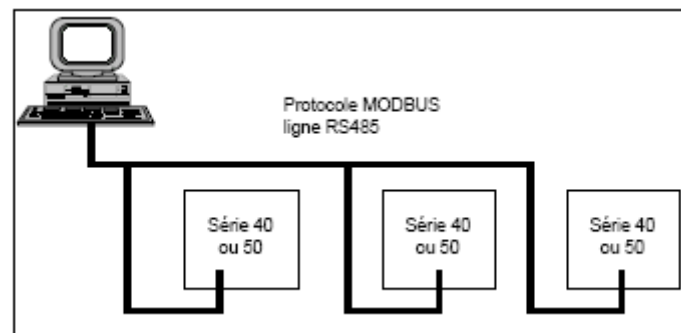


Figure III.7 : Liaison réseau avec un PC.

MODBUS est un protocole du type question / réponse ou encore appelé maître / esclave : le maître envoie une requête à l'esclave et attend sa réponse[10].

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

- Adresse MODBUS de l'esclave interrogé (1 octet).
- Code de fonction définissant la requête du maître (1 octet).
- Données à échanger (N octets).
- Code de contrôle CRC16 (2 octets).

Les codes qui sont générés en cas d'erreurs sont :

Codes d'erreur	Description
01	Code fonction inconnu
02	Erreur adresse
03	Erreur de données

Le port série des unités centrales des séries 40 et 50 est configuré en MODBUS par défaut avec les paramètres suivants :

- Mode : Unité MODBUS esclave 1
- Vitesse de transmission : 9 600 Bauds

- Nombre de bits de stop : 1
- Nombre de bits de données : 8
- Parité : Aucune.

a) Unité MODBUS esclave

Toutes les données peuvent être lues ou écrites en MODBUS. Aucun programme n'est nécessaire pour gérer la communication en MODBUS. L'unité centrale esclave MODBUS interprète automatiquement la requête envoyée par le maître MODBUS et renvoie un message lorsqu'il reconnaît son adresse.

b) Unité MODBUS maître

La **fonction MODBUS** permet d'envoyer les requêtes de lecture / écriture des données aux esclaves MODBUS.

Méthode d'adressage MODBUS :

VAR 00.00 \longrightarrow ADDR 0

(VAR = type I, O, S, M, IW, OW, MW, KW)

(Adresse, en décimal
de la 1^{ère} variable sélectionnée)

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

(VAR = type MD, KD) \longrightarrow

(Adresse, en décimal, de la 1^{ère}
variable sélectionnée)

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

Exemple : Trouver l'adresse MODBUS des variables O62.15 et M232.01 et MD002.07

$$\text{O 65.00} = 4096 + (16 * 65) + 00 = \mathbf{5136}$$

$$\text{M 232.04} = 8192 + (16 * 232) + 04 = \mathbf{11909}$$

$$\text{MD002.07} = 4000 + (32 * 2) + (2 * 7) = \mathbf{16462}$$

Toutes les variables des unités centrales séries 50 décrites dans les tableaux ci-dessous peuvent être lues ou écrites par le maître MODBUS.

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	

Tableau 6 : Adresses des variables binaires.

Type de variables	Variables	Adresses MODBUS en hexadécimal	Adresses MODBUS en décimal
Entrées analogiques	IW 00.00	0000	0000

	IW 00.15	000F	0015

	IW 01.00	0010	0016

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

	IW 63.15	044F	1103

	OW 00.00	1000	4096

	OW 00.15	100F	4111
Mots internes	OW 01.00	1010	4112

	OW 62.15	13EF	5103

	OW 63.00	13F0	5104

	OW 63.15	144F	5199
Mots internes	MW 000.00	2000	8192

	MW 000.15	200F	8207

	MW 001.00	2010	8208

	MW 099.15	263F	9791
Doubles mots internes	MW 230.00	2E60	11872

	MW 255.15	2FFF	12287

	MD 00.00	4000	16384
Constantes indirectes sur mot	....	...	....
	MD 00.15	401E	16414

	MD 01.00	4020	16416
Constantes indirectes sur double mot	....	....	....
	MD 07.15	40FE	16638

	KW 00.00	3000	12288
Constantes indirectes sur mot	....	....	....
	KW 00.15	300F	12303

	KW 01.00	3010	12304
Constantes indirectes sur double mot	....	....	....
	KW31.15	31FF	12799

	KD 00.00	5000	20480
Constantes indirectes sur double mot	....	....	....
	KD 00.15	501E	20510

	KD 01.00	5020	20512
Constantes indirectes sur double mot	....	....	....
	KD 07.15	50FE	20734

Tableau 7 : Adresses des variables analogiques.

II.5) Diagnostic

Une information détaillée sur l'état de l'unité centrale est accessible par le logiciel AC31GRAF en cliquant sur l'icône « *Etat de l'automate (diagnostic)* » de la fenêtre du panneau de Contrôle.

Une fois la fenêtre de diagnostique ouverte, les données sont figées jusqu'à la prochaine ouverture de celle-ci.

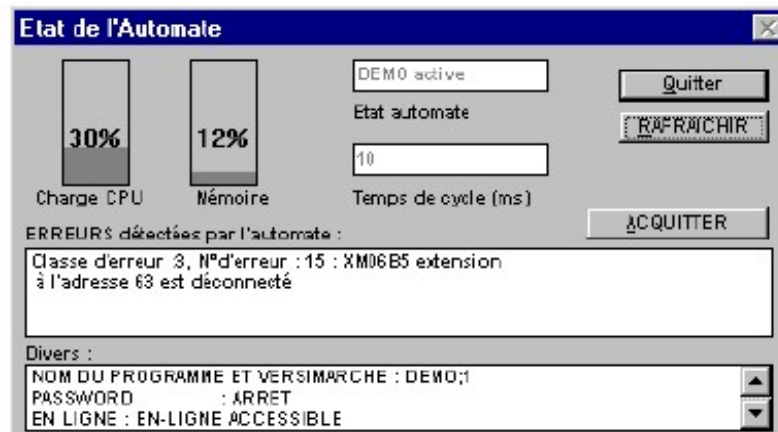


Figure III.8 : Fenêtre de statut dans AC31GRAF.

III) Supervision des systèmes

La surveillance des systèmes automatisés consiste à recueillir en permanence tous les signaux en provenance du procédé et de la commande, reconstituer l'état réel du système commandé.

La surveillance est limitée aux fonctions qui collectent des informations et les archivent. sans agir réellement ni sur le procédé ni sur la commande. Elle a donc un rôle passif vis-à-vis du système de commande et du procédé.

L'apparition des logiciels de supervision a révolutionné le monde de la surveillance des procédés industriels en offrant la possibilité d'agir en temps réel sur ces derniers.

III.1) Définition de la supervision

Le terme « supervision » désigne la fonctionnalité qui consiste à mettre à la disposition d'un opérateur une interface graphique, généralement de type « écran/clavier », lui permettant de suivre et de contrôler à distance une installation automatisée. Son rôle doit se limiter à :

- Chercher des informations dans l'automatisme pour renseigner l'opérateur.
- Envoyer des informations à l'automatisme à partir des ordres donnés par l'opérateur.

Les logiciels de supervision sont souvent désignés par le terme SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition/contrôle et acquisition des données). SCADA se réfère à un système qui recueille des données de différents capteurs d'une usine, ou d'autres régions éloignées, puis envoie ces données à un ordinateur central qui gère et contrôle les données.

SCADA est un terme qui est largement utilisé pour décrire le contrôle et la gestion des solutions dans l'industrie. Quelques-uns des secteurs où SCADA est utilisé sont les systèmes de gestion de l'eau, l'énergie électrique, des feux de circulation, systèmes de contrôle de l'environnement, et les systèmes de production.

III.2) Fonctionnalités d'une application de supervision

Les principales fonctionnalités d'une application de supervision sont :

- Acquisition de données.
- Conduite de procédés.
- Suivi de production
- Représentation graphique d'informations.
- Traitement d'alarmes et gestion d'événements .
- Archivage et calculs sur historiques.

Outils de supervision :

Un système SCADA comprend habituellement le signal du matériel (d'entrée et de sortie), les contrôleurs, les réseaux, l'interface utilisateur (IHM, **I**nterface **H**omme **M**achine), du matériel et des logiciels, parmi lesquels figure le **WebAccess** .

III.3) Description du logiciel de supervision WebAccess

WebAccess est le premier logiciel de supervision entièrement développé sous navigateur Internet, chaque utilisateur autorisé, supervise et contrôle les équipements d'automatisation utilisés dans les systèmes à superviser.

Les informations sont affichées en temps réel sur des graphiques mis à jour de manière dynamique et animée.

La principale innovation de ce logiciel est l'utilisation d'un navigateur Internet pour Superviser et Contrôler les installations ainsi que pour le développement et la gestion des applications, démultipliant sans limites les postes opérateurs et clients.

- Architecture du WebAccess

L'architecture est distribuée, tous les nœuds SCADA fonctionnent indépendamment des autres nœuds, chaque nœud communique avec les équipements de contrôle/commande à l'aide de drivers de communication fournis avec le logiciel. (Voir figure III.9).

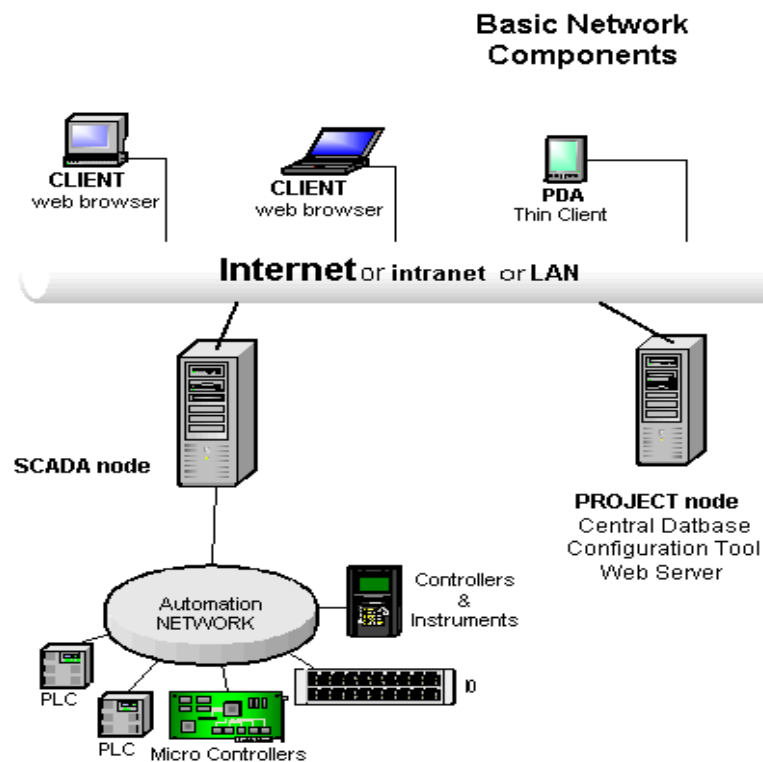


Figure III.9 : Architecture de Web Access.

a) Nœud projet

Le nœud projet sert de serveur de base de données centralisées. Il conserve une copie de l'application de chaque nœud SCADA ainsi que tous les dossiers des graphiques et des manuscrits.

Des changements à la base de données ou au graphique ne sont pas directement vus sur les nœuds SCADA sauf si les changements ont été téléchargés.

b) Nœud SCADA

Le nœud SCADA communique en temps réel avec les équipements disponibles sur le réseau comme : les Automates Programmables Industriels (API) et les interfaces IO (Input/Output) .

Il est relié physiquement avec ceux-ci par une liaison série Ethernet.

c) Port de communication

Le port de communication est la liaison employée pour communiquer avec les périphériques, généralement c'est une liaison physique « liaison série RS232 :communication point à point ou RS485 : communication multipoints ».

d) Points WebAccess

WebAccess emploie le concept de **point** pour organiser l'information échangée avec l'automate programmable. des informations supplémentaires sont additionnées à la description du point, on peut citer par exemple la configuration des alarmes(limites hautes et basses), les adresses, étendue de l'échelle...etc. Un point peut décrire n'importe quelle entrée, sortie, bit ou toute autre valeur dans un dispositif.

Le point doit être définie une seule fois dans le nœud SCADA tous les clients y accèdent en utilisant son tagname (Nom de point).

e) Points Système

Les points système permettent d'avoir le diagnostic, facilitent la gestion d'affichage. Par exemple, il y a des points système pour l'heure, la date, le statut du port de communication, les alarmes actives. Ils peuvent être employées pour obtenir des informations sur des alarmes, action d'opérateur.

f) Editeur graphique

Webaccess possède un éditeur graphique permettant la représentation des équipements et des processus commandés, sous forme d'un schéma synoptique animé en temps réel, on a aussi la possibilité de visionner les données recueillies sous forme de courbes on peut même faire de la vidéo-surveillance. (voir figure ci-après) :

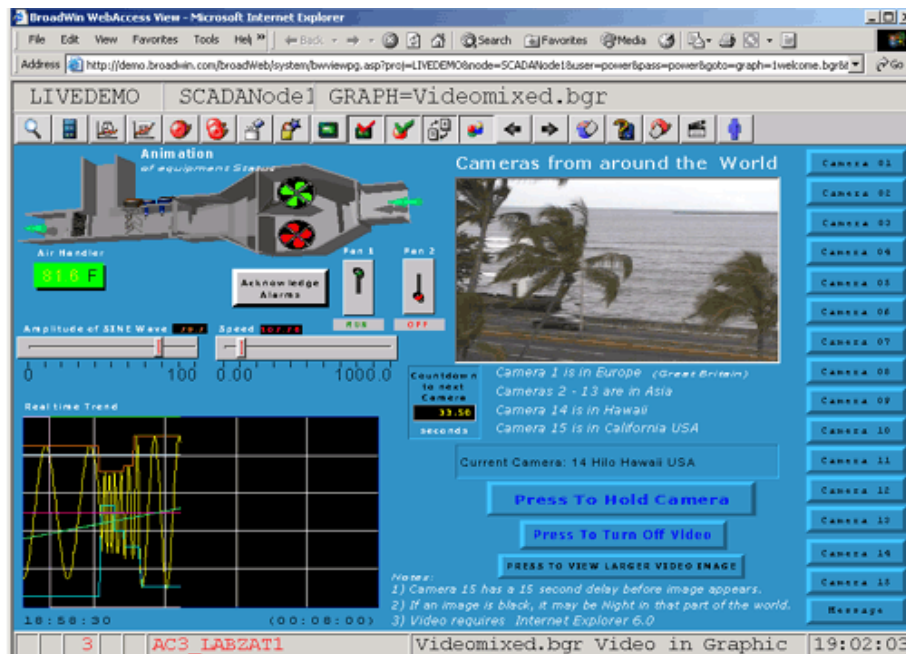


Figure III.10 : Editeur graphique de WebAccess.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'automate programmable ABB série AC31 et son logiciel de supervision WEB ACCESS qui seront le nœud principal de commande et de communication, nous avons décrit la méthode d'adressage et l'outil de sa programmation ainsi que la protocole de communication MODBUS que nous allons adopter lors de développement de la plate forme de supervision en ligne en utilisant le logiciel WEB ACCESS.

Dans le chapitre qui suit, nous allons nous intéresser aux outils mathématiques de modélisation et de simulation de la station de commande et de comptage de gaz.

Chapitre

4

*Modélisation de la chaîne
de mesure et de comptage
de débit de gaz .*

I - Introduction

Dans toutes les disciplines de l'ingénieur, la modélisation tient une place prépondérante : la compréhension et la l'amélioration de tout fonctionnement passent nécessairement par cette phase.

La modélisation est un ensemble de procédures permettant d'obtenir un modèle mathématique qui est un outil indispensable pour : Concevoir, Comprendre, Prévoir, et Commander un système donné[2].

Ce chapitre a pour but de faire la modélisation des principaux éléments de notre chaîne de régulation et d'introduire la théorie des régulateurs classiques PID (proportionnelle, Intégrale, Dérivée)...

II – Modélisation des éléments constituant notre chaîne de mesure

Nous allons faire dans ce qui suit, le modèle mathématique de notre vanne de contrôle, de transmetteur de pression, de pression différentielle et de débit ainsi que le modèle mathématique de la conduite.

II.1) Fonction de transfert de la vanne automatique

Sous l'effet de la pression p , le système (membrane, ressort) se déforme d'une valeur X_0 l'état d'équilibre est donnée par l'équation suivante :

a- Etat statique :

$$\boxed{P_0 S + M g - C X_0 = 0} \dots \dots \dots \text{IV.1}$$

P_0 : Pression d'entrée. [Bar].

S : Surface de la membrane. [m²].

M : Masse du système [Kg].

g : Accélération de la pesanteur [m/s²].

C : Raideur de l'ensemble.

X_0 : Déformation initiale.

r : Coefficient de frottement.

γ : $\gamma = \frac{d^2 \Delta X}{dt^2}$ l'accélération du mouvement.

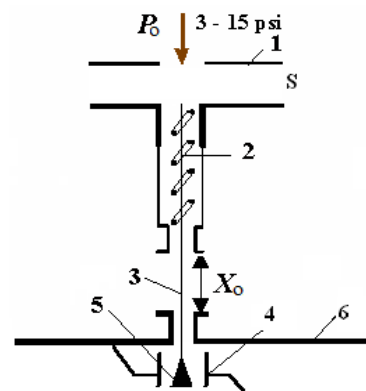


Figure IV. 1 : Schéma de principe de la vanne automatique.

- 1: Membrane.
- 2: Ressort de raideur C (Kgf/m).
- 3: Tige.
- 4: Siége.
- 5: Clapet.
- 6: Conduite.

b- Etat dynamique :

Quand la pression agissant sur le servomoteur varie d'une valeur Δp, le système se déforme d'une valeur ΔX et d'après la loi fondamentale de la dynamique:

$$\Sigma \vec{F} = M \vec{\gamma} \dots \dots \dots (2)$$

On peut écrire : $(P_0 + \Delta p) S + M g - C (X_0 + \Delta X) - r \frac{d}{dt} (X_0 + \Delta X) = M \frac{d^2}{dt^2} (X_0 + \Delta X)$

$$P_0 S + \Delta p S + M g - C X_0 - C \Delta X - r \frac{d}{dt} X_0 - r \frac{d}{dt} \Delta X = M \frac{d^2}{dt^2} X_0 + M \frac{d^2}{dt^2} \Delta X$$

En tenant compte de (VI.1) on aura:

$$\Delta p S - C \Delta X - r \frac{d}{dt} \Delta X = M \frac{d^2}{dt^2} \Delta X$$

$\Delta p S = C \Delta X + r \frac{d}{dt} \Delta X + M \frac{d^2}{dt^2} \Delta X$. ; en divisant par C on aura :

$$\frac{S}{C} \Delta p = \Delta X + \frac{r}{C} \frac{d}{dt} \Delta X + \frac{M}{C} \frac{d^2}{dt^2} \Delta X.$$

$\frac{d}{dt} = p$ opérateur de Laplace.

Et si on pose :

$$\frac{S}{C} = K \quad \frac{r}{C} = T_2 \quad \frac{M}{C} = T_1 \quad \text{on pourra donc écrire :}$$

$$T_1 p^2 \Delta X + T_2 p \Delta X + \Delta X = K \Delta p.$$

$$\Delta X (T_1 p^2 + T_2 p + 1) = K \Delta p \quad \text{d'où : } \frac{\Delta X}{\Delta p} = \frac{K}{T_1 p^2 + T_2 p + 1}$$

En pratique $T_1 \ll T_2$

Donc la fonction de transfert peut être assimilée à un système de premier ordre.

$$F(p) = \frac{K}{T_2 p + 1}$$

K : gain du servomoteur.

Pour la plupart des servomoteur, $T_2 = 8s$ et $k = 1.25$

La fonction de transfert devient :

$$F(p) = \frac{1.25}{8p + 1}$$

II.2) Fonction de transfert des transmetteurs

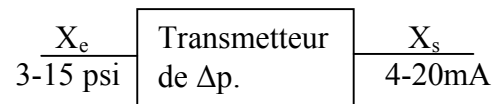
1- Fonction de transfert de transmetteur de la pression différentielle (Δp)

Le transmetteur de Δp a une fonction de transfert d'un premier ordre avec un temps de retard :

$$G_1(p) = \frac{K_1}{T p + 1} e^{-\tau p}$$

(Pratiquement $\tau \ll 1$ et $T \ll 1$).

D'où: $G_1(p) = K_1$.



$$G_1(p) = \frac{(X_{s \max} - X_{s \min}) / X_{s \max}}{(X_{e \max} - X_{e \min}) / X_{e \max}}$$

$$G_1(p) = \frac{(20 - 4) / 20}{(15 - 3) / 15}$$

$$G_1(p) = K_1 = 1$$

De même on trouve :

2- Fonction de transfert du transmetteur de débit

-Signal d'entrée : débit $0-100m^3/h$.

-Signal de sortie : $4-20mA$. On aura :

$$G_2(p) = K_2 = 0.8$$

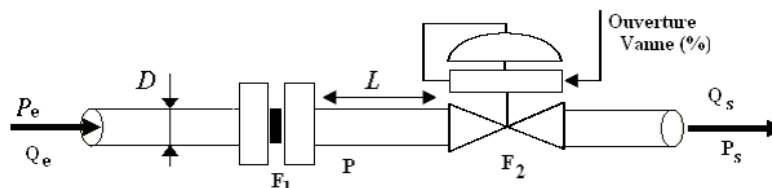
3- Fonction de transfert du transmetteur de pression p

-Signal d'entrée : pression : 3-15 psi

-Signal de sortie : 4-20mA. On aura :

$$G_3(p)=K_3=1$$

II.3) Modèle mathématique de la conduite



Q_e : Débit d'entrée.

P_e : Pression d'entrée (en amont du diaphragme).

P : Pression entre la vanne et le diaphragme.

F_1 : Section de l'orifice.

Q_s : Débit de sortie.

P_s : Pression de sortie (en aval de la vanne).

F_2 : Section de passage de l'orifice de la vanne.

La relation entre le débit et la pression est donnée par $Q(t) = \alpha F(t) \sqrt{2\rho \Delta p(t)}$.. IV.2

Les paramètres à régler sont le débit de gaz, le coefficient de débit α , et la section de passage $F(t)$.

Le régime établi est caractérisé par :

$$P_e = P_{e0}, Q_e = Q_{e0}, F_2 = F_{20}, P = P_0, Q_s = Q_{s0}.$$

En régime nominal on a :

$$(Q_{e0} - Q_{s0}) dt = 0 \dots\dots\dots (1)$$

Pendant le régime transitoire, la section de passage F_2 et le débit d'entrée Q_e varient, ce qui provoque la variation du débit de sortie et de la pression P .

La vitesse est déterminée par l'expression :

$$V K \frac{d}{dt} (P_0 + \Delta p) = Q_{e0} + \Delta Q_e - \Delta Q_s$$

En tenant compte de (1) on obtient :

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

V : Le volume de la conduite entre le diaphragme et la vanne.

K : Coefficient de compressibilité gaz.

Les débits d'entrée et de sortie sont calculés par les formules suivantes :

$$\left. \begin{aligned} Q_e &= \alpha_1 F_1 \sqrt{2\rho_1 \Delta p} = Q_e = \alpha_1 F_1 \sqrt{2\rho_1 (p_e - p)} \dots\dots\dots (3) \\ Q_s &= \alpha_2 F_2 \sqrt{2\rho_2 \Delta p} = Q_s = \alpha_2 F_2 \sqrt{2\rho_2 (p_2 - p_s)} \dots\dots\dots (4) \end{aligned} \right\} \text{Loi de Bernoulli.}$$

$\rho_1 = \rho_2 = \rho$ (masse volumique du gaz).

$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ (coefficient de débit).

Afin de déterminer ΔQ_e et ΔQ_s , on utilise le développement en série de Taylor des formules (3) et (4).

$$\Delta Q_e = K_{11} \Delta p_e + K_{12} \Delta p + K_{13} \Delta F_1 \dots\dots\dots (5)$$

$$\Delta Q_e = \frac{\partial Q_e}{\partial \Delta p_e} \Delta p_e + \frac{\partial Q_e}{\partial \Delta p} \Delta p + \frac{\partial Q_e}{\partial \Delta F_1} \Delta F_1$$

Avec :

$$K_{11} = \frac{\partial Q_e}{\partial \Delta p_e} \quad K_{12} = \frac{\partial Q_e}{\partial \Delta p} \quad K_{13} = \frac{\partial Q_e}{\partial \Delta F_1}$$

$$\Delta Q_s = K_{21} \Delta p + K_{22} \Delta p_s \dots\dots\dots (6)$$

$$\Delta Q_s = \frac{\partial Q_s}{\partial \Delta p} \Delta p + \frac{\partial Q_s}{\partial \Delta p_s} \Delta p_s$$

(5) et (6) dans (2) nous donne :

$$KV \frac{d}{dt} \Delta p = K_{11} \Delta p_e + K_{12} \Delta p + K_{13} \Delta F_1 - K_{21} \Delta p - K_{22} \Delta p_s$$

$$KV \frac{d}{dt} \Delta p = K_{11} \Delta p_e + (K_{12} - K_{21}) \Delta p + K_{13} \Delta F_1 - K_{22} \Delta p_s$$

où :

$\Delta F_1 = K \Delta X$; ΔX : Variation de la tige du clapet.

On peut donc écrire :

$$KV \frac{d}{dt} \Delta p = K_{11} \Delta p_e + (K_{12} - K_{21}) \Delta p + K_{13} K \Delta X - K_{22} \Delta p_s$$

Si on divise par $(K_{12} - K_{21})$ on aura :

$$\frac{KV}{K_{12} - K_{21}} \frac{d}{dt} \Delta p + \Delta p = \frac{K_{11}}{K_{12} - K_{21}} \Delta p_e + \frac{K K_{13}}{K_{12} - K_{21}} \Delta X - \frac{K_{22}}{K_{12} - K_{21}} \Delta p_s$$

L'équation générale est de la forme:

$$T \frac{d}{dt} \Delta p + \Delta p = K_{01} \Delta p_e + K_{02} \Delta X - K_{03} \Delta p_s \dots\dots\dots (7)$$

Avec:

$$T = \frac{KV}{K_{12} - K_{21}} \quad K_{02} = \frac{K K_{13}}{K_{12} - K_{21}} \quad K_{01} = \frac{K_{11}}{K_{12} - K_{21}} \quad K_{03} = \frac{K_{22}}{K_{12} - K_{21}}$$

Si on pose $\frac{d}{dt} = p$, on aura:

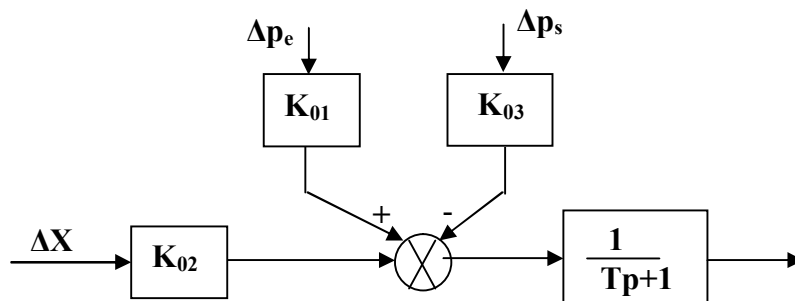
$$T p \Delta p + \Delta p = K_{01} \Delta p_e + K_{02} \Delta X - K_{03} \Delta p_s$$

$$(Tp+1) \Delta p = K_{01} \Delta p_e + K_{02} \Delta X - K_{03} \Delta p_s$$

En prenant Δp_e et Δp_s comme perturbations, la fonction de la conduite sera :

$$\boxed{\frac{\Delta p}{\Delta X} = \frac{K_{02}}{Tp+1}}$$

Le schéma de la structure est comme suit :



On a donc :

$$H(p) = \frac{K_{02}}{Tp+1} \text{ la fonction de transfert de la conduite.}$$

$F(p) = \frac{1.25}{8p+1}$ la fonction de transfert de la vanne avec le servomoteur.

$G_1(p) = K_1$ la fonction de transfert de transmetteur de pression différentielle.

$G_2(p) = K_2$ la fonction de transfert de transmetteur de débit.

$G_3(p) = K_3$ la fonction de transfert de transmetteur de pression.

Si on considère que $G_R(p)$ est la fonction de transfert de régulateur on aura le schéma fonctionnel suivant :

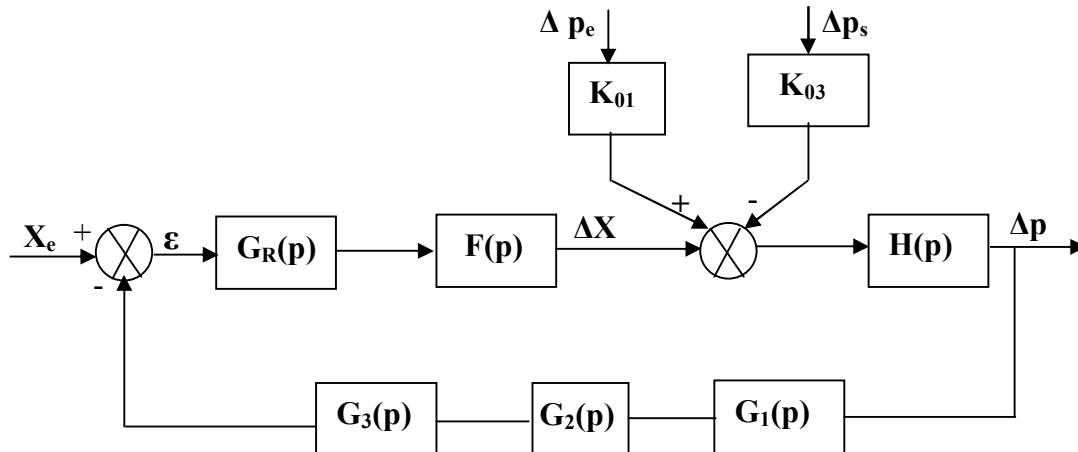


Figure IV.2 : Schéma fonctionnel de notre installation.

II.4) Application numérique

$P_e = 0.670$ bar.

$P = 0.665$ bar.

$P_s = 0.575$ bar.

$L = 50$ cm = 0.5 m : Longueur entre la vanne et le diaphragme.

$\rho = 1.29$ g/l : Masse volumique de l'air.

$d = 20$ mm : Diamètre de la vanne.

$D = 21.5$ mm : Diamètre de la conduite.

Calcul de la section de la vanne

$$F_1 = (\pi d^2) / 4 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Section du diaphragme

$$F_2 = 4.75 \times 10^{-5} \text{ m}^2.$$

Calcul de la section et du volume de la conduite

$$S = (\pi d^2) / 4 = 3.62 \times 10^{-4} \text{ m}^2.$$

$$V = S \times L = 0.363 \times 0.5 = 1.81 \times 10^{-4} \text{ m}^3.$$

Calcul des coefficients

$$K_{11} = \frac{\partial Q_e}{\partial \Delta P_e} = \frac{d}{dP_e} (\alpha F_1 \sqrt{2 \rho (P_e - P)}) = \alpha F_1 \frac{\rho}{\sqrt{2 \rho (P_e - P)}}.$$

$$K_{11} = 3.14 \times 10^{-4} \cdot \frac{1.29}{\sqrt{2 \cdot 1.29 \cdot 5.10^{-3}}}.$$

$$K_{11} = 3.565 \cdot 10^{-3}$$

$$K_{12} = \frac{\partial Q_e}{\partial \Delta P} = \frac{d}{d\Delta P} (\alpha F_1 \sqrt{2 \rho (P_e - P)}) = -\alpha F_1 \frac{\rho}{\sqrt{2 \rho (P_e - P)}}.$$

$$K_{12} = -K_{11} = -3.565 \cdot 10^{-3}$$

$$K_{13} = \frac{\partial Q_e}{\partial \Delta F_1} = \frac{d}{dF_1} (\alpha F_1 \sqrt{2 \rho (P_e - P)}) = \sqrt{2 \cdot 1.29 \cdot 5.10^{-3}}.$$

$$K_{13} = 0.1135$$

$$K_{21} = \frac{\partial Q_s}{\partial \Delta P} = \frac{d}{d\Delta P} (\alpha F_2 \sqrt{2 \rho (P_e - P)}) = \alpha F_2 \frac{\rho}{\sqrt{2 \rho (P_e - P)}}$$

$$K_{21} = 4.751 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1.29}{\sqrt{2 \cdot 1.29 \cdot 5.10^{-3}}}$$

$$K_{21} = 5.396 \cdot 10^{-4}$$

$$K_{22} = \frac{\partial Q_s}{\partial \Delta P_s} = \frac{d}{dP_s} (\alpha F_2 \sqrt{2 \rho (P_e - P)}) = -\alpha F_2 \frac{\rho}{\sqrt{2 \rho (P_e - P)}}$$

$$K_{22} = -4.751 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1.29}{\sqrt{2 \cdot 1.29 \cdot 5.10^{-3}}}$$

$$K_{22} = - 5.396 \cdot 10^{-4}$$

$$T = \frac{K.V}{|K_{12} - K_{21}|} = \frac{1.81 \cdot 10^{-4}}{1.0792 \cdot 10^{-3}}$$

$$T = 0.044$$

$$K_{01} = \frac{3.566 \cdot 10^{-3}}{1.0792 \cdot 10^{-3}}$$

$$K_{01} = 0.86$$

$$K_{02} = \frac{0.1135}{4.1046 \cdot 10^{-3}}$$

$$K_{02} = 27.65$$

$$K_{03} = \frac{-5.396 \cdot 10^{-4}}{4.1046 \cdot 10^{-3}}$$

$$K_{03} = -0.13$$

III) La régulation des procédés industriels

Dans la plupart des appareils et installations industrielles, il est nécessaire de maintenir des grandeurs physiques à des valeurs bien déterminées, malgré les variations externes ou internes influant sur celles-ci. Certaines de ces grandeurs étant par nature variables comme: Le niveau d'eau dans un réservoir, le débit d'une conduite de gaz.

Si les perturbations influant sur la grandeur à contrôler sont lentes ou négligeables, un simple réglage (dit en boucle ouverte) permet d'obtenir et de maintenir la valeur demandée (par exemple l'action sur une vanne d'arrêt). Cependant, dans la majorité des cas ce type de réglage n'est pas suffisant, car il est généralement instable. Il faut donc comparer, en permanence, la valeur mesurée de la grandeur réglée à celle que l'on souhaite obtenir et agir en conséquence sur la grandeur d'action. On a, dans ce cas, constitué une boucle de régulation et plus généralement une boucle d'asservissement.

Cette boucle nécessite la mise en œuvre d'un ensemble de moyens de mesure, de traitement de signal ou de calcul, d'amplification et de commande d'actionneurs, constituant une chaîne d'éléments associés à la chaîne de régulation (ou d'asservissement).

III.1) But de la régulation

Les systèmes asservis comme systèmes de commande ont pour but de réaliser l'égalité entre l'entrée et la sortie.

Réguler revient donc à maintenir une grandeur physique (grandeur réglée) à une valeur de consigne, même en présence de perturbations.

- **La grandeur réglée :** c'est la grandeur physique que l'on désire contrôler. Elle donne son nom à la régulation. Exemple : une régulation de pression.

- **La consigne :** C'est la valeur que doit prendre la grandeur réglée, elle peut être constante ou peu variable (climatisation).

- **Les perturbations:** ce sont les grandeurs physiques qui influencent la grandeur réglée.

Les performances attendues d'un système de régulation sont :

- La précision (absolue, relative).
- La rapidité (temps de réponse à 5% ou temps de montée).
- La stabilité (ni oscillations entretenues, ni divergence).

III.2) Structure d'un Système de Régulation Automatisée

On peut représenter une régulation de la manière suivante :

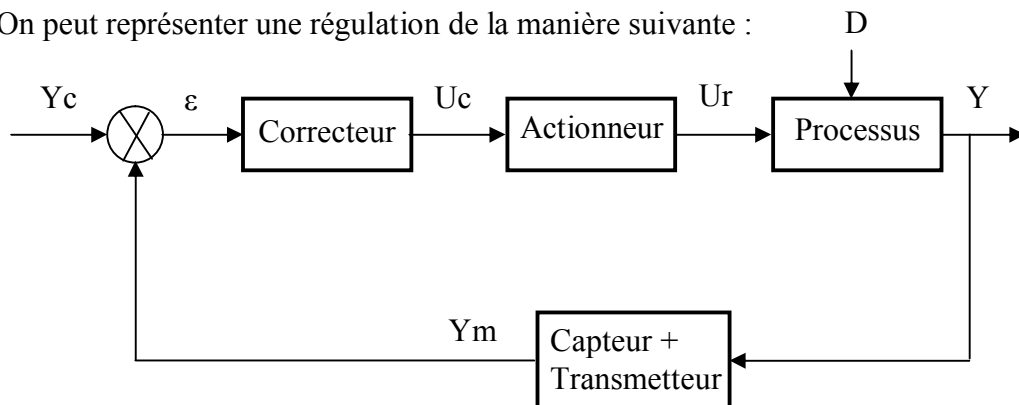


Figure IV. 3 : Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation.

Avec :

Y_c : consigne.

ε : écart de régulation.

U_c : signal de commande.

U_r : grandeur de réglage.

Y : variable de sortie.

D : perturbation.

Y_m : grandeur physique à la sortie du capteur.

Les éléments nécessaires à la régulation sont :

- Les capteurs (éléments d'observation).
- Les transmetteurs de mesure (électriques, pneumatique..).
- Les actionneurs (vannes...).
- Les régulateurs (éléments de réflexion et de calcul).

III.3) Principaux modes d'action des régulateurs

1- la commande proportionnelle (p)

La commande proportionnelle consiste à doser l'action à proportions du résultat atteint. Son rôle est de réduire l'erreur de réglage, le temps de montée et le temps de réponse, mais elle rend la réponse plus au moins oscillatoire. On choisit alors un gain qui permet d'avoir un bon taux d'amortissement (égal à 0,75). On utilise un régulateur P lorsque la précision n'est pas importante. Exemple : Le réglage du niveau d'eau dans un réservoir de stockage.

La fonction de transfert d'un régulateur proportionnel est donnée par $C(p)=k$

La loi de commande est : $U(p)=K\varepsilon(p)$.

K_p : Gain du régulateur

ε : écart consigne/mesure ($\varepsilon=C-M$)

Si K est grand, la correction est rapide mais le risque de dépassements s'accroît (instabilité).

Si K est petit la correction sera lente mais il y a moins de risque d'instabilité.

K est le gain proportionnel. On le trouve fréquemment sous la dénomination "**bande proportionnelle**".

NOTION DE BANDE PROPORTIONNELLE(BP)

C'est la variation en % de l'entrée du régulateur nécessaire pour que la sortie varie de 100%. Elle est d'autant plus faible que le gain est plus élevé, et donc que le régulateur est plus sensible : $BP\%=100/K$.

La bande proportionnelle exprime le pourcentage de la zone totale de l'entrée (écart) qui provoque la variation totale de la commande.

Exemple de réglage de la Bp (voir courbe).

Le résultat signifie que pour avoir 100% de variation de la commande, on a besoin de 100% de variation de l'écart.

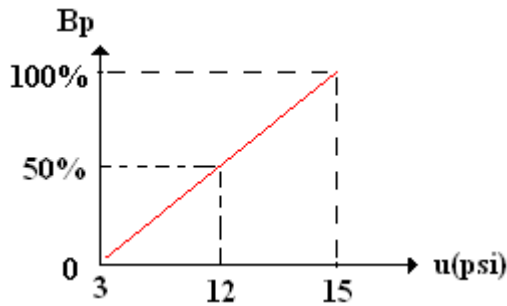


Figure IV.4 : Bande proportionnelle.

2- La commande intégrale (I)

L'action intégrale permet d'éliminer l'erreur résiduelle en régime permanent elle agit proportionnellement à la surface de l'écart entre la consigne et la mesure, et elle poursuit son action tant que cet écart n'est pas nul.

On l'utilise lorsque on désire avoir en régime permanent, une précision parfaite. Elle permet d'éviter les pics de puissance et les à-coups sur les actionneurs.

Comme dans le cas de l'action proportionnelle, un dosage trop important de l'action intégrale

engendre une instabilité de la boucle de régulation. Pour son réglage, il faut trouver un compromis entre la stabilité et la rapidité.

La fonction de transfert d'un régulateur intégral est donnée par :

$$C(p) = \frac{1}{T_i p}$$

Ainsi la loi de commande est :

$$\boxed{\frac{k}{T_i} \int_0^t (C - M) dt} \dots \dots \dots \text{IV.3}$$

Ti est la constante de temps de l'action **Intégrale**, en secondes ou en minutes.

Si Ti est trop petite, l'action intégrale monte trop vite —————> Risque de dépassements sur la réponse du système.

Si Ti est trop grande, l'action intégrale monte lentement —————> démarrage lent.

3- La commande dérivée (D)

L'action dérivée a un effet stabilisateur mais une valeur excessive peut entraîner une instabilité. Sur le plan de Nyquist l'action D permet de déplacer le lieu de transfert vers la droite car elle possède une avance de phase (de +90 degré). La présence de l'action dérivée permet donc d'augmenter la rapidité du système en régime transitoire et ceci en augmentant le gain sans être inquiété par la stabilité. On recommande de l'utiliser pour le réglage des paramètres lents tels que la température.

Il est aussi souhaitable de limiter l'action dérivée pour ne pas amplifier les bruits de hautes fréquences et de limiter l'amplitude des impulsions dues aux discontinuités de l'écart lors de changement de consigne.

La fonction de transfert d'un régulateur D est : $C(p)=(T_d \cdot p)$

T_d est la constante de dérivation.

L'action dérivée étant irréalisable, en pratique on réalise une action D filtrée en ajoutant un élément de premier ordre. L'action dérivée pure $T_d p$ devient alors :

$$C(p)=(T_d \cdot p)/(1+ \tau p)$$

Avec : $\tau = T_d / N$

N : Coefficient de filtrage.

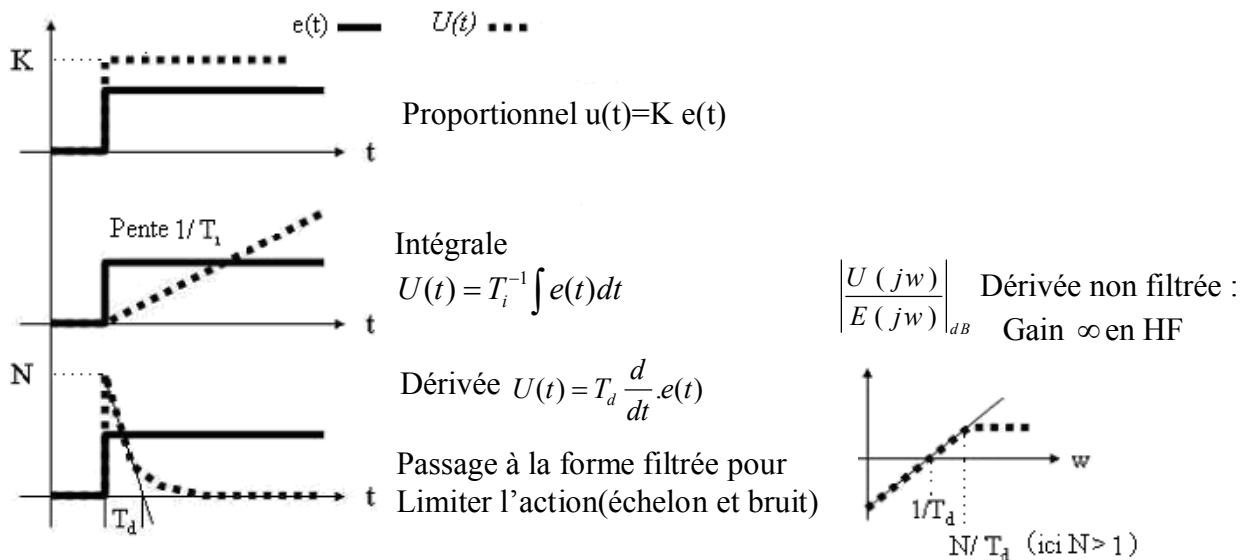


Figure IV.5 : Ensemble des différentes actions(P.I.D).

$e(t)$: signal d'écart .

$u(t)$: signal de commande

4- Régulateur proportionnel, intégral et dérivé (Régulateur PID)

Le régulateur standard le plus utilisé dans l'industrie est le régulateur PID car il permet de régler à l'aide de ses trois paramètres, les performances (amortissement, temps de réponse, ...) d'un processus modélisé par un deuxième ordre. Nombreux sont les systèmes physiques qui, même en étant complexes, ont un comportement voisin de celui d'un deuxième ordre. Par conséquent, le régulateur PID est bien adapté à la plupart des processus de type industriel et est relativement robuste par rapport aux variations des paramètres du procédé, quand on n'est pas trop exigeant sur les performances de la boucle fermée par rapport à celles de la boucle ouverte (par exemple, accélération très importante de la réponse ou augmentation très importante de l'amortissement en boucle fermée).

Quelques notions présentées ci-dessous permettent d'expliquer pourquoi les régulateurs PID sont aussi employés.

Les paramètres de réglages sont peu nombreux et leur rôle peut être expliqué intuitivement :

- Un contrôleur PID fournit une correction à partir du signal d'erreur soit la différence entre ce que l'on veut et ce que l'on mesure.

La correction résulte de la somme de 3 termes :

- Proportionnel (facteur P ou K) : plus l'erreur est grande et plus la correction est grande. K règle le facteur multiplicatif sur l'erreur.

- Intégrale (facteur I ou T_i) : la correction augmente si l'erreur reste constante. T_i règle la vitesse à laquelle est intégrée l'erreur. Plus T_i est petit, et plus on fait croître rapidement le signal de correction.

- Dérivée (facteur D ou T_d et N) : la correction est temporairement importante à chaque "saut" du signal d'erreur. T_d règle le temps d'application de ce petit "plus" sur la correction globale et N sa hauteur. Ce paramètre doit évidemment être utilisé avec précaution.

- En effet, il peut générer des sollicitations excessives de l'actionneur pouvant entraîner une fatigue prématurée : tout bruit haute fréquence sur la mesure se traduit par des variations de même ordre sur la commande.



Figure IV.6 : Régulateur industriel (Source : ABB).

L'idée de base de ce régulateur est de générer une commande u qui soit :

- Proportionnelle à l'erreur.
- Calculée en intégrant l'erreur, c'est-à-dire que la commande augmente en permanence si l'erreur est constante : on espère ainsi que l'erreur finit par décroître.
- Proportionnelle à la dérivée de l'erreur : une accélération de la correction est ainsi créée dans le cas où l'erreur s'accroît brutalement.

La loi de commande d'un régulateur PID est donnée par :

$$U = K(C - M) + \frac{K}{T_i} \int_0^t (C - M) dt + K.T_d \frac{d}{dt} (C - M) + U_0 \quad \cdot \cdot \quad \text{IV.4}$$

III.4) Réalisation des actions PID

Dans un régulateur PID, il existe plusieurs façons d'associer les paramètres P, I et D. En effet, le correcteur PID peut avoir une structure série, parallèle ou mixte :

1- Structure série

Il existe un lien fort entre les paramètres puisque le réglage de l'action Proportionnelle G_r influe (par exemple) sur l'action Intégrale et que T_i influe sur l'action Proportionnelle.

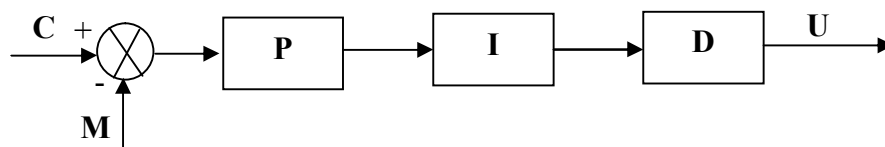


Figure IV.7 : Structure série d'un régulateur P.I.D.

La loi de commande est donnée par :

$$U = K \left(\frac{T_i + T_d}{T_i} \right) (C - M) + \frac{K}{T_i} \int_0^t (C - M) dt + K T_d \frac{d}{dt} (C - M) + U_0 \quad \text{IV.5}$$

2- Structure parallèle

Une grande liberté de choix de réglages est offerte.

Malgré tout, cette structure est peu utilisée car plus complexe à régler.

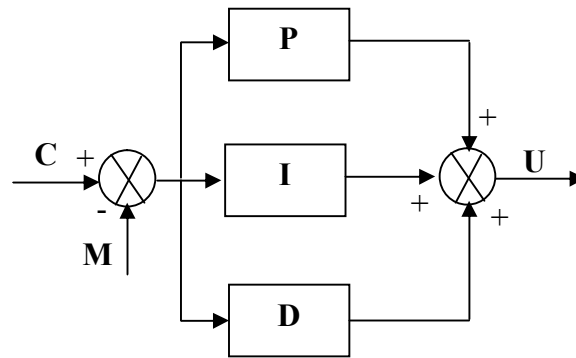


Figure IV.8 : Structure parallèle d'un régulateur P.I.D.

Loi de commande :

$$U = k(C - M) + \frac{1}{T_i} \int_0^t (C - M) dt + T_d \frac{d}{dt} (C - M) + U_0 \quad \text{IV.6}$$

3- Structure mixte

Les calculs sont réalisés en parallèle pour les contributions Intégrale et Dérivée et la somme de ces actions est mise en série avec la contribution Proportionnelle.

C'est la structure la plus classique.

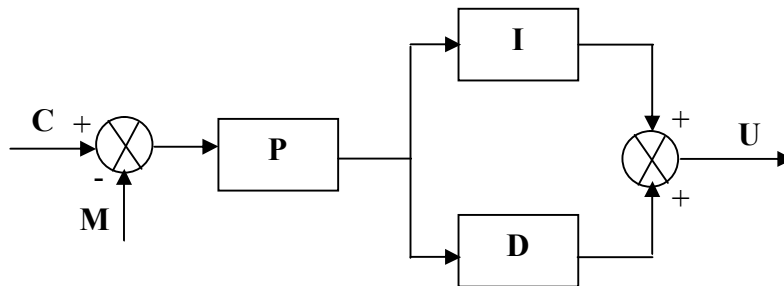


Figure IV.9 : Structure mixte d'un régulateur P.I.D.

Loi de commande :

$$U = G_r(M-C) + \frac{G_r}{T_i} \int (M-C) dt + G_r T_d \frac{d(M-C)}{dt} \dots \dots \text{IV.7}$$

III.5) Choix des boucles de régulation

Pour réaliser un système automatique d'un réglage quelconque il faut tout d'abord définir le besoin suivant le cahier de charge puis étudier d'une part le fonctionnement du système et d'autre part le modéliser, on en déduira donc la fonction de transfert.

Une fois que toute l'analyse du système est faite, il faut choisir le type de boucle à installer. Il en existe trois :

- La boucle fermée.
- La boucle ouverte.
- La boucle d'asservissement.

Les différents types de boucles étant connus, il faut déterminer une structure PID pour ensuite régler les différents paramètres.

III.6) Réglage des paramètres des régulateurs

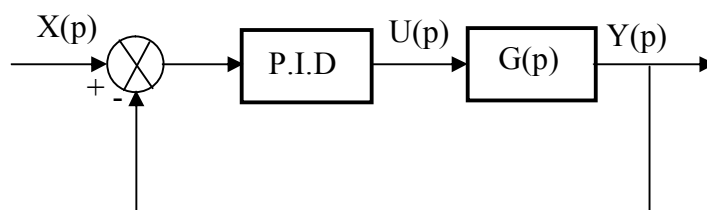


Figure IV.10 : Boucle de régulation avec correcteur P.I.D.

Il existe plusieurs méthodes de réglage des régulateurs industriels certaines en boucle ouverte et d'autres en boucle fermée.

III.6.1) Méthode de Ziegler Nichols

C'est une méthode qui permet d'ajuster les paramètres d'un régulateur P.I.D. pour commander un processus à partir de mesures sur sa réponse indicielle[1].

1- Mesures sur la réponse en BO

La réponse à un échelon d'amplitude E_0 , sans oscillations, sera assimilée à celle d'un premier ordre avec retard. On devra mesurer la pente de la tangente au point d'inflexion a , la valeur finale M et le retard r (voir figure IV.11).

La tangente au point d'inflexion est assimilée à la tangente à l'origine du système du premier ordre sans retard. Si τ est la constante de temps du premier ordre, on a : $a = \frac{M}{\tau}$.

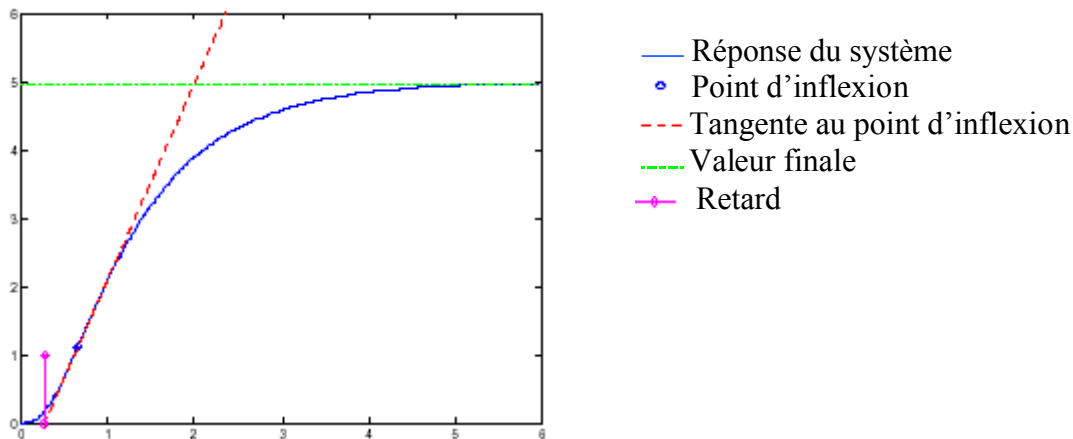


Figure IV.11: Identification pour Ziegler Nichols.

Ziegler et Nichols proposent des réglages de correcteur P, PI ou PID pour avoir une réponse en boucle fermée satisfaisante. Le critère utilisé pour savoir si une réponse est satisfaisante est que le rapport entre les deux premiers dépassements (positifs) est de 0,25. Un correcteur PID a comme fonction de transfert :

$$C(p) = K_r \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d \cdot p \right) \dots \dots \dots \text{IV.8}$$

Quant aux différents types de correcteurs les paramètres sont présentés dans le tableau suivant :

Type de correcteur	Gain K	T_i	T_d
P	$\frac{E_0}{a.r} = \frac{E_0 \cdot \tau}{M.r}$		
PI	$\frac{0.9E_0}{a.r} = \frac{0.9E_0 \cdot \tau}{M.r}$	$3.3r$	
PID	$\frac{1.2E_0}{a.r} = \frac{1.2E_0 \cdot \tau}{M.r}$	$2r$	$0.5r$

Tableau 8 : Réglage d'un correcteur P, PI ou PID selon Ziegler Nichols en BO.

Pour l'exemple de la figure IV.11, les réponses corrigées sont représentées en figure IV.12, dans cet exemple, on peut noter que le correcteur proportionnel laisse une erreur statique, que le correcteur PI est sans erreur statique mais est plus long à stabiliser. Le correcteur PID rend le système relativement stable et sans erreur statique.

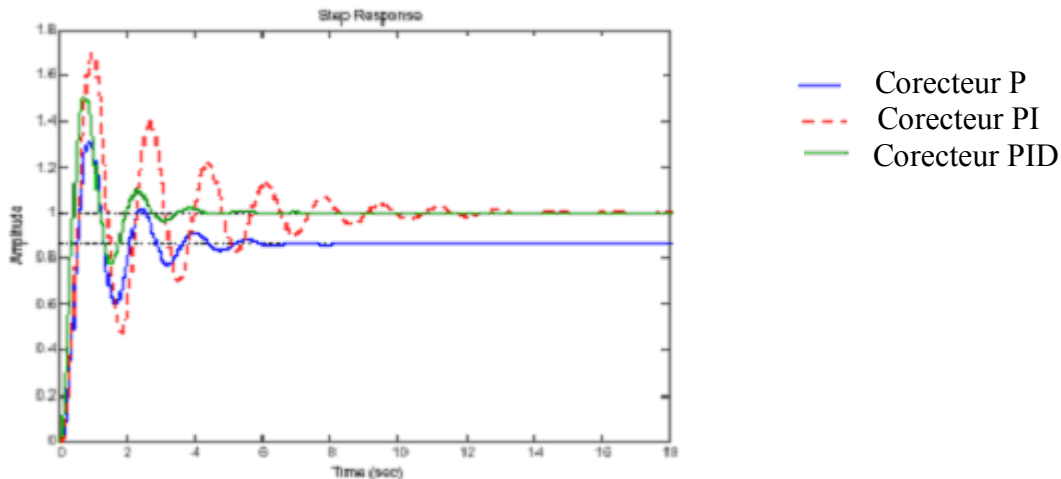


Figure IV.12 : Comparaison des correcteurs de Ziegler Nichols.

2- Mesure sur la réponse en BF

Dans le cas où il est impossible d'ouvrir la boucle de régulation pour obtenir la réponse indicielle, une seconde méthode de Ziegler Nichols permet de régler un correcteur à partir d'un essai en limite de pompage.

Pour obtenir la limite de pompage, on suit les étapes suivantes :

- 1- On place un correcteur proportionnel dans la boucle fermée.
- 2- On met les gain K_i et K_d au minimum.
- 3- On augmente le gain du correcteur proportionnel pur jusqu'à la juste oscillation (pas d'oscillation qui s'atténue ou encore qui augmente et qui diverge)... sur un essai en ligne droite par exemple.

Là, on obtient le K_0 (gain limite); et T_0 (période d'oscillation).

Les coefficients sont déterminés par :

$$K_p = 0.6 * K_0$$

$$T_i = 0.5 * T_0$$

$$T_d = 0.125 * T_0$$

Le tableau suivant indique les différentes valeurs de réglage des paramètres du régulateur suivant son type.

Type de correcteur	Gain K	T _i	T _d
P	0.5K ₀		
PI	0.45K ₀	0.83T ₀	
PID	0.6K ₀	0.5T ₀	0.125T ₀

Tableau 9 : Réglage d'un correcteur P, PI ou PID selon Ziegler Nichols avec les mesures en BF

IV) Simulation des résultats sous Simulink

Nous avons simulé le schéma bloc trouvé en modélisation sous Simulink (Voir figure ci-après) en choisissant les paramètres du régulateur PID de telle manière à avoir une réponse satisfaisante (dépassement tolérable, temps de réponse réduit...) , nous avons choisi une structure parallèle qui a pour équation de commande :

$$U = k \left(1 + \frac{1}{T_i p} + \frac{T_d p}{1 + \frac{T_d}{N} p} \right) \dots \dots \dots \text{IV.6}$$

K : Gain de régulateur.

T_i : Constante d'intégration.

T_d : Constante de dérivation.

N : Coefficient de filtrage.

Pour notre exemple :

$$K=0.6 ; T_i=0.015s ; T_d=10s ; N=4$$

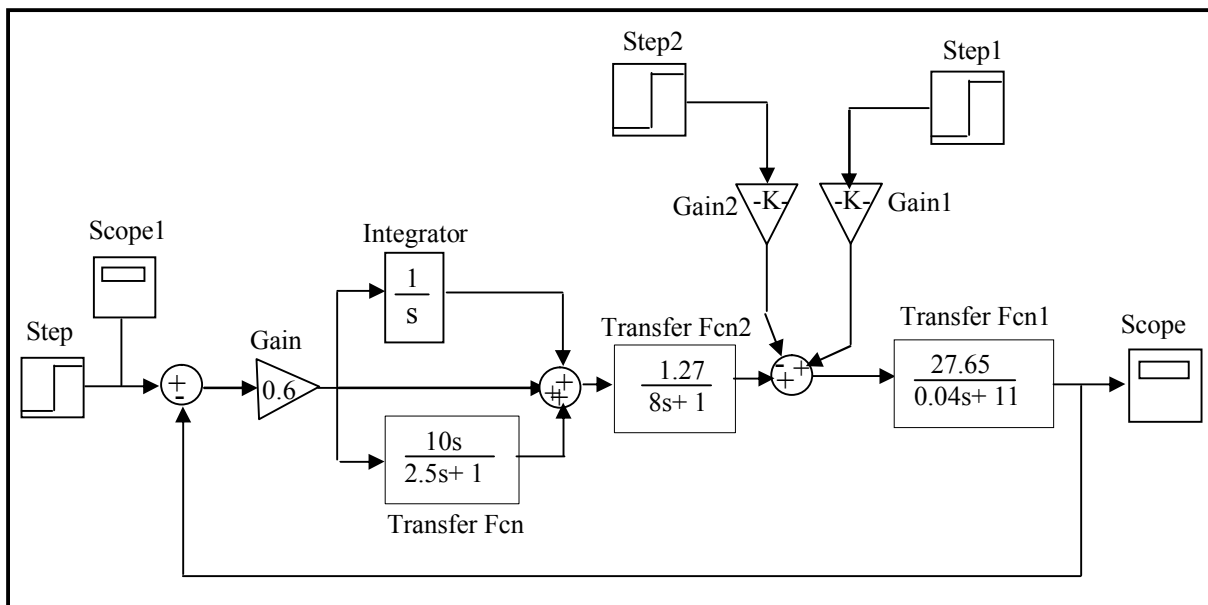


Figure IV.13 : Schéma de simulation de la correction.

Les résultats obtenus de la simulation sont visualisés ci-dessous :

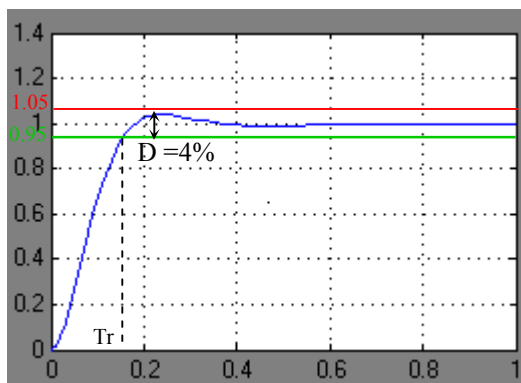


Figure A

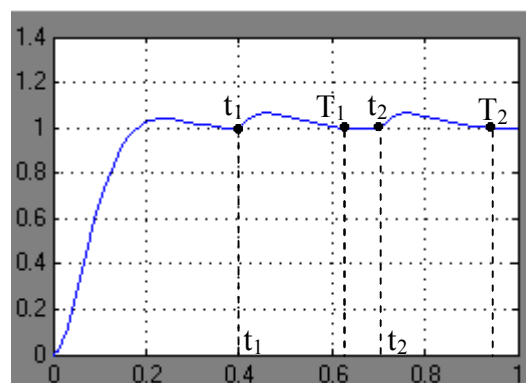


Figure B

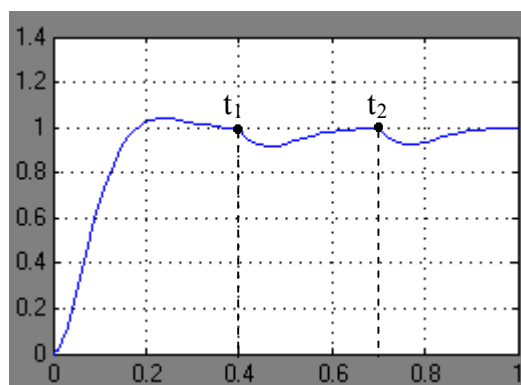


Figure C

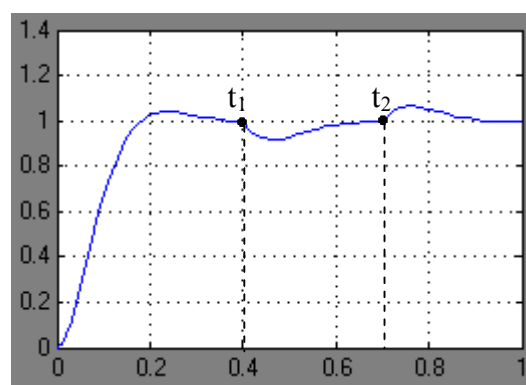


Figure D

La figure A représente la réponse à un échelon d'amplitude $A=1$, sans perturbations (asservissement).

La figure B représente la réponse indicielle en présence de deux perturbations en échelons positifs appliquée respectivement à $t_1 = 0.4s$ et $t_2 = 0.7s$ et d'amplitudes $A_1=0.005$ et $A_2=0.03$.

La figure C représente la réponse indicielle en présence de perturbations en échelons négatifs (mêmes valeurs que précédemment avec $A_1=-0.005$ et $A_2=-0.03$).

La figure D représente la réponse indicielle en présence de deux perturbations; l'une est en échelon positif, l'autre en échelon négatif. ($A_1=-0.005$ et $A_2=0.03$).

L'effet de la perturbation appliquée au temps t_1 va être atténué à l'instant $T_1= 0.63s$ et celui de la deuxième à l'instant $T_2 = 0.96s$.

La réponse temporelle du système est un second ordre caractérisée par un dépassement $D = 4\%$ et un temps de réponse $T_r = 0.17s$.

L'analyse fréquentielle nous a permis de déterminer la marge de gain $\Delta G_{dB} = \infty$ et la marge de phase $\Delta\Phi = 63.4^\circ$

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents modèles mathématiques des constituants de notre chaîne de contrôle et de comptage de débit de gaz, nous avons respecté autant que possible les contraintes réelles de ceux-ci.

Des résultats de simulation ont été présentés afin de valider notre approche de modélisation et de commande, en utilisant la méthode de Zigler-Nichols pour le paramétrage de régulateur.

Dans le prochain et dernier chapitre, nous allons présenter les différentes étapes suivies pour la réalisation de notre solution SCADA pour le contrôle et le comptage du gaz.

Chapitre

5

*Application de la solution
SCADA pour le contrôle et
le comptage du gaz.*

I- Introduction

Afin de superviser notre banc de mesure, deux outils sont nécessaires et indispensables pour sa réalisation, il s'agit des logiciels : **Ac 31 Graf** et **webaccess** présenté au chapitre(III).

L'AC 31 graf qui a une capacité de programmation de 14 à plus de 1000 entrées / sorties permettant ainsi de réaliser diverses applications.

Il permet une intégration et une extension aux autres systèmes d'automatisme de l'entreprise, via les protocoles de communication :MODBUS, ASCII...etc.

II- Etapes à suivre pour créer un projet sous WebAccess

Pour créer un projet de supervision sous environnement WebAccess on procède de la manière suivante:

- 1- Rassembler les informations nécessaires :
 - a)- Protocole de transmission.
 - b)- Adresses et étiquettes des périphériques.
 - c)- Port de transmission physique.
 - d)- Adresse IP de nœud SCADA.
- 2- Démarrer IE (Internet Explorer).
- 3- Démarrer WebAccess.
- 4- Créer un nouveau projet.
- 5- Créer un Nœud de programmation SCADA.
- 6- Créer un port de communication.
- 7- Créer le périphérique de contrôle.
- 8- Créer les étiquettes d'entrées/sorties.
- 9- Créer et animer le schéma synoptique.
- 10- Actualiser et démarrer le Nœud SCADA.
- 11- Visualiser les courbes (ViewDAQ).

- ***Application au banc de mesure et contrôle de débit de gaz***

Dans ce qui suit, nous allons développer le mode suivi pour la supervision sous WebAccess de notre banc de comptage de débit de Gaz.

1- Rassembler les informations

a- Le protocole de transmission

Le protocole de transmission utilisé dans notre cas est le **MODICON MODBUS RTU**.

b- Les adresses et étiquettes du périphérique de contrôle :

Notre périphérique est l'automate ABB AC31(série50), les adresses et les étiquettes des modules d'extensions sont données dans le tableau ci-dessous :

N° du module d'extension	Adresse	Etiquette
1 ^{er} Module	63	04
1 ^{er} Module	63	06
1 ^{er} Module	63	07
3 ^{ème} Module	65	00

Tableau 10 : Adresses et étiquettes du périphérique de contrôle (automate programmable)

c- Port de transmission physique

La communication se fait sur le port série COM2 et la programmation se fait sur le port série COM1.

d- Adresse IP

L'adresse IP du serveur SCADA est *192.168.1.1*

2- Démarrer Internet Explorer

Le lancement du logiciel WebAccess se fait en cliquant sur « Internet explorer ».

3- Démarrer WebAccess

Une fois Internet Explorer est démarré, dans la barre d'adresse on introduit :

127.0.0.1, qui nous donne accès à la page d'accueil de WebAccess.

Pour accéder au gestionnaire de projets, on clique sur le bouton « **Webaccess configuration** » puis sur « **login** » la fenêtre « **Create New Project** » ci-dessous apparaît.

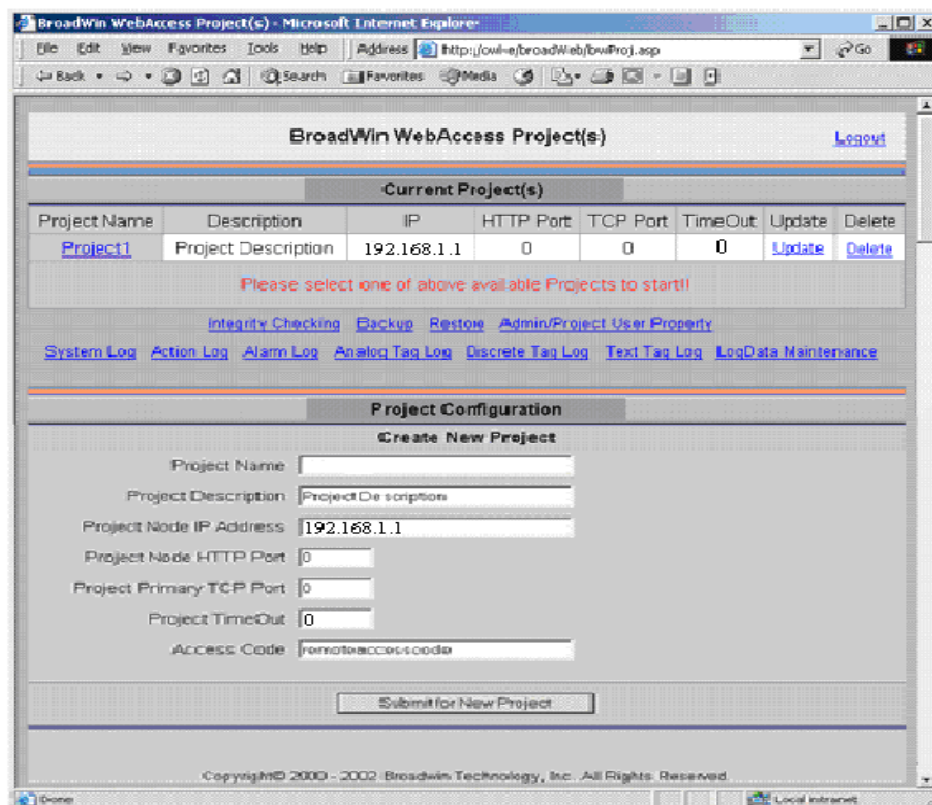


Figure V.1 : Création d'un nouveau projet.

4- Créer un Nœud Projet

Pour créer un nœud projet on doit remplir les champs indiqués dans la fenêtre précédente:

- Le nom de projet :Projet TRIO 2.
- La description du projet : comptage de gaz.
- Adresse IP de serveur : 192.168.1.1
- Port http du Nœud projet : (zéro par défaut).
- Port TCP du Nœud projet : (il prend une valeur dans le cas où on a activé le mur pare feu, dans le cas contraire il prend la valeur zéro par défaut).
- Délai d'attente projet : ce délai d'attente représente le temps de transfert de données normale entre le nœud SCADA et le nœud Projet.
- Code d'accès.

Après avoir rempli tous les champs on clique sur « **soumettre** ».

5- Créer un Nœud SCADA

Pour créer un nœud SCADA on clique sur le nom de notre projet disponible dans la fenêtre de création du nœud projet, puis sur « **Ajouter nœud SCADA** » la page de la création du nœud SCADA apparaît (Voir la figure V.2) :

Propriété noeud	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 noeud Arrêter noeud												
Noeud : projetTRIO • transmetteur												
Nom noeud	transmetteur											
Description noeud	comptage du débit											
Adresse IP noeud SCADA	192.168.1.1											
Port TCP primaire	0	Port TCP secondaire										0
Délai d'attente noeud	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												

Figure V.2 : Page de configuration du noeud SCADA.

Dans cette page on doit remplir les champs suivants :

- Nom du noeud : régulation PID.
- Description noeud : comptage de gaz.
- Adresse IP du noeud SCADA

Remarque : certains champs apparaissent par défaut tels que le « port TCP primaire », « port TCP secondaire » et « délais d'attente de noeud ». D'autres champs tels que celui des E-mails correspondent à la configuration sous réseau Internet, et les champs pour l'archivage de données et la configuration des alarmes n'ont pas été utilisés.

6- Créer un port de communication

Ce port assure la communication entre le noeud SCADA et le périphérique de commande (l'automate programmable), pour le créer, on clique sur « **Ajouter port com.** » la fenêtre ci-dessous apparaît :

Rafraîchir port com [Annuler] Soumettre	
Nom interface	SERIAL
N° port com	2
Description	Port série COM2
Débit com.	9600 bps
Bit de donnée	<input type="radio"/> 7 <input checked="" type="radio"/> 8 bits
Bits d'arrêt	<input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 bits
Parité	<input checked="" type="radio"/> Aucun <input type="radio"/> Impair <input type="radio"/> Impair
Heure scrutation	1 <input type="radio"/> Millisecondes <input checked="" type="radio"/> Deuxième <input type="radio"/> Minute <input type="radio"/> Heure
Délai Attente	1100 Millisecondes
Nombre d'essais	3
Temps récupération auto.	5 Deuxième
LiaisonRTS	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Aucune
LiaisonDTR	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Aucune
Sauvegarde N° port	0
[Annuler] Soumettre	

Figure V.3 : Configuration de port de communication.

Pour la configuration d'un port de communication on doit remplir les champs suivants :

- Nom interface : type du port de communication utilisé (dans notre cas on a utilisé le port SERIE).
- N° port com. : Port série N° 2 « COM2 »,c'est le numéro du port de communication.
- Description : décrire le port de communication.
- Débit com. : 9600 Bps par défaut, c'est le débit de communication entre SCADA et l'automate, il doit être le même que celui du périphérique de contrôle .
- Bit de données : 8 bits, c'est le nombre de bits sur lesquels on transmet les données.
- Bits d'arrêt : « 1 bits » c'est le nombre de bits d'arrêt de transmission pour indiquer la fin d'une donnée .
- Parité : « pas de parité » dans lequel on indique si la transmission se fait avec ou sans parité, c'est un bit de détection d'erreurs sur les données transmises.
- Heure scrutation : « 1 Deuxième » ; cycle de rafraîchissement de données .
- Délais d'attente : « 1100ms » temps que doit attendre le logiciel pour recevoir une donnée avant d'indiquer une erreur de transmission .
- Nombre d'essais : « 3 » ;il indique le nombre de fois que le logiciel essaye de rétablir la communication avec l'automate avant d'envoyer le message d'erreur .

- Temps récupération auto : « 5 Deuxièmes » ; c'est le temps que doit attendre le logiciel avant d'essayer de rétablir la communication avec les mauvais périphériques .

7- Créer le périphérique

Le périphérique à créer est l'automate, pour ce faire on clique sur « **Ajouter périphérique** » la fenêtre suivante apparaît (figure V.4).

Figure V.4 : Configuration du périphérique.

Pour sa configuration on remplit les champs suivants :

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

8- Créer les étiquettes d'entrées/sorties

Les étiquettes d'entrées/sorties seront créées en cliquant sur « **Ajouter point** ».

Les étiquettes d'entrées sont :

- 1)- Le transmetteur de pression différentielle(PD).
- 2)- Le transmetteur multivariable(FT).
- 3)- Le transmetteur de pression(P).

Les étiquettes de sorties sont :

- 1)-La vanne automatique .
- 2)-La consigne.

Pour l'ajout d'un point on remplit les champs indiqués ci-après :

a- Étiquettes d'entrées

1- Transmetteur de la pression différentielle (Dp)

Rafraîchir point		[Annuler]	Soumettre
Type de point	Point (analogique)		
Alarme	Aucune alarme		
Nom de points	Transmetteur_PD		
Description	Analog Input		
Type scrutation	Constant Scan		
Adresse	31015		
Code de conversion	Unsigned Integer		
Bit de départ	0		
Longueur	16		
Inversion signal	<input type="radio"/> Oui <input checked="" type="radio"/> Aucune		
Type échelle	Linear Scale, Mx+B		
Facteur d'échelle 1	0.0030518509		
Facteur d'échelle 2	0		
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 checked="" type="radio"/> Oui <input 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		
Ech. haute	50		
Ech basse	0		
Limite sortie haute	50		
Limite sortie basse	0		
Unit phys:	mbar		
Chiffres affichage (entier)	3		
Afficher chiffres(fraction)	2		
Fréquence connexion à ODBC	1 <input checked="" type="radio"/> Deuxième <input type="radio"/> Minute		
Archive Modifications ODBC	<input type="radio"/> Oui <input checked="" type="radio"/> Aucune		
Bande Morte Archive Modifications ODBC	0 %		
Taille matrice	0		
		[Annuler]	Soumettre

Figure V.5 : Configuration des étiquettes E/S.

- Type de point : Analogique Input.
- Alarme : Aucune.
- Nom du point : Transmetteur –PD.
- Description : Analog Input.
- Type scrutation : Constant Scan (la fréquence de vérification de données est constante).
- Adresse : '31015' c'est l'adresse de l'entrée physique de l'automate sur laquelle le transmetteur multivariable est branché.
- Type d'échelle : 'Mx +B' c'est la droite donnant le courant(4-20mA) en fonction de nombre de points max.

- Facteur d'échelle 1 : ' $20/2^{16}=0,0030518509$ ' qui représente la pente de la droite (M).
- Facteur d'échelle 2 : '0' car c'est une droite passant par l'origine(B).
- Unité physique : ' m^3/h ' (unité de la grandeur mesurée) .

2- Transmetteur Multivariable

Même configuration que celle du transmetteur de pression différentielle à l'exception du nom du point (Transmetteur-FT), de la description (Intelligent), et de l'adresse(31012).

3- Transmetteur de la pression

Même configuration que précédemment excepté pour le Nom du point (Transmetteur-P) et de l'adresse31016.

b- Étiquettes de sortie

Même configuration que celle des étiquettes d'entrées à l'exception des champs indiqués ci-dessous pour la vanne automatique, et pour la consigne :

1- Vanne Automatique de contrôle du débit de gaz

- Type de point : Analogique Output.
- Nom du point : Vanne.
- Description : Vanne Automatique.
- Adresse : '45137'
- Unité physique : 'en %'(taux d'ouverture de la vanne).

2- Consigne

- Nom du point : Consigne.
- Description : Valeur de la consigne.
- Adresse : 45105.
- Unité physique : m^3/h .

9- Créer et animer le schéma synoptique

9.1) Création du schéma synoptique

Pour la création du schéma synoptique on clique sur l'icône « Démarrer Draw »

Dans la barre d'outils on clique sur « librairie » contenant les différents composants nécessaires à la création d'un schéma synoptique.

Après avoir inséré les différents éléments constituant notre procédé, on aboutit à ce qui suit :
(voir figure V.6).

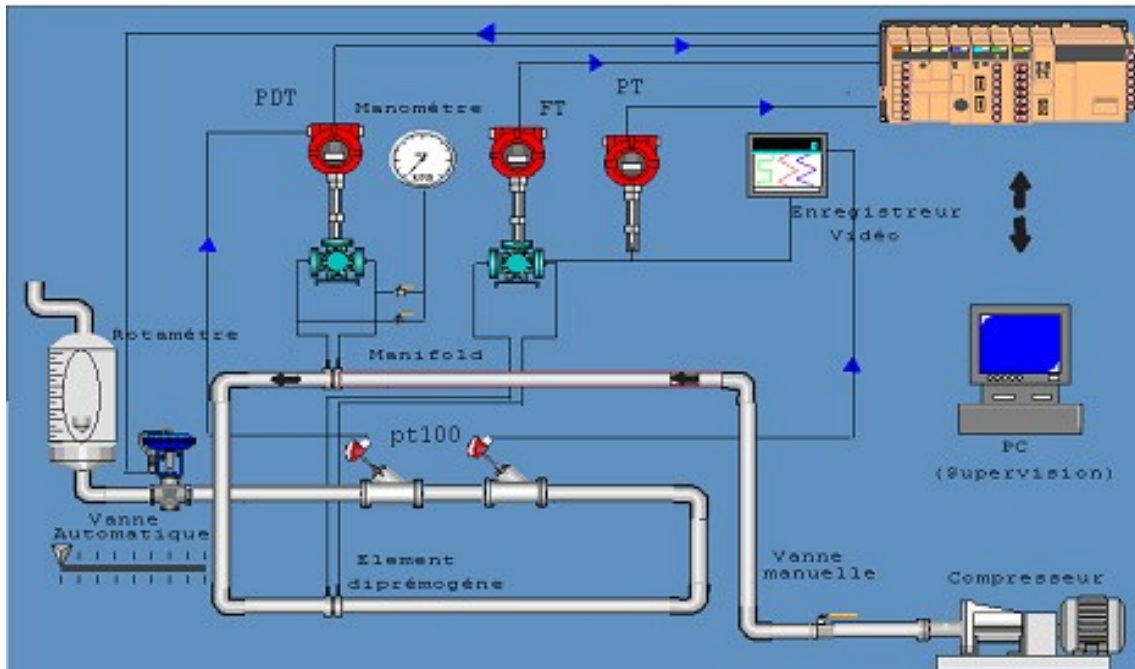


Figure V.6 : Schéma synoptique.

9.2) Animation

Pour animer notre schéma synoptique, on procède de cette manière :

- 1)- Cliquer sur « ABC » dans la barre d'outil.
- 2)- Positionner le curseur près de l'élément destiné à être animé.
- 3)- Saisir les caractères xxxx pour animer à la fois la valeur mesurée et son unité physique.

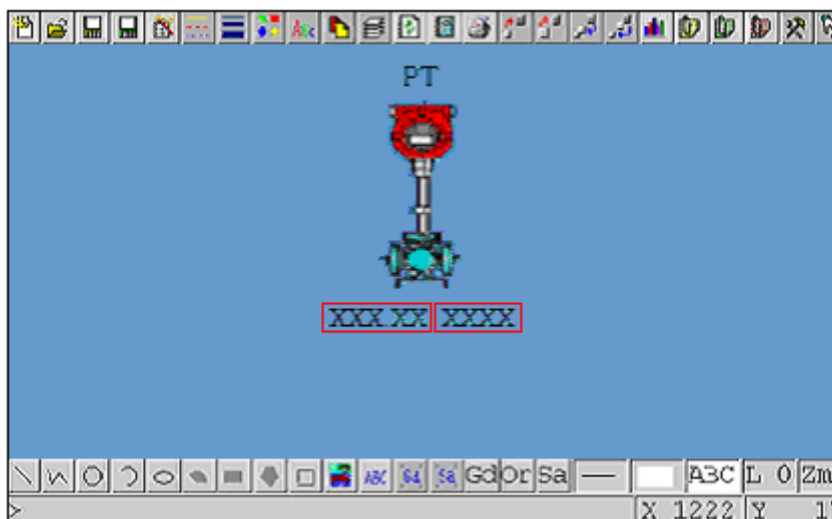


Figure V.7 : Champs animés.

4- Animer le texte avec des données en temps réel, en cliquant sur « **animation** » la fenêtre V.8 apparaît :

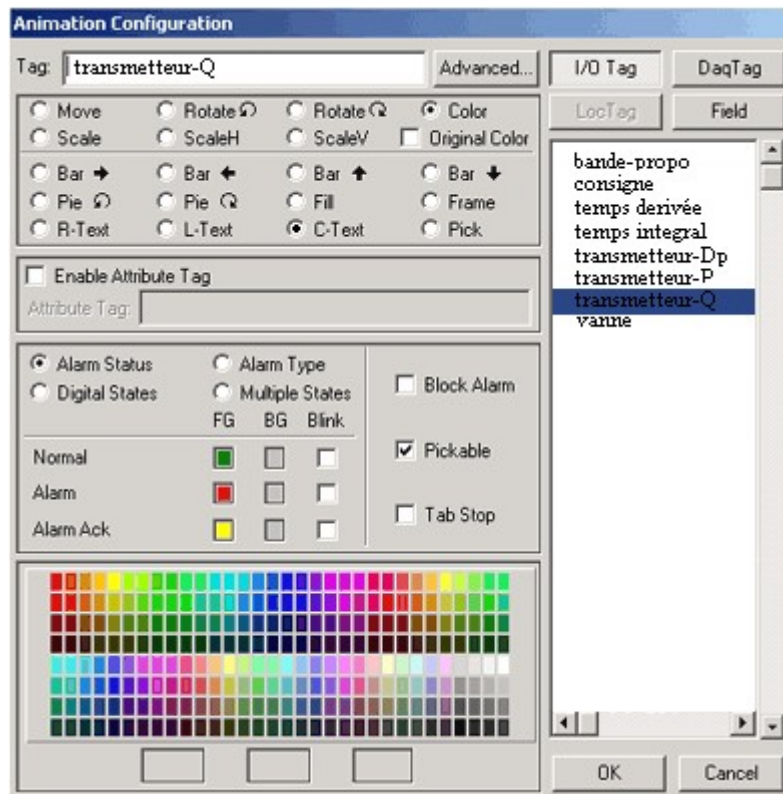


Figure V.8 : Configuration de l'animation.

Remarque : les champs animés seront encadrés en rouge.

10) Actualiser et démarrer le Nœud SCADA

A chaque fois qu'une modification survient dans le programme de supervision, il est nécessaire d'actualiser les données, pour ce faire, on les télécharge, en cliquant sur « **Download** » dans la fenêtre de configuration du nœud SCADA .

11) Visualisation des courbes

Pour visualiser les courbes, on clique sur « **courbe en temps réel** » dans la fenêtre d'édition de programme principal, ensuite sur « **ajouter courbe en temps réel** », on remplit les champs comme indiqué sur la figure V.9.

RealTime Trend List

Create New Realtime Trend Group [Cancel] [Submit]

Group Number: 1

Description: [] Tag List: bande-propo, consigne, temps derivée, temps integral, vanne

Sample Rate: [] Second

Tag Name 1: [] Tag Name 2: []

Tag Name 3: [] Tag Name 4: []

Tag Name 5: [] Tag Name 6: []

Tag Name 7: [] Tag Name 8: []

Tag Name 9: [] Tag Name 10: []

Tag Name 11: [] Tag Name 12: []

Figure V.9 : Configuration des courbes.

Après avoir configuré les différentes données qu'on veut visualiser sous forme de courbes, on crée une zone pour les afficher dans la fenêtre « **Editeur graphique** »

Après avoir effectuer différentes étapes nécessaires à la création d'un projet sous Webaccess on aura le schéma synoptique final (figure V.10).

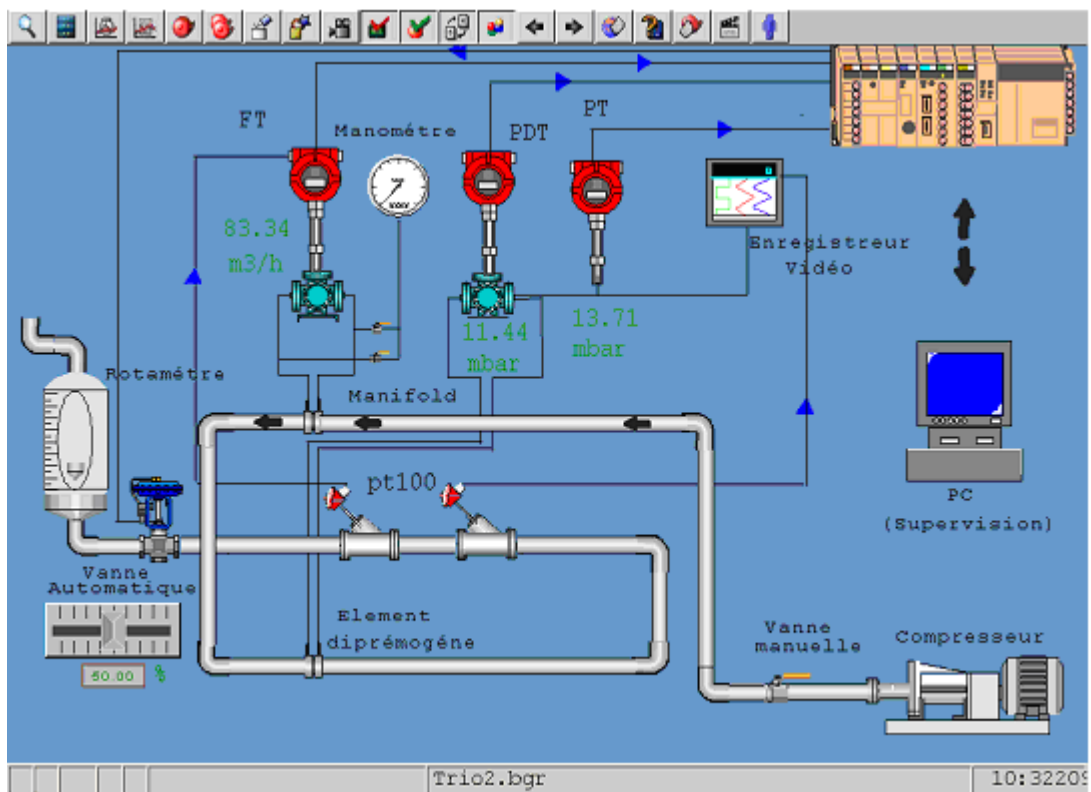


Figure V.10 : Supervision en temps réel.

III- Programmation avec l'AC 31 Graf

L'installation du logiciel AC31GRAF nécessite 12 M-octets d'espace libre sur le disque dur.

Une fois l'installation terminée, l'icône du logiciel AC31GRAF est automatiquement installée[12].

Cliquer sur celle-ci, la fenêtre "**Gestionnaire de projet**" (figure V.11) apparaît.

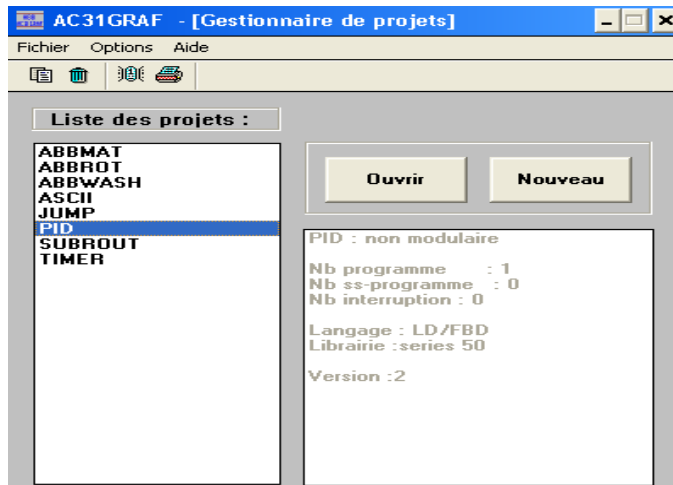


Figure V.11 : Gestionnaire de projets – ABB AC31GRAF.

III.1) Le programme de la régulation en mode Automatique (Boucle fermée)

Afin de réaliser un réglage en boucle fermée, nous avons utilisé un bloc PID.

Pour créer ce nouveau projet, on clique sur l'icône « **Nouveau** », la fenêtre (V.12) apparaît.

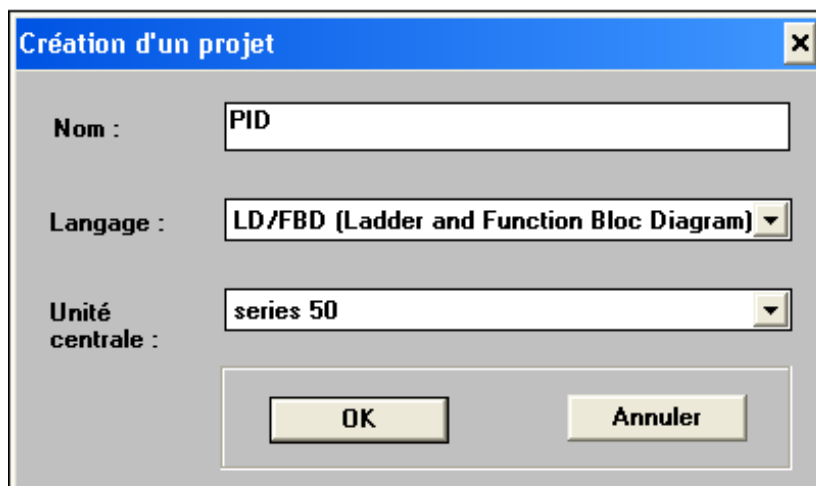


Figure V.12 : Fenêtre de définition du projet.

Le projet est défini par son nom, par le langage de programmation et par l'unité centrale programmée.

- Entrer le nom du projet : « **PID** ».

On suit les mêmes étapes pour déclarer les autres variables, comme indiqué ci-dessous :

Entrées et sorties du régulateur	Variables	Adresses	Symboles	Commentaires
Mesure x	IW	63.00	TRANSMULTI	Transmetteur Multivariable
Bande proportionnelle KP	MW	000.01	BANDPROPORTION	Bande Proportionnelle
Temps d'intégrale TN/T	MW	000.10	TEMPSINTEGRALE	Temps d'intégrale
Temps de dérivé TV/T	MW	000.06	TEMPSDERIVE	Temps de dérivé
Temps de retour T1/T	MW	000.07	TEMPSDERETOUR	Temps de retour
Validation du bloc DFR	M	000.04	VALIDATION	Validation PID
Limite Haute OG	MW	000.09	LIMITEHAUTVANNE	limite haute
Limite basse UG	MW	000.08	LIMITEBASSVANNE	Limite basse
Set S	M	000.00	DEMARRAGE	Démarrer
Initialisation INIT	MW	000.05	INITVANNE	initialisation de la vanne
RESET R	M	000.01	RESET	remise à zéro
Alarme haute y=OG	M	000.02	ALARMEHAUTE	Alarme haute
Alarme basse y=UG	M	000.03	ALARMEBASSE	Alarme basse
Sortie action y	OW	65.00	VANNE	Sortie de commande

Tableau 11 : Variables insérées dans le programme.

Toutes ces variables apparaissent dans le programme avec leurs noms de symbole. Figure V.16.

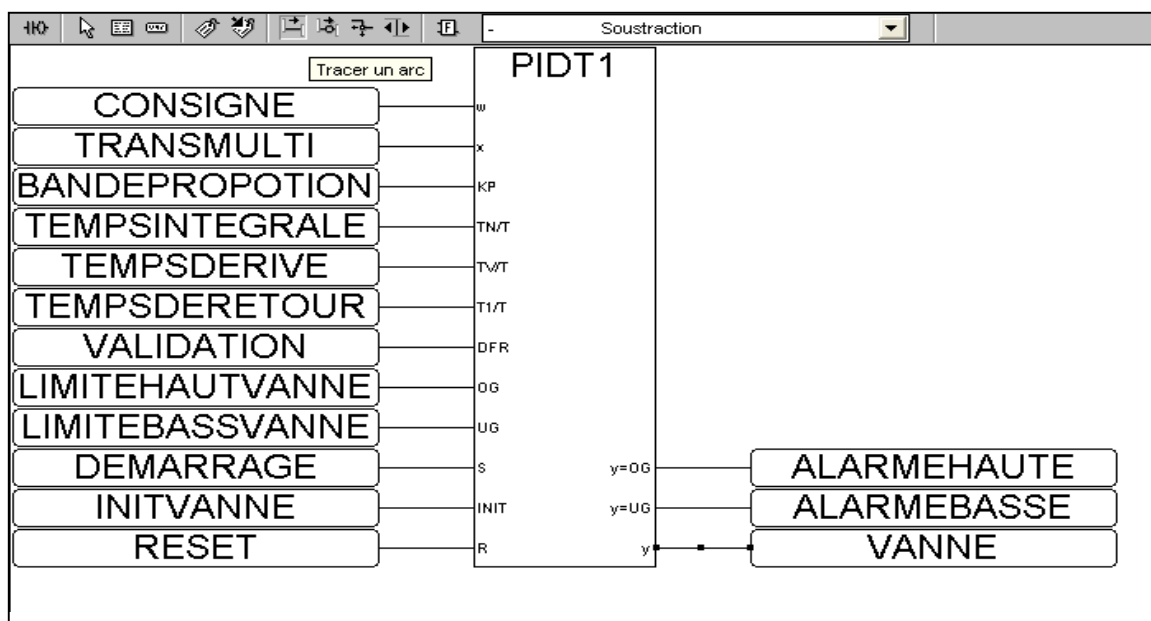


Figure V.15 : Programme de la régulation PID.

- Vérification et compilation du programme

Une fois les liaisons établies, la phase programmation est terminée, on peut alors procéder à la sauvegarde, la compilation et l'envoi du programme dans l'automate.

Communication avec l'automate

Après avoir brancher le câble de communication au PC. Dans la fenêtre d'édition de programme, on sélectionne l'icône « **Communication automate** ». La fenêtre de contrôle s'ouvre. (Figure V.16).

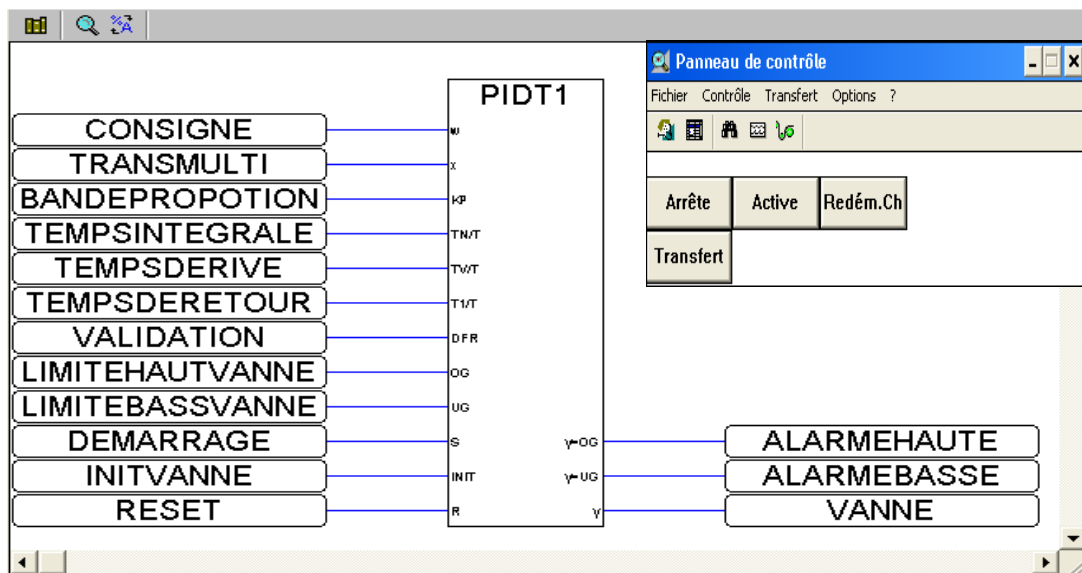


Figure V.16 : Fenêtre de téléchargement du programme.

On clique sur « **Transfert** » pour télécharger le programme, puis sur « **Active** » pour le lancer.

III.2) Le programme de la régulation en mode manuel (Boucle Ouverte)

On procède de la même manière que pour le mode automatique mais en définissant les variables d'entrée comme indiqué ci-dessous :

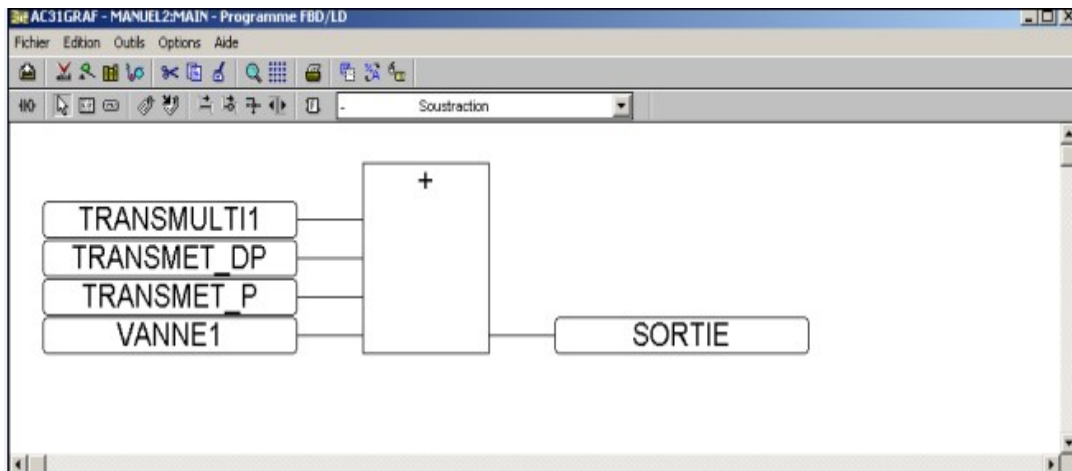


Figure V.17 : Programme de la régulation en Boucle Ouverte.

Une fois réalisées toutes les instructions données précédemment, on rétablit la communication en temps réel avec notre banc de mesure et comptage de débit de gaz, en branchant le câble de communication et ceci après avoir choisi le type de commande voulu.

Conclusion

Nous avons traité dans ce chapitre avec assez de détails les étapes nécessaires à la création d'un projet de supervision sous **webaccess** qui nous a permis d'assurer la supervision en temps réel de notre banc de mesure de débit de gaz. Nous avons aussi adapté l'automate programmable ABB au logiciel de programmation Ac31 Graf où nous avons attaché une grande importance aux deux types de réglages en boucle ouverte (BO) et en boucle fermée (BF).

Ce travail nous a permis de concrétiser nos connaissances théoriques dans le domaine pratique. En effet, nous avons développé la plate-forme de contrôle et de supervision (SCADA) que nous avons appliqué à notre station de contrôle et comptage de gaz. Cette réalisation a nécessité l'utilisation de plusieurs outils tels que le logiciel de programmation AC31Graf et celui de la supervision WebAccess.

De nouvelles connaissances ont été acquises en ce qui concerne les instruments intelligents notamment le transmetteur multivariable qui joue un rôle majeur dans notre banc de mesure et comptage de débit de gaz.

Pour la conduite et la surveillance de notre chaîne de mesure, on a utilisé le logiciel de supervision en temps réel (WebAccess) qui permet à l'opérateur d'agir sur la commande et de suivre en permanence l'évolution de processus, cependant, il ne permet pas d'accéder à la configuration des transmetteurs, à cet effet, on a utilisé la console de configuration portable STT004 et le logiciel SMART VISION qui communiquent avec les instruments via le protocole HART.

Le système étudié est très répandu dans l'industrie surtout dans le secteur des hydrocarbures où des produits inflammables sont utilisés, pour garantir la sécurité de l'installation, du personnel et de l'environnement nous proposons comme perspectives :

- 1- Associer à l'installation un système d'alarmes en cas d'atteinte de seuil maximal ou minimal.
- 2- Equiper l'installation des Webcams pour la vidéo-surveillances.
- 3- Installer des détecteurs d'incendie.

I) Automate programmable ABB (AC31) :

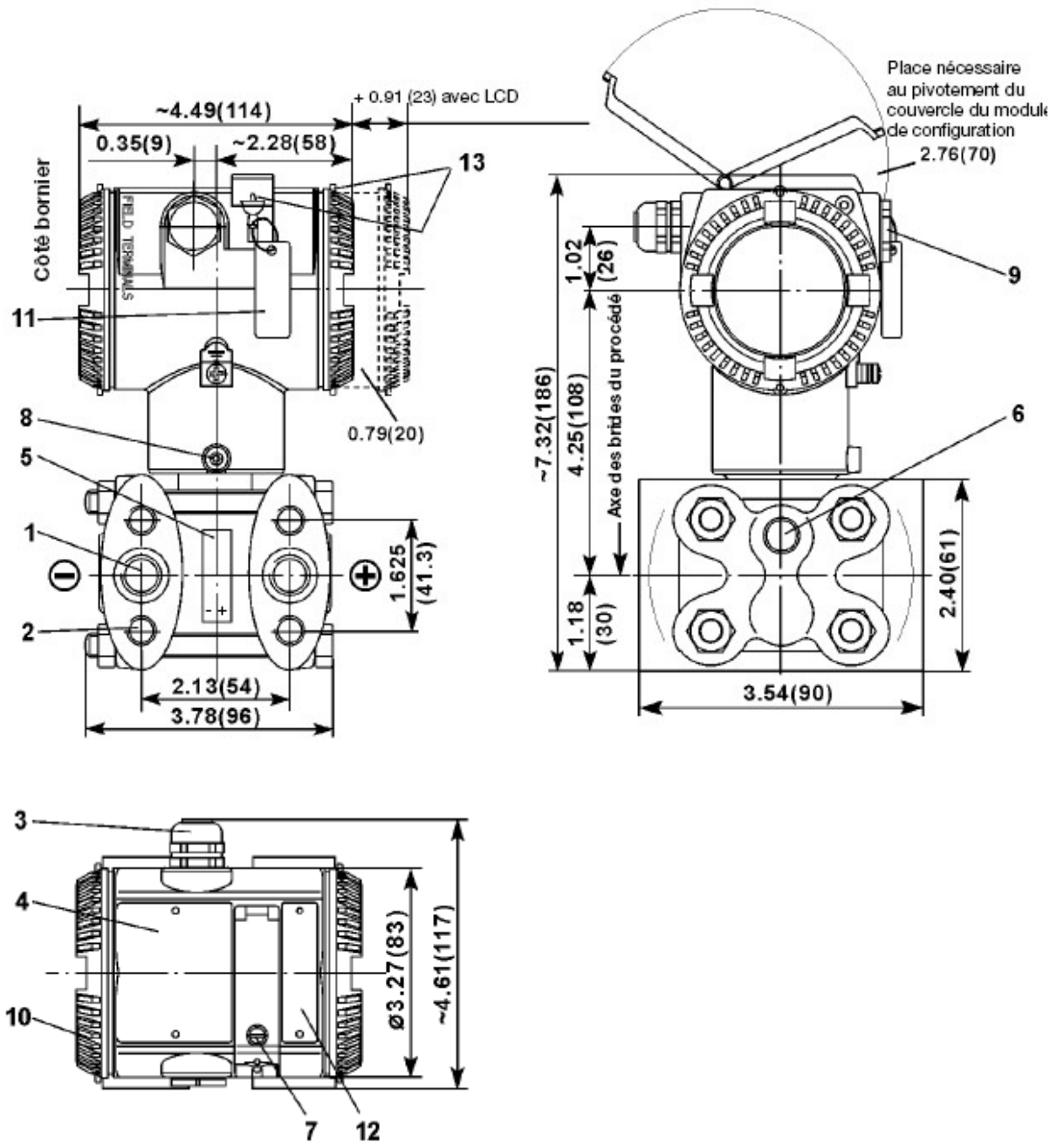
- Caractéristiques techniques

Les unités AC 31 ont été développées en conformité avec les directives européennes CE, les principales normes nationales et internationales CEI 1131-1 et CEI 1131-2 et la norme produit EN61131-2 concernant les équipements d'automatismes.

	Série 50		
	07 KR 51 24 V d.c.	07 KT 51 24 V d.c.	07 KR 51 120/230 V a.c.
Nombre d'E/S			
- Entrées binaires intégrées.		8	
- Sorties binaires intégrées.		6	
- Nombre max. de boîtiers d'extension par unité centrale.		6	
- Nombre max. de boîtiers déportés sur le bus CS 31.		-	
- Nombre max. d'entrées binaires .		1096	
- Nombre max. de sorties binaires		1046	
- Nombre max. d'entrées analogiques.		496	
- Nombre max. de sorties analogiques.		136	
Interfaces			
- Interface CS 31.		Oui	
- Interface pour : Programmation MODBUS ou ASCII.		1 RS 232	
Mémoire			
- Taille mémoire du programme utilisateur.		16 000 Mots (type: 8 k Instructions)	

<ul style="list-style-type: none"> - Mémoire du programme utilisateur et des constantes. - Mémoire de données. - Sauvegarde de données. 	<p>Flash Eprom</p> <p>SRAM</p> <p>Oui par accumulateur</p>
<p>Fonctionnalités</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temps d'exécution pour 1koctets . - Bits internes. - Mots internes . - Double mots internes. - Constantes sur mot - Constantes sur mot double - Compteurs : Plage de comptage illimité 	<p>0,4 ms</p> <p>2016</p> <p>2016</p> <p>128</p> <p>496</p> <p>127</p> <p>- 32767 à + 32767</p>
<p>Programmation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Logiciel de programmation - Langage de programmation - Exécution du programme - Sous-programme - Jeu d'opérations : Fonctions de base Fonctions évoluées. 	<p style="text-align: center;">AC31GRAF sous Windows (IEC 1131-3)</p> <p>FBD/LD : Blocs fonctionnels et schéma à contact Quick LD : Schéma à contact IL : Liste d'instructions SFC : Equivalent Grafcet</p> <p>Séquentiel : déclenchement par horloge ou déclenchement par alarme (interruptions)</p> <p style="text-align: center;">12</p> <p style="text-align: center;">logique, arithmétique, comparaison</p> <p style="text-align: center;">+ de 60</p>

II) Transmetteur multivariable 267/269c



- 1- Taraudage 1/4" 18 NPT pour raccord procédé ou bouchon d'étanchéité.
- 2- Taraudage pour vis de fixation.
- 3- Branchement électrique.
- 4- Plaque d'identification.
- 5- Etiquette cellule
- 6- Orifice d'entrée latéral.
- 7- Vis captive du couvercle du module de configuration
- 8- Vis de blocage en rotation du boîtier.
- 9- Bouchon.
- 10 -Couvercle du boîtier.

- 11- Etiquette pour l'indication du repère, p. ex. (en option).
- 12- Plaque, avec désignation des touches.
- 13- Fixation pour fil de plomb.

Montage

Avant de procéder au montage de transmetteur, il convient de vérifier si l'appareil satisfait aux exigences techniques concernant la mesure et la sécurité sur le point de mesure concerné.

Le transmetteur peut être directement monté sur un robinet d'arrêt (manifold).

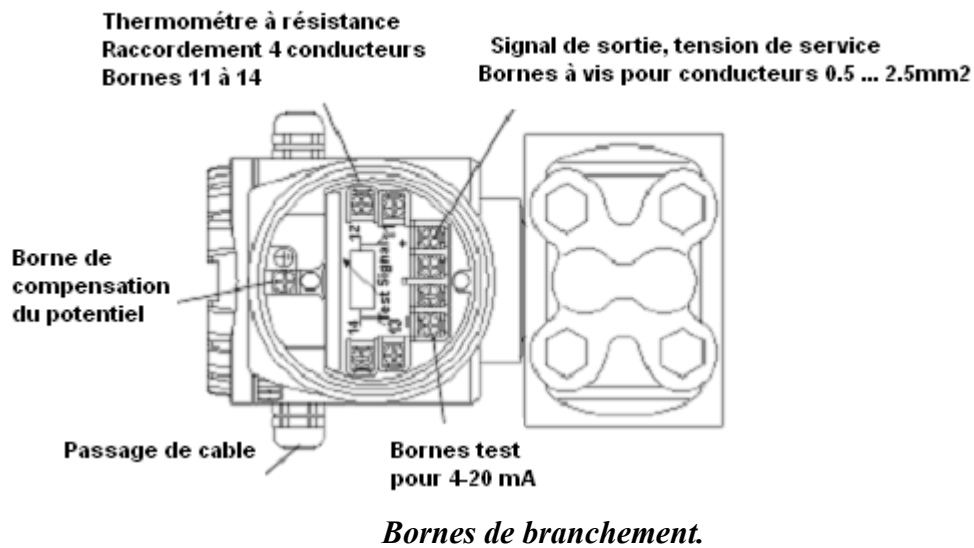
Le transmetteur doit être monté de façon telle que les axes des brides du procédé soient disposés verticalement (horizontalement pour le boîtier de type Barrel), afin d'éviter tout déplacement du zéro. Dans le cas d'un montage oblique du transmetteur, la pression hydrostatique du liquide de remplissage serait appliquée sur la membrane de mesure, ce qui entraînerait un déplacement du zéro, une correction de ce dernier devenant alors indispensable.

- Les canalisations de raccordement au procédé doivent être aussi courtes que possible et posées sans courbure abrupte.
- Les canalisations de raccordement au procédé doivent être installées de telle sorte qu'aucun dépôt ne se forme à l'intérieur, la pente doit être d'au moins 8 % environ.

Les longueurs des tubes de protection doivent être de 15 à 20 fois le diamètre du tube de protection pour les mesures de gaz, et de 3 à 5 fois pour les mesures de liquides.

Branchement électrique

La figure ci-dessous montre différentes bornes pour le raccordement électrique.



Le câble de transmission et le câble pour le thermomètre à résistance Pt100 sont posés séparément dans le bornier.

Affectation des bornes

- SIGNAL (+) et (-) : tension de service
- TEST (+) et (-) : bornes test pour 4...20 mA (HART), n'existent pas pour les transmetteurs Feldbus.
- Bornes 11 à 14 : raccordement pour Pt100
- 12 et 14 : alimentation
- 11 et 13 : signal

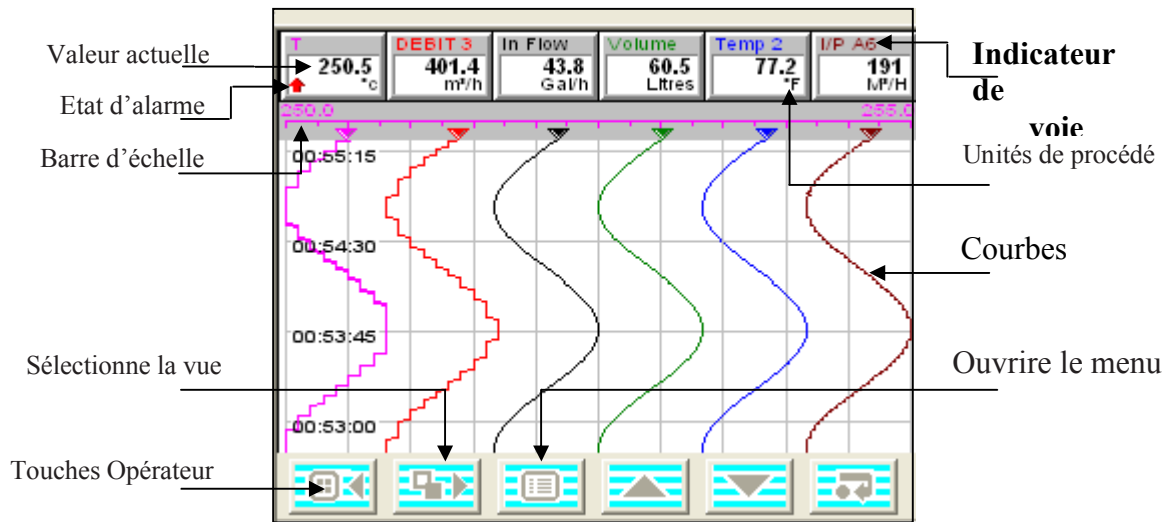
III) Enregistreur vidéo

Lorsque l'instrument est mis sous tension pour la première fois, son processeur effectue automatiquement un certain nombre de tests et l'écran de démarrage s'affiche.

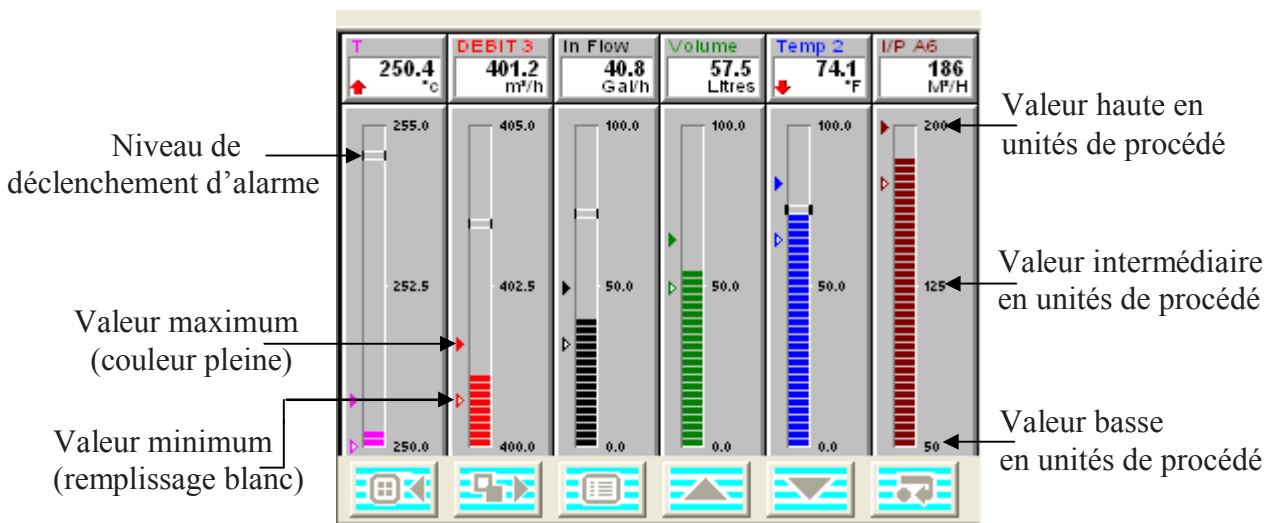
A la fin de la séquence de démarrage, l'instrument affiche la Vue Opérateur qui s'était affichée lors de la mise sous tension de l'instrument.

En mode normal d'exploitation, l'instrument est commandé par l'intermédiaire des touches Opérateur situées en bas de l'écran. (Voire figure ci-après.)

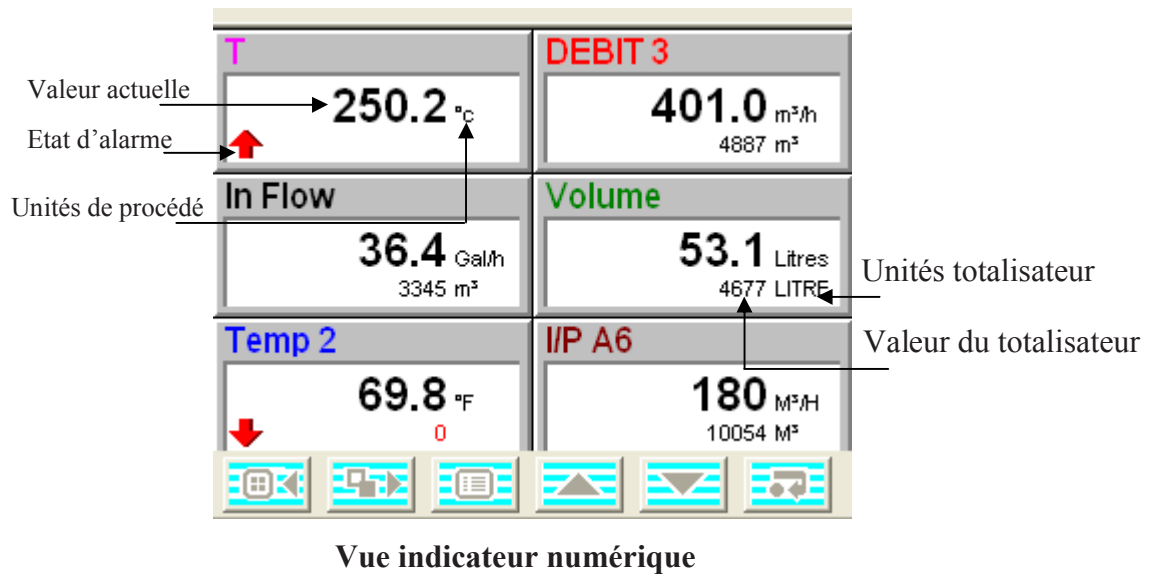
Les données recueillies par l'enregistreur vidéo peuvent être affichées sous différentes formes :



Vue diagramme (Horizontal et Vertical)



Vue histogramme



IV) Différentes variables d'entrées – sortie du bloc PID

w MOT

La variable de commande (setpoint) est spécifiée à l'entrée w.

x MOT

La variable contrôlée (valeur courante) est spécifiée à l'entrée x.

KP MOT

Le coefficient proportionnel est spécifié à l'entrée KP. Cette valeur est spécifiée en pourcentage et peut être positive ou négative.

Exemple :	1	=	1	pour-cent
	55	=	55	pour-cent
	100	=	100	pour-cent
	1000	=	1000	pour-cent
	-500	=	-500	pour-cent

- 1 pour-cent signifie que le bloc multiplie la déviation du système par le facteur 0.01 (voir aussi algorithme de contrôle).
- 100 pour-cent signifie que le bloc multiplie la déviation du système par le facteur 1 (voir aussi algorithme de contrôle).

- 1000 pour-cent signifie que le bloc multiplie la déviation du système par le facteur 10 (voir aussi algorithme de contrôle).

En général, les coefficients proportionnels supérieurs à 1000% ne sont pas significatifs aux systèmes de contrôle.

TN/T MOT

Le temps d'intégration TN est établi à l'échelle du temps de cycle T de l'automate, et spécifié à l'entrée TN/T.

Plage de valeurs : $0 \leq TN/T \leq 328$

- Si les valeurs spécifiées dépassent les limites de la plage des valeurs admissibles, l'automate utilise la valeur 328.
- Il est possible d'obtenir un temps d'intégration TN long en choisissant aussi un temps de cycle T long. Si le bloc est utilisé à l'intérieur d'un bloc LZB, le temps de cycle du bloc LZB est valide pour le bloc PIDT1 et non le temps de cycle (%KD 0,0) du programme de l'automate.

TV/T MOT

Le temps d'action dérivé TV est établi à l'échelle du temps de cycle T de l'automate, et spécifié à l'entrée TV/T ($0 < TV/T \leq 32767$).

T1/T MOT

Le temps de retour T1 est établi à l'échelle du temps de cycle T de l'automate, et spécifié à l'entrée T1/T ($0 < T1/T \leq 32767$). Le temps de retour est le temps dans lequel le composant DT1 a baissé à approximativement 37% de sa valeur initiale.

Paramètres temporels inadmissibles :

Chaque valeur temporelle est forcée à la valeur positive maximale de 32767 si la valeur temporelle spécifiée à l'entrée est plus petite ou égale à "0".

D-FR MOT

Le composant DT1 de l'automate peut être connecté ou désactivé à l'aide de l'entrée D- FR.

D-FR = 0 Le composant DT1 est désactivé -> automate PI pure

D-FR = 1 Le composant DT1 est connecté -> automate PIDT1

Dans les cas suivants, du point de vue du contrôle, il est souvent perturbant et insignifiant que le composant DT1 soit actif :

- Durant des activations
- Dans le cas des larges déviations du système
- Lorsque l'automate est mis à une valeur initiale spécifiée
- Lorsque l'automate est remis à 0

Les variables de commande et les variables contrôlées peuvent être comparées à l'extérieur de l'automate. Suivant cette comparaison, le composant DT1 peut être activé ou désactivé à l'aide de l'entrée D-FR.

Par exemple, l'activation peut être réduite à s'assurer que la déviation du système reste dans une largeur de bande requise. C'est à dire, le composant DT1 est actif seulement si la variable fluctue autour du setpoint à l'intérieur d'une largeur de bande spécifique. Le composant DT1 est désactivé si la variable contrôlée quitte cette bande de tolérance.

Limitations de la variable manipulée y

OG MOT

UG MOT

à une valeur maximum, en spécifiant une limite à l'entrée OG (limite haute);

- à une valeur minimum, en spécifiant une limite à l'entrée UG (limite basse)

La limite haute et la limite basse s'appliquent *également* au composant interne I de l'automate. C'est à dire, le composant I peut seulement prendre des valeurs entre la limite haute et la limite basse. Si la variable manipulée y atteint une de ces deux limites, le composant I de l'automate n'est plus modifié.

Lorsque la sortie y de l'automate est limitée, cela évite un comportement irrationnel du composant I, en prenant des valeurs insignifiantes du point de vue de l'automate et, dans certains cas, en revenant à la plage opérationnelle qu'après un temps très long. Cette réponse de l'automate est aussi appelée "special anti-reset windup measure (ARW)".

Set et Reset de l'automate

S BIT

INIT MOT

R BIT

Mettre l'automate à une valeur initiale

- La sortie y de l'automate est mise à la valeur initiale spécifiée à l'entrée INIT à l'aide d'un signal 1 à l'entrée S (set).

- Un signal 1 à l'entrée R (reset) est équivalent à la spécification de la valeur initiale 0 (voir ci-dessus).

Set/Reset sans variations brusques

- La sortie y de l'automate est mise à la valeur initiale spécifiée à l'entrée INIT à l'aide d'un signal

1 à l'entrée binaire S (set).

- Un signal 1 à l'entrée R (reset) est équivalent à la spécification de la valeur initiale 0.

De cette façon, le réglage de la valeur initiale s'effectue à l'intérieur de l'automate. Ce réglage est un changement de la sortie de l'automate, de la valeur courante vers la valeur initiale requise. Ensuite, l'automate continue l'opération à partir de cette valeur initiale exactement comme il aurait fait avant le changement, i.e. sans variations brusques. Lors de la définition du composant I de l'automate, vérifiez que la somme du composant P et du composant I soit égale à la valeur initiale.

Avantage d'une opération sans variations brusques :

- Le contrôle à partir de la nouvelle valeur initiale est dépourvu de variations brusques.

Désavantage d'une opération sans variations brusques :

- L'équation suivante s'applique :

$$\text{composant_I} = \text{INIT} - \text{composant_P} - \text{composant_DT1}$$

Dans certains cas, le composant I est forcé aux valeurs hautes. Ça peut prendre beaucoup de temps avant que ce "mauvais" composant I se dissipe du point de vue du contrôle.

Set/Reset avec variations brusques

- La sortie y de l'automate est mise à la valeur initiale spécifiée à l'entrée INIT à l'aide d'un signal 1 à l'entrée S (set).

- Un signal 1 à l'entrée R (reset) est équivalent à la spécification de la valeur initiale 0.

- Dans le cas d'un Set ou Reset de l'automate avec variation brusque, le composant I est mis à la valeur initiale. Pour cela, il faut supprimer les composants P et DT1 pendant le Set.

Où : $\text{composant_I} = \text{INIT}$

La mise à la valeur initiale avec variation brusque est obtenue à l'aide des mesures suivante pendant le Set :

- Désactivation du composant DT1 à travers l'entrée de contrôle D-FR et
- Spécification de la valeur 0 à l'entrée KP.

Ces mesures rendent les composants P et DT1 inactifs pendant le Set de l'automate. La sortie de l'automate prend la valeur initiale durant le cycle Set.

Après le cycle Set, les composants P et DT1 sont validés à nouveau. A partir de la valeur initiale, la sortie y de l'automate saute par rapport aux composants P et DT1 de l'automate.

Avantage d'une opération avec variations brusques :

- Le composant I n'est pas forcé à des "fausses" valeurs du point de vue du contrôle.

Désavantage d'une opération avec variations brusques :

- Pas d'indépendance des variations brusques

y MOT

La variable manipulée y de l'automate apparaît à la sortie y.

y=OG BIT

La sortie y=OG signale si la valeur à la sortie y a dépassé la limite haute spécifiée ou non.

y=OG = 0 la limite n'a pas été atteinte.

y=OG = 1 la limite a été atteinte.

y=UG BIT

La sortie y=UG signale si la valeur à la sortie y a dépassé la limite basse spécifiée ou non.

y=UG = 0 la limite n'a pas été atteinte.

y=UG = 1 la limite a été atteinte.

Bibliographie

Livres

[1] L. Maret :« **Régulation Automatique** »
Première édition ; ISBN 2-88074-143-6
1987,Presses Polytechniques Romandes. Lausanne.

[2] Pierre Borne ; G.Dauphin ; J.P. Richard ; F. Rotella ; I.Zambettakus : «
Modélisation et identification des processus ».
ISBN 2-7108-0616-0 (tome2), ISSN 12152-0647.
1992,Edition Technip,Paris.

Mémoires de fin d'étude

- [3] A.Gernane, M.Saker : « **Régulation de la température à la sortie d'un four**».
U.M.B.Boumerdes, promotion 2000
- [4] Z. Malki, H. Aliche « **Supervision sous WebAccess d'un processus industriel commandé par automate** ».U.M.M.Tizi-Ouzou, promotion 2007.
- [5] R.Ider, M.Hamitouche, R.Maaloum « **Réalisation d'un système de supervision pour une Centrifugeuse de la Section Turbinage de la Raffinerie de Sucre de CeVitale** ».
U.M.M.Tizi-Ouzou, promotion 2003.
- [6] F. Ferka , L.Ramdane « **Communication entre un logiciel de supervision et un automate programmable** ». U.M.M.Tizi-Ouzou, promotion 2004.

Site Internet

- [7] www.abb.com
- [8] www.broadwin.com.
- [9] www.hartcomm.com.
- [10] www.macromedia.com.

Fichiers interne IAP

- [11] **Chromatographie en phase gazeuse**, source :EMERSON, Prosses Management.
- [12] **Contrôleur Advant 31**: Documentation Technique Pour série 40 et série 50