

Introduction générale :

L'énergie occupe une place primordiale dans le développement économique en Algérie, qui dépend essentiellement de la valorisation des hydrocarbures.

Le gaz naturel joue un rôle énergétique dans le monde ; l'importance de ses réserves et les avantages qu'il présente sur le bilan du gouvernement ; Favorisent son utilisation notamment dans les secteurs à forte valeur ajoutée : Industrie de précision, production d'électricité, il est composé essentiellement du méthane et contiens des proportions décroissantes de tous les hydrocarbures saturés en plus de l'azote, du gaz carbonique et de l'eau. Mais les coûts techniques de production, de traitement et surtout du transport du gaz naturel restent toutefois élevés et représentent un handicap.

L'augmentation de la productivité, l'amélioration da la qualité, la mondialisation et les soucis de la protection de l'environnement, ont nécessités une évolution dans le secteur des équipements de contrôle des procédés au sein de l'industrie hydrocarbure.

La technologie des automates programmables industriels (API) et les systèmes de contrôles distribués (DCS) ouvrent la voie à de nouvelles applications. Ces systèmes sont jugés fiables et efficaces car ils répondent aux exigences techniques et économiques au même temps ils remplissent les conditions suivantes :

- ✓ Précision de la mesure en temps réel.
- ✓ Faciliter la supervision et les opérations (procédés et systèmes) à partir de la même station.
- ✓ Possibilité d'interconnexion avec d'autres systèmes.

Les solutions programmables recourant à ces technologies mènent forcement à l'intégration de tous les composants importants (logique programmée, supervision, notion contrôle, périphériques centralisées...).

❖ **Organisation de notre travail:**

Notre travail est réparti en cinq chapitres :

- 1- Description du Centre de production d'Oued-Noumer.
- 2- Etude de l'instrumentation du procédé.
- 3- Etude des différents systèmes du Turbo-Expander.
- 4- Etude du DCS CENTUM SC 3000 de YOKOGAWA.
- 5- Développement et simulation du projet sous CENTUM CS3000 de YOKOGAWA.

INTRODUCTION GENERALE

❖ Objectif de notre travail :

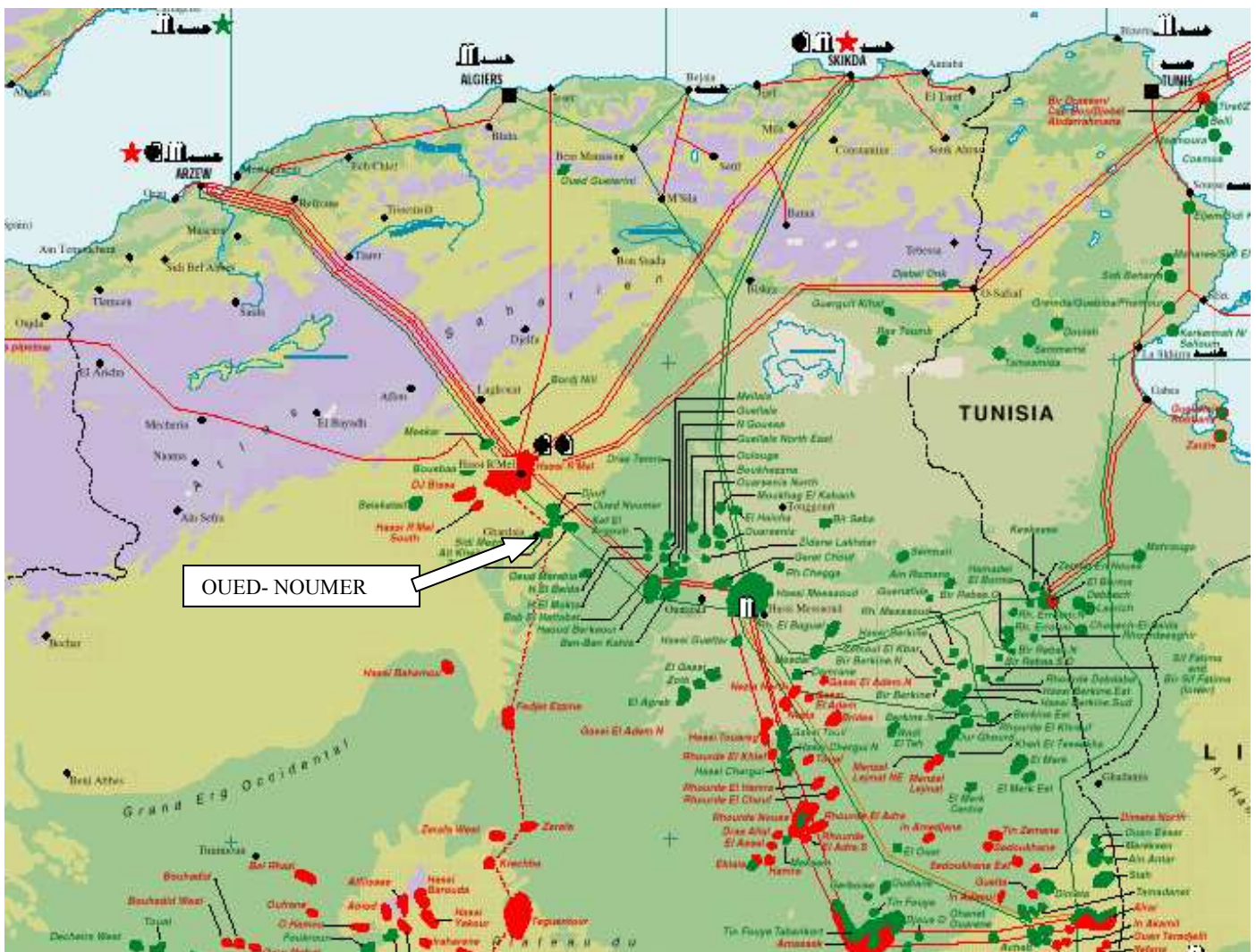
Proposition d'une solution de commande numérique pour le Turbo-Expander dont le démarrage et le chargement se font d'une manière manuelle, et nécessite l'intervention de plusieurs opérateurs.

Afin d'assurer la sécurité et la continuité de la production, Le besoin et la nécessité de faire appel à la nouvelle technologie, l'utilisation des automates programmables et une supervision à base du (DCS CS3000) sont d'une efficacité avérée.

I.1 Présentation du champ d'Oued Noumer :

I.1.1 Situation géographique :

La Direction de Oued-Noumer est située à 140 Km au sud-est du champ gazier de Hassi-R'Mel et à 220 Km à l'Ouest-Nord du champ pétrolier de Hassi-Messaoud. Son siège administratif et sa base de vie sont installés à 5 Km au nord de la RN 49, axe routier reliant Ghardaïa à Ouargla et à environ 45 Km de la ville de Ghardaïa.



I.1.2 histoire du champ d'oued Noumer:

📅 Date de début de construction :

- Première unité de séparation de brut : 1970
- Nouvelle unité de séparation de brut et de récupération des gaz : 1983
- Unité d'extraction de GPL : 1993

🚧 Date de démarrage :

- Première unité de séparation de brut : 1972
(Démarrage des champs ONR et ATK)
- Nouvelle unité de séparation de brut et de récupération du gaz : 1986
- Unité d'extraction de GPL : 1997

I.2. Gisements :

Le champ d'Oued–Noumer se compose de cinq petites structures :

🚧 *Oued-Noumer*

🚧 *Aït-Kheir*

🚧 *Djorf*

🚧 *Sidi-Mezghich*

🚧 *Makouda*

I.3. Présentation des gisements :

Le champ de Oued-Noumer faisant partie, géologiquement, de la province triasique a été découvert par Sonatrach en 1969 et mis en production à partir de 1972.

Les deux niveaux producteurs (A et B) du trias argilo gréseux ont donné du gaz, du condensât et de l'huile à une profondeur moyenne de 2750m.

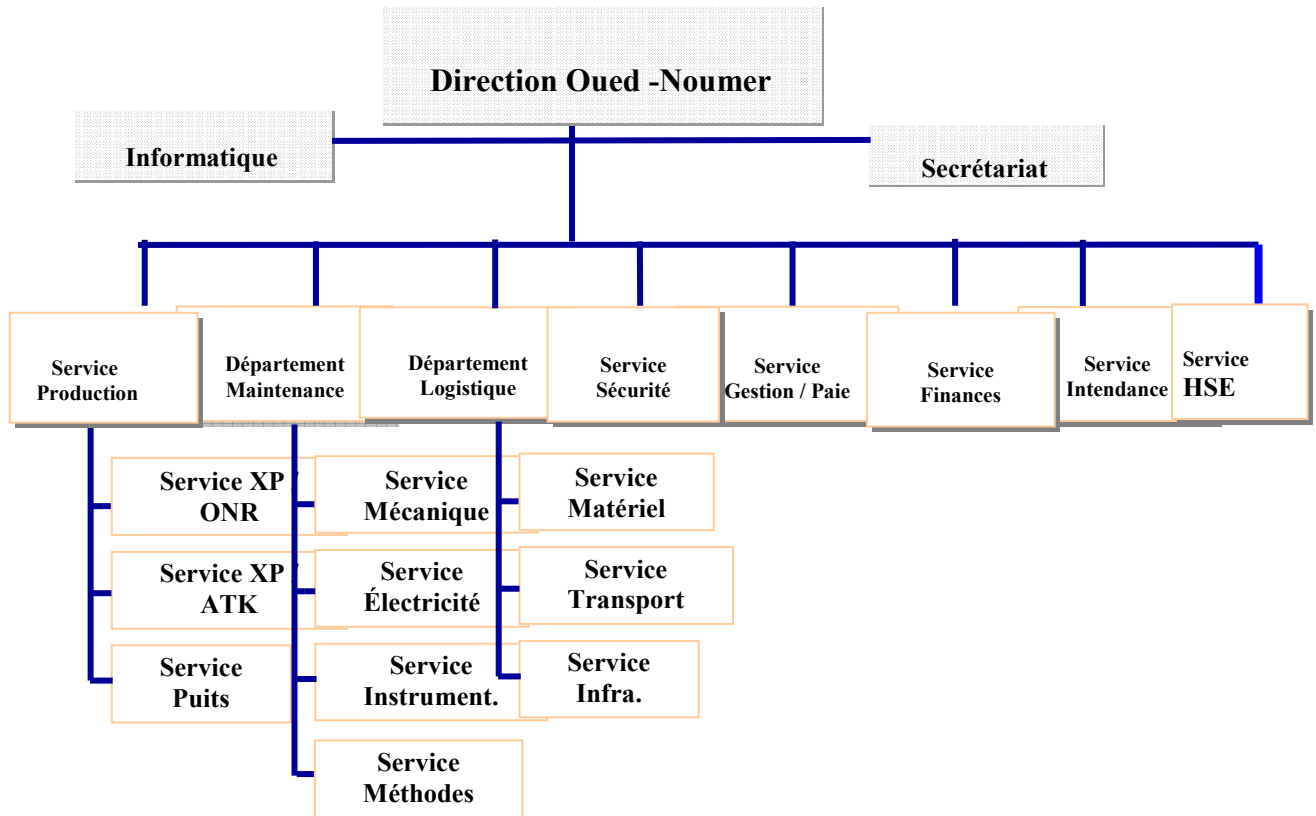
- **Production**

Le gisement a produit jusqu'à présent par déplétion naturelle (expansion du gaz dissout et water-drive). En 1991 le maintien de pression a démarré à Aït-Kheir avec l'injection de tout le gaz produit dans le secteur. L'unité d'extraction de GPL à partir des gaz associés a été mise en service en 1997.

ETAT DES RESERVES

PRODUIT & CHAMP	RESERVOIRS	RESERVES INITIALES EN PLACE	RESERVES INITIALES RECUPERABLES	TAUX DE RECUPERATION (%)
GAZ (Milliards de STD M³)				
ONR	A + B	13,66	6,871	50,30
ATK	A + B	50,21	21,704	43,23
TOTAL		63,87	28,575	44,74
CONDENSAT (Millions de Tonnes)				
ONR	A	14,446	7,266	50,30
ATK	A + B	42,167	29,13	69,08
TOTAL		56,613	36,396	64,29
GPL (Millions de Tonnes)				
ONR	A + B	2,104	1,058	50,29
ATK	A + B	7,275	5,819	79,99
TOTAL		9,379	6,877	73,32
HUILE (Millions de Tonnes)				
ONR	B	26,16	9,41	35,97
MKA	A	1,96	0,353	18,01
SMZ	A	5,20	1,30	25,00
DJF	A	1,983	0,357	18,00
TOTAL		35,303	11,42	32,35

I.4. Organigramme d'Oued-Noumer :



- ✚ Le centre de production d'Oued-Noumer a pour but de produire :
- du Pétrole brut.
 - du Condensat.
 - du Gaz naturel.

I.4.1 Capacité de production et de stockage :

- Production :

GPL : 2 400 m³/jour (1 200 T/J)
 HUILE/CONDENSAT : 8 750 T/Jour
 GAZ : 9 x 10⁶ m³/jour

- Stockage :

Désignation	nbre	Volume	Pression	Cap.globale
Bacs de stockage Brut	4	4880 m ³	Atm	20520 m ³
Bacs test	1	1000 m ³	Atm	
Sphères GPL	2	540 m ³	13 bars	1080 m ³

I.4.2 Données techniques :

✚ Le centre de production d'Oued Noumer se compose de :

- Unité 60 (stockage, expédition de brut).
- Unité 20 (Unité de séparation).
- Unité 30 (Compression).
- Unité GPL (Comporte les unités 100,200,300,400,500,600,700,800,900)
- Unité 110 (Compression d'Air).
- Unité 120 (Réchauffeur de fuel gaz).
- Unité 130 (Générateur Electrique de secours).
- Unité 170 (Traitement stockage de l'huile de lubrification).

✚ Lignes de transfert des produits :

- 1 Gazoduc 20 " (ONR Pipe 48") de 11,5 Km.
- 1 Gazoduc 16 " (ONR SC/ATK) de 15 Km.
- 2 Oléoduc 8 " (ONR Pipe 28") de 12 Km.
- 1 Oléoduc 12 " (ONR Pipe 28") de 12 Km.
- 1 Oléoduc 8 " (ONR Pipe 24" LR1) de 12 Km.

 **Machines tournantes (Caracteristiques)**

DESIGNATION	SC / ATK	URGT	GPL
TURBINE	GENERAL ELECTRIC 25 - 680 CR 19 000 Kw	GENERAL GE MS 5002 17 721 KW	SOLAR - Modèle Mars 90 12 600
COMPRESSEUR	NUEVO PIGNONE 2 BCL 406/B : 8300 KW BCL 304 / B : 73780 KW BCL 306/C - 6250 KW Total: 18330 KW	DRESSER BP (SIDE FLOW) 1218 KW HP (BACK TO BACK) 17721 KW	NUEVO PIGNONE BCL 404 / N : 6085 KW
TURBO EXPANDER			ROTOFLOW Expander Compresseur 6378 KW 6260 304 Ton/h 218 Ton/h 18 300 tpm

I.5. Description technologique du centre de production d'Oued Noumer (CP/ONR) :

I.5.1 Unité de séparation (unité 20) :

Cette unité a pour but de collecter les effluents gaz et ou/huile provenant des différents centres de production

ONR = OUED NOUMER

ATK et SMZ = AIT KHEIR ET SIDI MEZGHICHE.

MKA = MAKOUDA

DJF= DJORF (Champ à l'arrêt)

- Séparer le gaz associé de l'huile brute
- Stabiliser l'huile pour éviter un dégazage dans les bacs de stockage

- Permettre la mise à la torche des gaz haute pression provenant de ATK et du séparateur de brut haute pression lors du non fonctionnement des unités de compression.

L'unité de séparation se compose de :

- Quatre (04) séparateurs de brut.
- Deux (02) fours de stabilisation.
- Un (02) groupe d'injection d'eau de lavage.

process :

❖ **Séparateur de brut haute pression 020 B 01 :**

Le mélange triphasique des puits ONR et les retours liquides venant des unités 030 alimentent le séparateur vertical 20 B 01.

L'eau de gisement est dirigée vers le borbier sous contrôle de niveau par la ligne DB 020 01 2".

L'huile est expédiée sous contrôle de niveau vers les fours de stabilisation 020F01 A et 020F01B.

Les gaz récupérés sont expédiés sous régulation de pression vers les ballons séparateurs d'aspiration 3ème étage des unités de compression (031B 03 - 032 B 03 et 033 B 03). Une partie du débit est dirigée vers le réseau gaz combustible. La mise à la torche en cas d'arrêt d'urgence est assurée par la vanne ESDV 020 13.

Le séparateur 020 B 01 a un volume intérieur de 38.2 M³.

❖ **Piège à bouchons liquides 020 B 02 :**

Les effluents gaz venant du 011 B 01 du centre de production de ATK alimentent le piège à liquide 020 B 02.

Les liquides séparés du gaz sont expédiés sous contrôle de niveau vers les fours de stabilisation 020F01 A et 020FO1 B. Cependant Si les liquides récupérés sont essentiellement composés d'eau ils sont dirigés vers le borbier sous contrôle de niveau.

Le gaz récupéré est expédié sous contrôle de pression vers les ballons séparateurs d'aspiration 3ème étage des unités de compression (031 B 03 - 032 B 03 - 033 B 03). Une fraction du débit est dirigée vers le séparateur de gaz combustible 120 B 01.

Le piège à liquide 020 B 02 à un volume intérieur de 52.7 M³.

❖ **Séparateur moyenne pression 020 B 03 :**

Les effluents chauds venant des fours de stabilisation 020F01 A et B alimentent le séparateur horizontal 020 B 03.

L'huile stabilisée est expédiée sous régulation de niveau vers le ballon à basse pression 20B04.

L'eau décantée est dirigée sous régulation de niveau vers le borbier.

Le gaz de flash moyenne pression est dirigé sous régulation de pression vers les filtres séparateurs d'aspiration 2ème étage des unités de compression (031B02,032B02,033B02).

Le séparateur moyenne pression à un volume intérieur de 18.3 m³.

❖ **Séparateur basse pression 020 B 04 :**

Les huiles stabilisées venant du séparateur moyenne pression 020 B 03 alimentent le séparateur horizontal 020 B 04.

L'huile stabilisée et dégazée est expédiée sous contrôle de niveau vers les bacs de stockage existants RI-R2-R3-R4 avec le volume de chacun 4 880 m³.

Les gaz de flash basse pression sont dirigés sous régulation de pression vers les filtres séparateurs d'aspiration 1er étage des unités de compression (031 B 01 - 032 B 01 - 033 B 01).

Le séparateur basse pression a un volume intérieur de 31.2 m³.

❖ **Fours de stabilisation 020 FO1 A et B :**

Les deux fours étant de conception strictement identique. La description donnée ci-dessous correspond à un seul four (020FO1 A).

Le four est alimenté avec l'huile brute venant des séparateurs 020 B 01 et 020 B 02 + l'huile brute venant de la collecte ATK + le mélange diphasique huile/gaz de Makouda + les condensats récupérés sur Les ballons d'aspirations 3ème étage des unités de compression (30 B 03 -032 B 03 - 033 B 03).

L'huile réchauffée est expédiée vers le séparateur moyenne pression 020 B03.

La ligne PB 020 58 16" permet de by passer les fours de stabilisation 020 F 01 A et 020 F 01 B.

❖ **Groupes injections eau de lavage 020 P 01 A/B et 20 P 02A/B :**

L'eau utilisée pour l'injection d'eau de lavage est prélevée sur le circuit d'eau brute par les pompes 020 P 01 A/B (une en service et l'autre en secours), et injectée sous pression avec débit réglé manuellement dans la ligne d'alimentation des fours de stabilisation 020F01 A/B.

Les pompes 20P02A/B sont utilisées pour l'injection d'eau pour le dessalage au niveau de manifold ONR (une en service et l'autre en secours).

Les pompes utilisées sont du type "centrifuge" position horizontale. Entraînées par un moteur électrique.

Les deux groupes des pompes sont alimentés à partir du bac R.101 avec un volume de 630 m³.

I.5.2 description de l'installation de compression (unité30) :

L'installation de compression a pour but de récupérer les gaz associés d'Oued Noumer, elle comporte :

Trois (03) unités de compression des gaz venant de l'unité 20. Elles sont de conception identique (unités 31/32/33).

Chaque unité comprend (exemple 031) :

- ❖ Deux compresseurs centrifuges à deux étages
- Compresseurs 031K01 comprenant un étage BP et un étage MP.
- Compresseurs 031K02 comprenant un étage MP et un étage HP.
- ❖ Un multiplicateur de vitesse.
- ❖ Une Turbine à gaz 31 KG 01 avec ses auxiliaires.
- ❖ Des séparateurs filtres :
 - 031 B 01, aspirateur 1er étage 031 K 01.
 - 031 B 02, aspirateur 2ème étage 031 K 01.
 - 031 B 03, aspirateur 1er étage 031 K 02.
 - 031 B 04, aspirateur 2ème étage 031 K 02.
- ❖ Des aéroréfrigérants de gaz :
 - 031A01, pour le refoulement du 2^{ème} étage 031 K 01.
 - 031A02, pour le refoulement du 1^{ème} étage 031 K 02.
 - 031A03, pour le refoulement du 2^{ème} étage 031 K 02.
- ❖ Un aéroréfrigérant d'huile de lubrification 170 A 01.

process :

Les trois unités de compression 031/032/033 sont de conception identique. Le fonctionnement de l'une des unités correspond exactement en tout point de marche de deux autres unités. Exemple unité 31:

Les différents gaz à comprimer par chaque unité sont les suivants :

- Gaz BP (1.2 bars absolus), effluent du séparateur 020 B 04.
- Gaz MP (4 bars absolus), effluent du séparateur 020 B 03.

- Gaz HP (15 bars absolus), effluent du séparateur 020 B 01 et du piège à liquide 020 B 02.

Le gaz BP venant du 20 B 04 arrive en alimentation du 31 B 01 ($P=1.2\text{bars}$ et $T=47^{\circ}\text{c}$) puis traverse le matelas éliminateur où sont piégés les éventuelles particules liquides et solides, ces dernières sont envoyées vers le borbier après son accumulation sous contrôle de niveau.

Le gaz sort du ballon 31 B 01 et est admis à l'aspiration 1^{er} étage du compresseur 31-K01.

Le gaz MP venant du 20 B 03 arrive en alimentation du 31 B 02 ($P=4\text{bars}$ et $T=55^{\circ}\text{c}$) et il traverse le matelas éliminateur où sont piégés les éventuelles particules liquides et solides où sont purgées ces dernières et envoyées vers le borbier. Le gaz MP est aspiré par le compresseur 31 K 01 et mélangé avec le gaz BP puis refoulé ($P=15\text{ bars}$ et $T=155^{\circ}\text{c}$), il est dirigé vers le séparateur 20 B 01 via l'aéroréfrigérant 31 A 01 où sa température est abaissée à 136°C .

Une partie du gaz de refoulement est dirigée avant le refroidissement (31 A 01) vers le recyclage anti-pompage.

Le gaz HP provenant des ballons 20 B 01 et 20 B 02 (gaz venant d'ATK) sont collectés en aval de la vanne PCV 2006 du 20 B 02 pour avoir la même pression du gaz 20 B 01 (15bars), ce gaz arrive dans le séparateur filtre 031 B 03 ($P=15\text{ bars}$ et $T=41^{\circ}\text{C}$) et traverse le matelas éliminateur où sont piégés les particules liquides et solides ayant pu entraînées pour qu'elles seront évacuées sous contrôle de niveau vers le borbier. Le gaz sort du 31 B 03 est admis à l'aspiration 1^{er} étage du 31 K 02.

Le compresseur refoule le gaz à une $P=45\text{ bars}$ et une $T=132^{\circ}\text{C}$, puis passe par les aéroréfrigérants 31 A 01/02 où sa température est abaissée à 55°C .

Le gaz introduit dans le ballon 31 B 04 traverse le matelas éliminateur où sont retenues les particules liquides et solides, ces particules sont dirigées sous contrôle de niveau vers le séparateur 20 B 01.

Un système anti- pompage est mis en place pour protéger le 2^{ème} étage.

Le gaz sort du 31 B 04 est admis à l'aspiration 2^{ème} étage du 31 K 02.

Le compresseur refoule le gaz à une $P=101\text{ bars}$ et une $T=140^{\circ}\text{C}$, puis passe par les aéroréfrigérants 31 A 03 où sa température est abaissée à 62°C .

Le gaz se dirige vers l'unité de GPL.

I.5.3 description de l'unité GPL :

L'installation d'extraction du GPL à partir des gaz associés du champs d'Oued Noumer situé à 180 km environ au sud- est de HASSI R'Mel est implantée à proximité d'une unité de compressions du gaz. On obtient du GPL, du condensât, du gaz traité et un courant gazeux de recyclage.

Les unités principales de l'installation sont :

- Unité 100
- Unité 200
- Unité300
- Unité400
- Unité500
- Unité 600
- Les unités secondaires utilitaires sont :
- Unité 700
- Unité 800
- Unité 900

❖ Unité 100 : Prérefroidissement et déshydratation

Le gaz provenant des unités de compression existantes alimente l'unité d'extraction de GPL à la pression de 101 bars et à la température de 60 C°. Après un refroidissement à 45C° environ dans l'échangeur 10-E-01, le gaz est envoyé au séparateur 10-B-01, l'eau est écoulee vers le borbier. Le gaz se dirige vers les trois déshydrateurs (10-R/01/A/B/C) avec tamis moléculaires, deux en service et l'autre en régénération fonctionnant avec un cycle de 10 heures d'absorption et 05 heures de régénération. La régulation des tamis moléculaire se fait à une partie des vapeurs de tête du déethaniseur 40-C-01. En cas de manque de ce gaz la régénération est obtenue en utilisant une partie du gaz sec prélevé à la sortie des tamis .Le gaz de régénération chaud est refroidi à 55C° dans l'aéroréfrigérant 10-A-01. L'eau séparée du gaz dans le séparateur 10-B-02 est envoyée au borbier. Le gaz sortant du séparateur 10-B-02 est mélangé aux vapeurs de tête du déethaniseur et il est envoyé vers l'unité de compression existante. Le gaz de procédé à la sortie des tamis est filtré afin d'éliminer les poussières éventuelles provoquées par la rupture des tamis. En cas de panne de compresseur du gaz traité ou de la turbine à gaz d'entraînement, leurs

régénération est assurée par le gaz prélevé en aval des déshydrateurs qui assure la continuité de la mise en service de cette unité pour avoir le gaz dépourvue d'eau.

❖ **Unité 200 : récupération de GPL :**

Le gaz sec provenant de l'unité 100 est réparti en deux courants, dont l'un est refroidi par l'échangeur 20-E-01 par le gaz de tête du déethaniseur 40-C-01 , l'autre est refroidi par échange de chaleur avec le gaz traité provenant de l'échangeur 20-E-03. Les liquides sortant des séparateurs 20-B-08 et 20-B-06 sont envoyés directement au déethaniseur. Tandis que le gaz provenant du 20-B-06 est envoyé au Turbo-Expander KE-01 ou l'on obtient une réduction simultanée de pression et de température, alimente le séparateur 20-B-07 à une température de -50°C et une pression de 30 bars. Les liquides froids sortant du séparateur 20-B-07 sont envoyés à la tête des déethaniseur, via de l'échangeur 40 E 03. Le gaz traité sortant du séparateur 20-B-07 est envoyé à la récupération du froid dans les échangeurs 20-E-03 et 20-E-02, ensuite il est comprimé par le compresseur 20-K-01 entraîné par le Turbo-Expander KE-01

Le gaz ressort du compresseur est refroidi à 60°C dans l'aéroréfrigérant 20-A-01, puis est envoyé au compresseur final 30-K-01 à la pression de 47 bars.

En cas d'arrêt de l'Expander, une vanne de détente (JOULE-THOMSON) en dérivation du Turbo-Expander est déclenchée afin de maintenir l'unité en service. Il est entendu que dans ces conditions, la récupération de GPL sera inférieure a la valeur nominale.

❖ **Unité300 : Compression:**

Cette unité sert à comprimer le gaz traité jusqu'à une pression de 80 bars, puis expédié vers gazoduc GR1/2 48'' ou vers la station de la Réinjection à AIT-KHEIR.

Le gaz traité sortant de l'unité 200 est envoyé au séparateur d'aspiration 30-B-01, en suite il subira une compression par le compresseur 30-KT-01 (entraîné par la turbine à gaz 30-KT-01), puis refroidi à 60°C par l'aéroréfrigérant 30-A-01 et envoyé au gazoduc.

❖ **Unité 400 : fractionnement de GPL :**

Cette unité est formée par deux colonnes bouillies au moyen de l'huile chaude afin d'obtenir du GPL avec les spécifications demandées.

La première colonne, déethaniseur 40-C-01(P=22bars & T= 80°C) à pour but d'éliminer les produits légers (méthane et éthane) des hydrocarbures liquides. Elle est munie d'un rebouilleur de fond à l'huile chaude 40-E-01 et d'un condenseur partiel de tête 40-E-03. Les vapeurs à la sortie du condenseur passent à travers le récipient de reflux 40-

B-02. Les pompes 40P05A/B aspirent le gaz du ballon 40B02 qui sert comme gaz de régénération des tamis moléculaire via de l'échangeur latéral 10-E-01 puis envoyé vers l'unité de compression (U30 existante).

L'eau éliminée des tamis par le gaz après avoir passé par le ballon 10B02 est évacuée vers le bournier.

La deuxième colonne, débuthaniseur 40-C-02 (P=14bars & T=160°C) à pour but d'éliminer les produits lourds condensât (C5+) qui est envoyé vers l'unité de séparation (U20 existante) afin d'avoir le GPL qui répond à certaines spécifications.

Le GPL sorti au sommet de la colonne est introduit dans le ballon 40B03, puis envoyé par l'intermédiaire des pompes 40P04A/B vers les sphères (50T01A/B).

❖ Unité 500 : stockage de GPL

L'unité de stockage du GPL est composée de deux sphères 50-T-01A/B de capacité de 530 m³ et d'une unité d'expédition de GPL formée de trois pompes en parallèle 50A/B/C (une en service et deux en réserves), afin d'envoyer le GPL vers LR1 (Hassi R'Mel puis vers ARZEW).

❖ Unité 600 : huile thermique

Un système d'huile chaude est prévu comme source de chaleur pour les besoins de bouillonnement des colonnes 40-C-02, 40-C-01 et échangeurs pour le chauffage de gaz de régénération, afin de déshydrater les tamis moléculaires qui se trouvent dans les réacteurs après leur service (absorption).

❖ Unité 700 :

Le système méthanol qui est injecté dans les conduites, les vannes et les équipements en cas de formation d'hydrates pour dégivrage principalement en Hiver.

❖ Unité 800 :

Elle fournit à l'installation:

Air de service (pour nettoyage).

Air instrument (pour l'équipement d'instrumentation).

Azote (pour inerte les équipements et installations).

❖ Unité 900 :

Une sous – station électrique existe pour les besoins électriques de l'installation.

Introduction :

Toute installation industrielle est équipée d'un ensemble de capteurs de régulateurs et d'actionneurs dont l'utilité consiste à contrôler et réguler les principaux paramètres physiques, à savoir, la pression, le débit, la température, ..., etc.

Dans ce chapitre, seront présentés les différents types de régulations ainsi que les différents capteurs et actionneurs utilisés dans l'installation d'Oued-Noumer.

II.1 La régulation :

Généralités :

❖ Définitions :

La régulation regroupe l'ensemble des techniques utilisées visant à contrôler une grandeur physique. Exemples de grandeur physique : Pression, température, débit, niveau...

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

La consigne : C'est la valeur que doit prendre la grandeur réglée.

La grandeur réglante est la grandeur physique qui a été choisie pour contrôler la grandeur réglée. Elle n'est généralement pas de même nature que la grandeur réglée.

Les grandeurs perturbatrices sont les grandeurs physiques qui influencent la grandeur réglée. Elles ne sont généralement pas de même nature que la grandeur réglée.

L'organe de réglage est l'élément qui agit sur la grandeur réglante.

❖ Principe de fonctionnement :

Pour réguler un système physique, il faut :

Mesurer la grandeur réglée avec un capteur. Réfléchir sur l'attitude à suivre : c'est la fonction du régulateur. Le régulateur compare la grandeur réglée avec la consigne et élabore le signal de commande. Agir sur la grandeur réglante par l'intermédiaire d'un organe de réglage.

On peut représenter une régulation de la manière suivante :

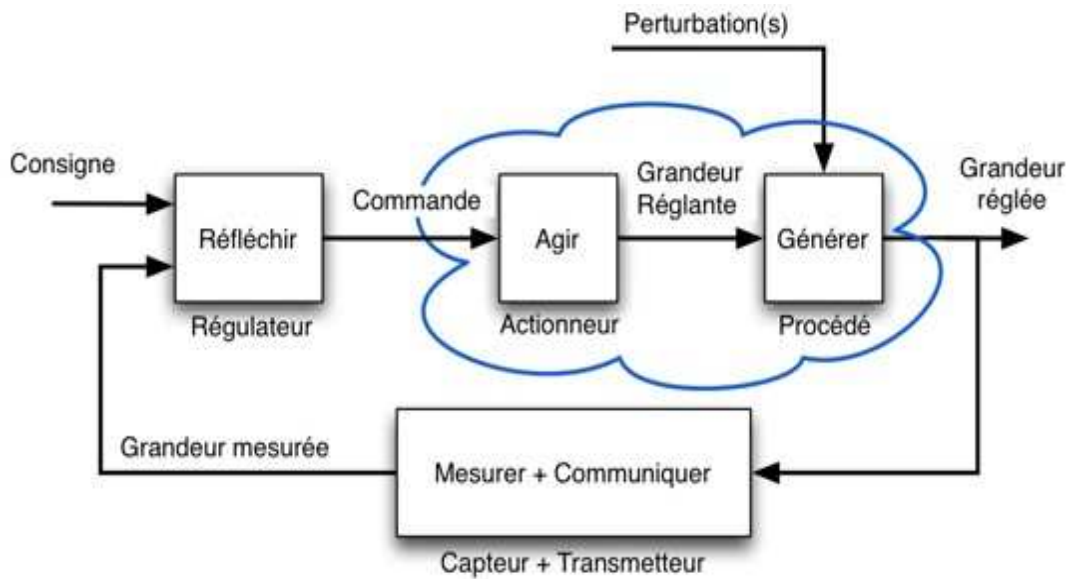


Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation

II.1.1 Exemple de régulation utilisées à Oued-Noumer

II.1.1.1 Régulation de niveau :

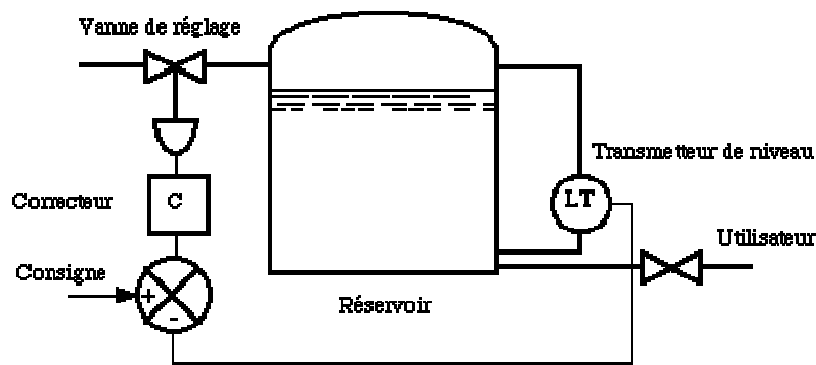


Figure II.1: Régulation de niveau

Le niveau varie en fonction du débit d'alimentation et du débit utilisateur ;
 La grandeur réglée est le niveau ; elle doit suivre la consigne du régulateur ;
 La vanne de réglage "LCV" (Level Control Valve) est l'élément de la chaîne de régulation permettant de faire varier le débit d'alimentation en fonction de la consigne.

II.1.1.2 Régulation de pression :

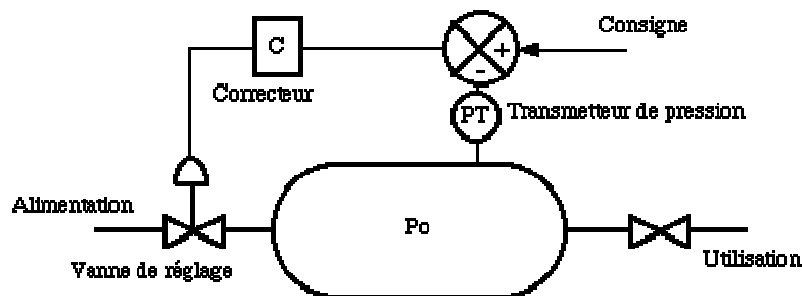


Figure II.2 : Régulation de pression.

La cuve est sous pression P_0 (air comprimé par exemple) ;

P_0 est la grandeur à régler ;

La grandeur réglante est le débit d'alimentation ;

Les perturbations proviennent de l'utilisation.

II.1.1.3 Régulation de débit :

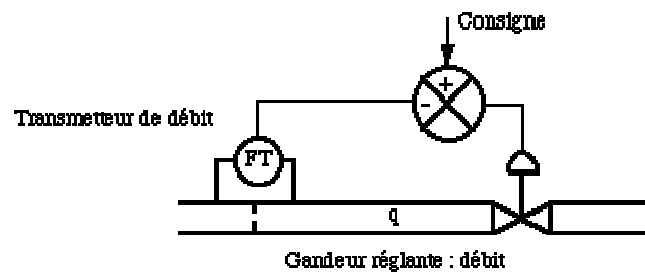


Figure II.3 : Régulation de débit.

II.2 les capteurs transmetteurs :

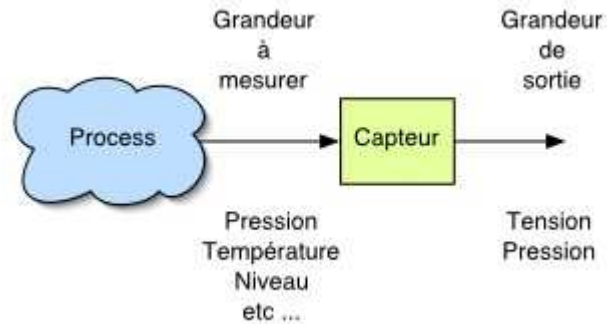
✚ Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.

Le transmetteur est le dispositif qui convertit le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard, il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle commande.

II.2.1 Le capteur :

✚ Définition :

Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.



II.2.2 Type de capteur :

✚ Capteur actif :

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre à la grandeur physique à prélever, énergie thermique, mécanique ou de rayonnement.

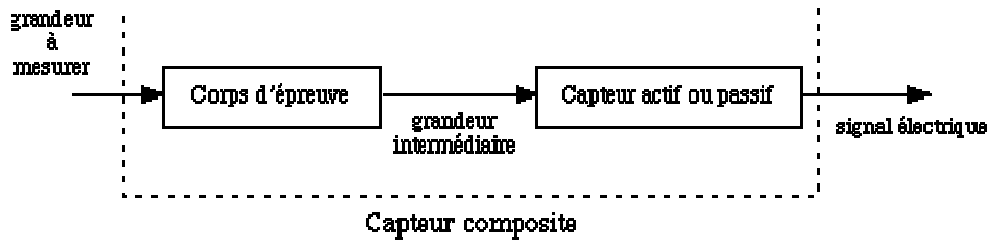
✚ Capteur passif

Il s'agit généralement d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. La variation d'impédance résulte :

- Soit d'une variation de dimension du capteur, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteur de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile.
- Soit d'une déformation résultant de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensiométrie liée à une structure déformable).

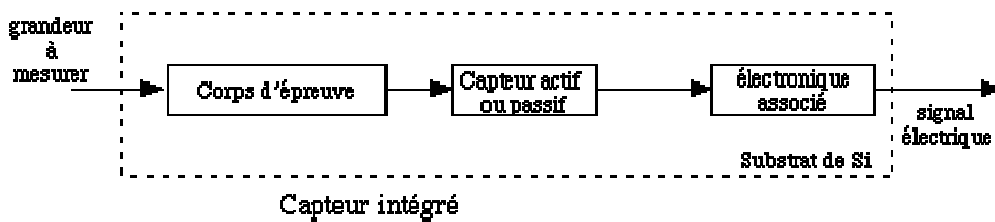
II.2.3 Corps d'épreuve et Capteurs composites :

Pour des raisons de coût ou de facilité d'exploitation on peut être amené à utiliser un capteur, non pas sensible à la grandeur physique à mesurer, mais à l'un de ses effets. Le corps d'épreuve est le dispositif qui, soumis à la grandeur physique à mesurer produit une grandeur directement mesurable par le capteur.



II.2.4 Capteur intégré :

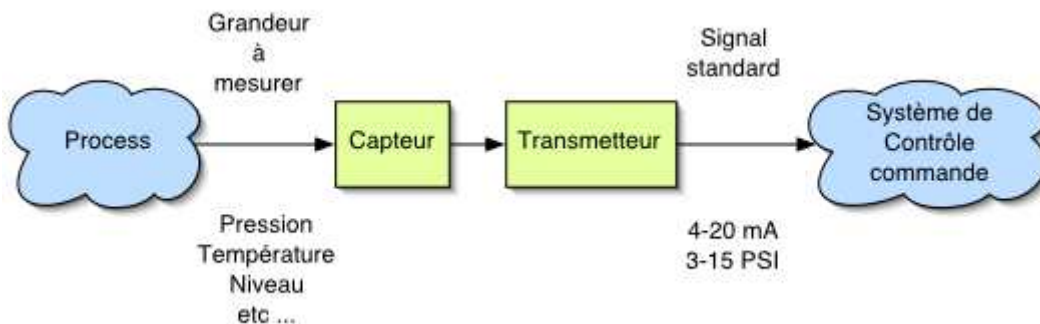
C'est un composant réalisé par les techniques de la microélectronique et qui regroupe sur un même substrat de silicium commun, le capteur à proprement dit, le corps d'épreuve et l'électronique de conditionnement.



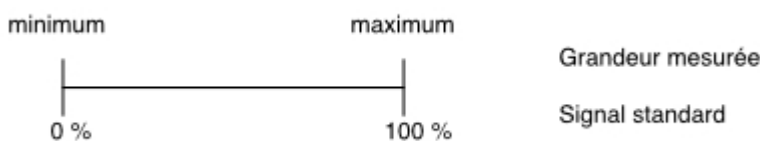
II.2.5 Le Transmetteur :

🚦 Définition

C'est un dispositif qui converti le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard. Il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle commande.



Le couple capteur+transmetteur réalise la relation linéaire suivante entre la grandeur mesurée et le signal de sortie :

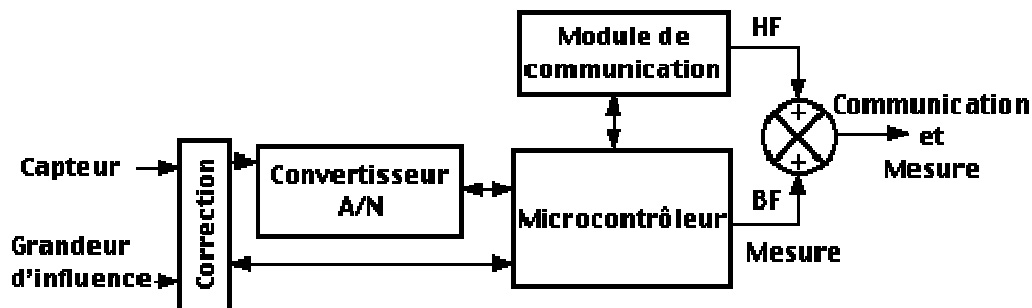


II.2.6 Le transmetteur "intelligent" :



Figure II.4: différents types de transmetteur

Le transmetteur intelligent est un transmetteur muni d'un module de communication et d'un microcontrôleur :



Le module de communication permet :

- De régler le transmetteur à distance ;
- De brancher plusieurs transmetteurs sur la même ligne.

Le microcontrôleur permet :

- De convertir la mesure en une autre grandeur, appelée grandeur secondaire. Par exemple, il peut convertir une mesure de différence de pression en niveau .
- De corriger l'influence des grandeurs d'influence sur la mesure.

II.3 les régulateurs :

✚ Parmi les différentes technologies de régulateurs, on peut distinguer :

- Les régulateurs pneumatiques locaux

- Les régulateurs analogiques de tableau (pneumatiques ou électroniques)
- Les régulateurs numériques de tableau
- Les régulateurs numériques sur SNCC

II.3.1 Les régulateurs locaux pneumatiques :

Ils réunissent en général dans un même boîtier le capteur et le régulateur et assurent l'affichage des pressions correspondantes à la valeur des signaux pneumatiques.

Les différents réglages se font à l'intérieur du coffret.

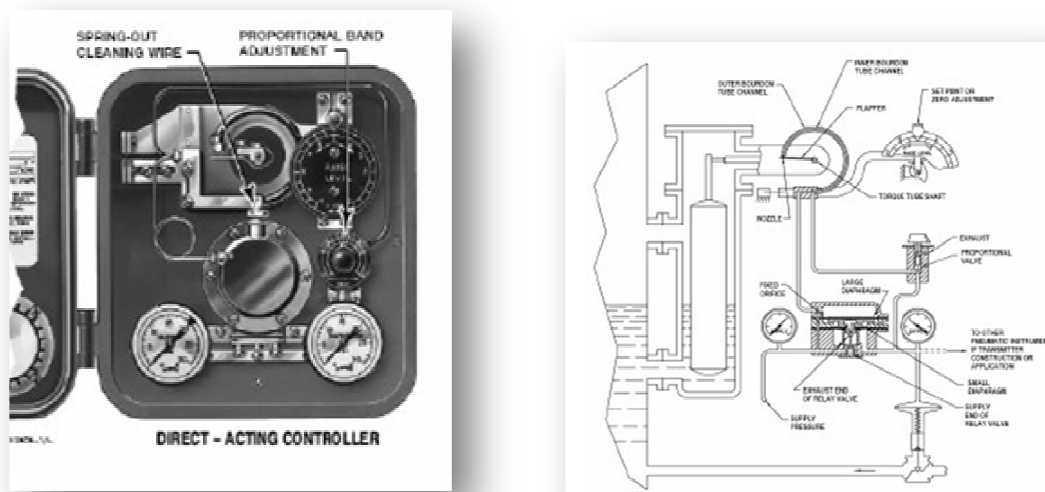


Figure II.5 : Régulateur pneumatique de pression ou de température

II.3.2 Régulateurs numériques de tableau :

Ils se présentent comme les régulateurs analogiques avec une face avant et tiroir.

Les signaux sont manipulés en numérique par des programmes informatiques stockés sur les cartes électroniques du régulateur.

La face avant permet un affichage numérique des valeurs des signaux et parfois un affichage analogique de l'écart ou du signal de sortie. Des touches sensibles permettent les modifications des paramètres et des modes de fonctionnement.

La programmation du calculateur peut se faire à partir d'une face cachée sous la face avant, en branchant un terminal de configuration.

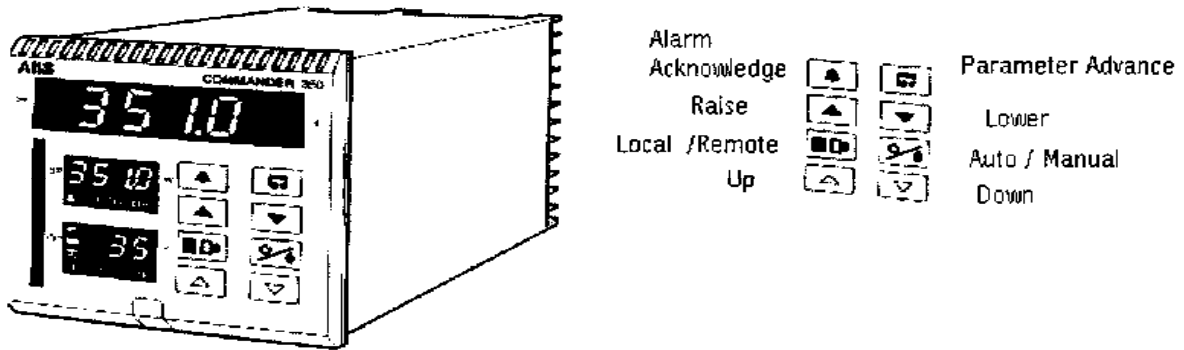


Figure II.6 : Régulateurs numériques de tableau

Les possibilités des régulateurs numériques sont plus nombreuses que celles des analogiques :

- Entrées multiples
- Nombreux modules numériques (addition, soustraction, racine carrée, rampe de consigne).
- Alarmes configurables sur tous les signaux, butées sur signal de sortie.
- Possibilité de mettre deux régulateurs en cascade l'un sur l'autre dans le même boîtier.
- Algorithmes variés : compensation prédictive, retard pur,...

II.3.4 Régulateurs sur S.N.C.C :

Le régulateur est localisé dans les armoires de contrôle commande situées la plupart du temps dans un local technique à part. L'affichage et l'interface opérateur sont réalisés sur un écran dont le graphisme diffère suivant les constructeurs. Chaque régulateur se présente en général sous deux formes :

- Une vue de résumé (analogique à la face avant d'un régulateur du tableau) permettant de visualiser les paramètres du régulateur sous forme de barographe et de valeurs numériques ; ainsi que les alarmes associées à ce régulateur et le mode de fonctionnement (AUTO, MANU, CASC,...). Les valeurs des paramètres (consigne, signal de sortie,...), ainsi que les alarmes et le mode de fonctionnement sont modifiables par le clavier associé à l'écran.
- Une vue de détail permettant de configurer le régulateur et affichant en outre les paramètres précédents :
 - Les butées et types d'alarmes
 - Les actions P, I, D ou retard

- Les valeurs d'échelle
- Les blocages d'alarmes, blocage de consigne, de changement de mode, et autres paramètres de configuration utiles pour le développement de l'application de conduite.

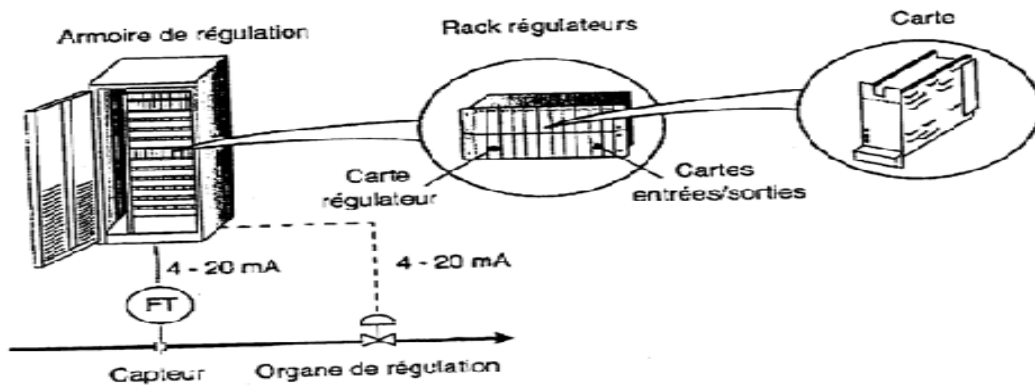
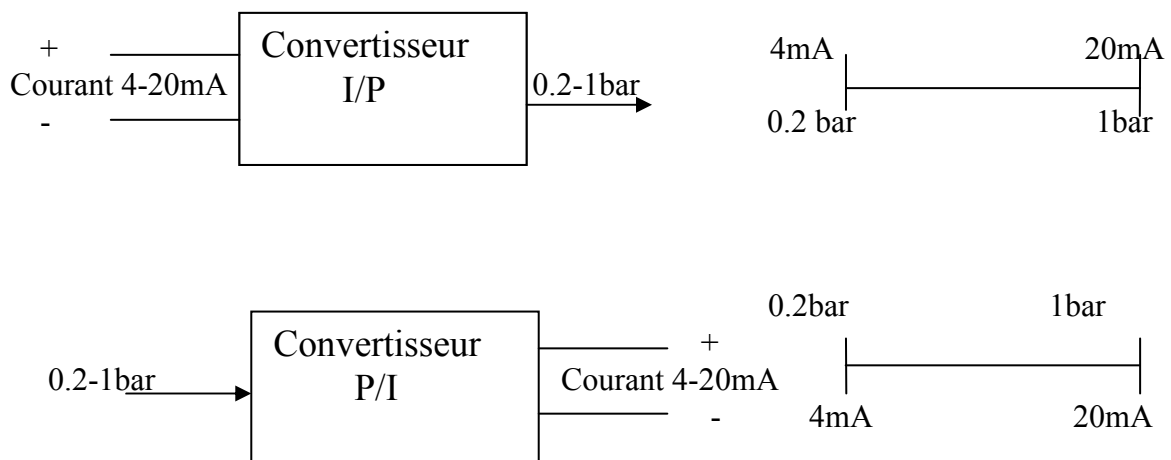


Figure II.7: Armoire et cartes de régulation de SNCC

II.4 les convertisseurs électropneumatiques :

Utilisés particulièrement comme intermédiaires entre les systèmes de mesure électrique et les régulateurs pneumatique ou les systèmes de régulation électrique et les vannes pneumatiques, les convertisseurs I/P ou P/I sont conçus pour convertir un signal courant continu (4-20mA) en un signal pneumatique (0.2-1bar) ou un signal pneumatique en un signal électrique.



II.5 Les actionneurs :

Dans un système automatique, un actionneur est un organe de la partie opérative qui, sur ordre de la partie commande via le pré actionneur, convertit l'énergie qui lui est fournie sous une forme utile pour les tâches programmées d'un système automatisé.

II.5.1 Les vannes :

La vanne est un dispositif permettant de régler le débit d'un fluide, ou d'un solide pulvérulent s'écoulant comme un fluide, dans une conduite fermée ou dans un ouvrage ou appareil à écoulement libre. Elle peut être commandée manuellement par un volant ou à distance par un signal électrique ou pneumatique.

On peut classer les vannes selon les critères suivants :

- Par la taille : depuis le simple robinet jusqu'à la vanne de régulation du débit d'arrivée d'eau dans une centrale hydroélectrique.
- Par la fonction : vanne régulatrice de débit, vanne de purge, vanne d'arrêt...
- Par le principe employé : vanne papillon, vanne à boisseau, vanne à trois vois...
- Par le système de commande : manuelle, électrovanne.

✚ les différents types de corps de vannes :






**Clapet
simple siège**

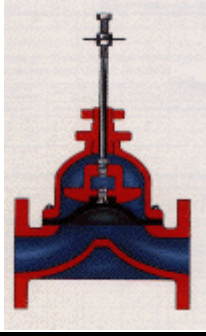
Avantage:

- bonne étanchéité à la fermeture (après rodage du clapet sur le siège)
- existence de clapets réversibles à double guidage permettant d'inverser le sens d'action du corps de vanne par un montage à l'envers.

Inconvénients:

- la poussée du liquide exerce une force importante sur le clapet ce qui nécessite un actionneur puissant d'où utilisation d'un simple siège pour une différence de pression faible.
- frottements importants au niveau de la presse-étoupe
- passage indirect donc plus grand risque de bouchage par des particules en suspension.

	<p>Constitué par deux clapets et par deux sièges visés. Le principal avantage apporté au corps de vanne à simple siège concerne son équilibrage, c'est à dire la diminution de la force résultante due à la poussé du fluide sur le clapet donc utilisable pour des fortes différences de pression. Son principal inconvénient est une mauvaise étanchéité de la fermeture du fait de la double portée.</p>	
<p>Clapet double siège</p>	<p>Il comprend un obturateur et une cage. Le fluide arrive perpendiculairement à la cage et passe par un espace déterminé par la position de l'obturateur (sorte de piston) à l'intérieur de la cage. En position basse les trous situés à la partie inférieure de la cage sont obturés et réalise ainsi l'étanchéité de la vanne à la fermeture.</p>	
	<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> - équilibrage grâce aux trous dans l'obturateur - bonne étanchéité à a fermeture - bonne plage de réglage - cages spécifiques possibles pour obtenir différentes caractéristiques, ou pour résoudre un problème de cavitation (cage anti-cavitation) ou de bruit (cage antibruit). - Le changement de cage est aisé. <p>inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> - corps droit non réversible - risque de coincement de l'obturateur dans la cage avec des fluides chargés de particules solides. 	
<p>Clapet à cage</p>		<p>L'obturateur est un disque dont le diamètre est égal au diamètre intérieur de la conduite. À la fermeture, ce disque a sa surface perpendiculaire au sens du passage du fluide. La variation de la section de passage se fait par inclinaison de ce disque par rapport à la verticale. La tige de l'obturateur effectue un mouvement de rotation, ce qui est nettement préférable pour le presse étoupe (meilleure étanchéité). Cette rotation est souvent limitée à un angle d'ouverture de 60° à cause de l'importance du couple exercé par le fluide. Ce type de vanne n'est réalisable que pour des grands diamètres DN > 4". Vue la surface de l'obturateur et la forme de celui-ci, il ne peut être utilisé pour des pressions très élevées. Du fait de la grande longueur de portée du papillon sur le corps (qui forme aussi le siège), l'étanchéité à la fermeture est délicate à obtenir, donc mauvaise le plus souvent. À noter aussi un frottement du à la force de poussée du liquide qui plaque la tige de obturateur contre la garniture (effort transversal).</p>
<p>Clapet papillon</p>		



Clapet à membrane

Elle est utilisée dans le cas de fluides très chargés de particules solides, ou très corrosifs. La section de passage est obtenue entre une membrane déformable en caoutchouc synthétique généralement et la partie inférieure du corps de vanne.

- Avantages :
- solution peu coûteuse ;
 - supprime les presse étoupes d'où le risque de fuites éventuelles ;
 - bonne étanchéité à la fermeture.
- Inconvénients :
- précision de réglage très médiocre.
 - caractéristique statique mal définie.
 - pression maximale supporté faible.
 - température maximale d'environ 200°C.

II.5.2 Les vannes de régulation :

La vanne de contrôle de débit ou de pression est un organe qui a pour but de faire varier sous l'impulsion d'un ordre (régulateur), la section de passage d'un fluide dans une conduite. La variation peut aller de la fermeture à l'ouverture totale (0% à 100%) .

La vanne régulatrice est constituée de deux éléments principaux :

- Le servomoteur : c'est l'élément qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne.
- Le corps de vanne : c'est l'élément qui assure le réglage du débit.

Et aussi d'un certain nombre d'éléments auxiliaires :

- Un contacteur de début et de fin de course.
- Une recopie de la position.
- Un filtre détendeur.
- Un positionneur : il régule l'ouverture de la vanne en accord avec le signal de commande.

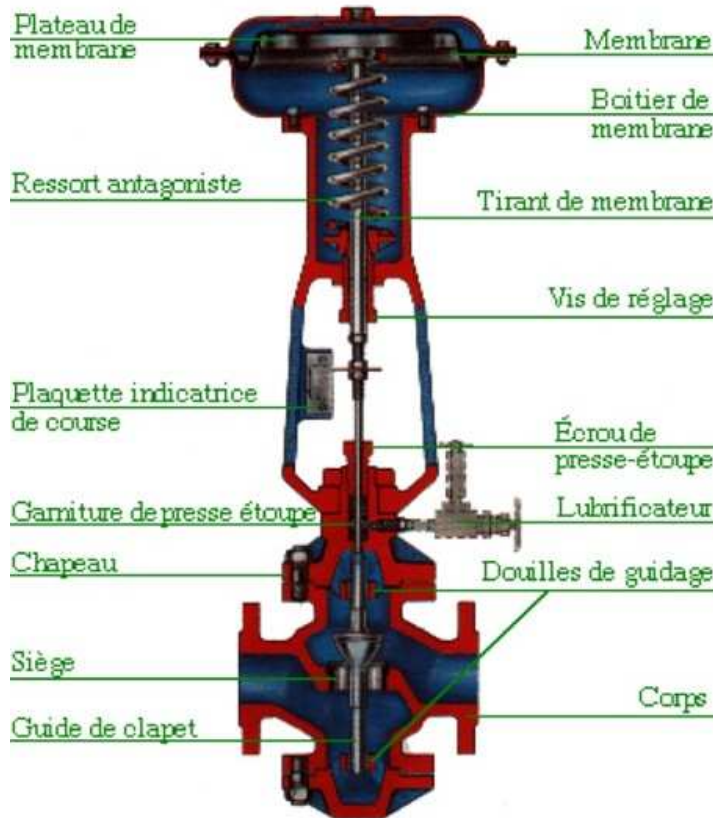


Figure II.8 : Vue en coupe d'une vanne de régulation pneumatique

II.5.3. Les vannes pneumatiques à fermeture rapide :

Il existe également d'autres types de vannes appelées des vannes Tout ou Rien. Ces vannes sont soit totalement ouvertes, soit totalement fermées. Elles assurent sur les procédés des fonctions utilitaires (la mise en service de fluides, ...) ou des fonctions de sécurité (isolement d'appareil, ...).

II.5.3.1 Vanne pneumatique simple effet :

Une pression d'air comprimé permet de bloquer ou de libérer la canalisation. L'air comprimé est admis ou non dans le servomoteur de la vanne grâce à une électrovanne dite vanne de commande. Dans ce type de vanne, la pression d'air comprimé émise dans le servomoteur ne produit le mouvement de la tige et du clapet que dans un seul sens.

II.5.3.2 Vanne pneumatique double effet :

Ce sont les vannes dont le servomoteur est muni de deux chambres où se développe la pression permettant ainsi à la vanne de s'ouvrir ou de se fermer. L'air comprimé est donc orienté au niveau de l'électrovanne à trois voies vers la chambre ou la chambre basse.

II.5.4 L'électrovanne :

Une électrovanne est un dispositif commandé électriquement, permettant d'autoriser ou d'interrompre par une action mécanique, la circulation d'un fluide ou d'un gaz dans un circuit. C'est un actionneur électromagnétique TOR, appelé souvent bobine ou solénoïde.

L'électrovanne est constituée principalement d'un corps de vanne où circule le fluide et d'une bobine alimentée électriquement qui fournit une force magnétique déplaçant le noyau mobile qui agit sur l'orifice de passage permettant ainsi, ou non le passage du fluide. La bobine doit être alimentée d'une manière continue pour maintenir le noyau attiré.

II.5.5 Les vannes d'arrêt d'urgence (ESDV) :

Les vannes d'arrêt d'urgence sont des vannes fermant par manque d'énergie avec des électrovannes d'arrêt d'urgence alimentées en 24 V CC normalement sous tension. Les électrovannes maintiennent l'alimentation en air instrument pour maintenir les ESDVs en position ouverte. Des interrupteurs de limites fournissent l'indication sur la position de la vanne.

Lorsque l'arrêt d'urgence est déclenché, l'électrovanne ESD sera mise hors tension, envoyant l'air instrument à la vanne d'arrêt d'urgence et fermant la vanne. L'électrovanne ESD doit être réarmée manuellement pour restaurer l'alimentation en air nécessaire à l'exploitation normale.

Les vannes d'arrêt d'urgence sont normalement statiques dans une position et ne fonctionnent qu'en cas d'urgence ; le fait qu'elles restent dans la même position pendant longtemps a tendance à les bloquer (à cause de la contamination du fluide et de la corrosion). C'est pour cela qu'il faut les faire fonctionner et les lubrifier pendant les arrêts pour maintenance.

II.6 Instrumentation et mesure des paramètres P, Q, L,T :

II.6.1 Mesure des pressions :

La pression est une grandeur dérivée du système international. Elle est la force appliquée à une surface ou répartie sur celle-ci. Elle se définit comme suit:

$$P = \frac{F}{A}$$

II.6.1.1 Tube de Bourdon :

Le tube de Bourdon est brasé, soudé ou vissé avec le support de tube qui forme généralement une pièce complète avec le raccord. Par l'intermédiaire d'un trou dans le raccord le fluide à mesurer passe à l'intérieur du tube. La partie mobile finale du tube se déplace lors de changement de pression (effet Bourdon). Ce déplacement qui est proportionnel à la pression à mesurer, est transmis par l'intermédiaire du mouvement à l'aiguille et affiché sur le cadran en tant que valeur de pression. Le système de mesure, le cadran et l'aiguille sont montés dans un boîtier.

Le tube est cintré selon un arc de cercle sur un angle de 270° environ (voir les schémas ci-dessous).

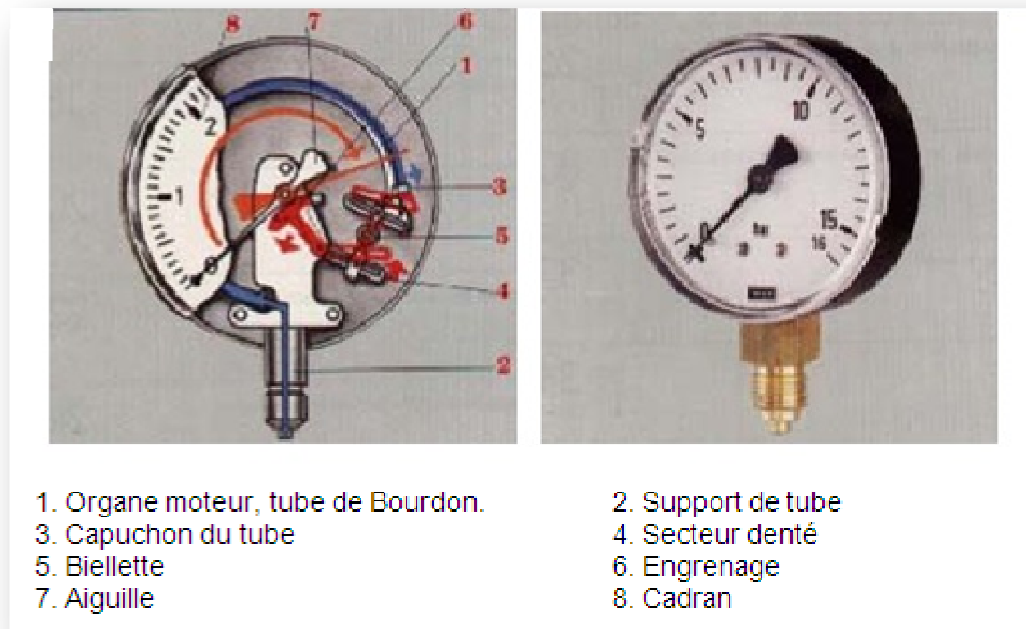


Figure II.9 : Manomètre à tube de bourdon

II.6.1.2 Manomètre à soufflet :

Dans cet appareil l'élément sensible est constitué par un soufflet métallique. Ce soufflet est obtenu en partant d'un tube cylindrique dont on ondule la paroi par une opération de tour particulière par exemple. Les ondulations permettent une déformation d'allongement ou d'écrasement suivant l'axe du T. (voir figure II.7)

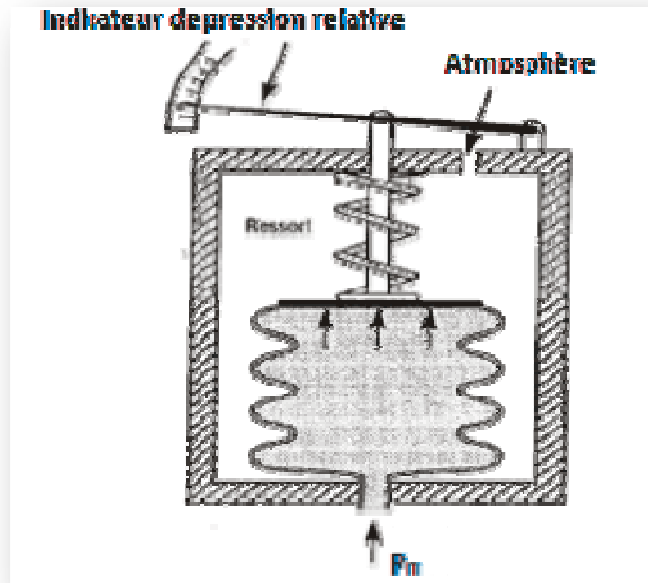


Figure II.10 : Manomètre à soufflet

II.6.2 Mesure des débits :

Un débit est la quantité de matières en masse, en poids ou en volume d'un fluide (liquide ; gaz ou vapeur) s'écoulant par unité de temps.

Soit une tuyauterie de section S dans laquelle un fluide s'écoule en régime stable, après un temps t , le fluide a avancé de la longueur L .

Le volume qui s'est écoulé dans l'unité de temps est :

$$Q_v = L \cdot S / t = L \cdot S / (t_0 - t_1) = V \cdot S \quad \text{Donc : } Q_v = V \cdot S$$

Où $V = L / t$ vitesse d'écoulement du fluide.

Cette formule est fondamentale dans la mesure des débits.

Q_v est appelé le débit volumique.

II.6.2.1 Les débitmètres à pression différentielle (à ΔP) :

Le débitmètre à ΔP est un système de mesure de débit compact, prêt à l'emploi. L'organe déprimogène, le manifold et le transmetteur de pression différentielle sont montés et adaptés aux conditions de service spécifiques de l'application.

Les débitmètres à pression différentielles exploitent directement la loi de conservation de l'énergie totale d'après la loi de Bernoulli: $Q = \sqrt{\Delta p}$. En effet, ils mesurent la différence de

pression, Δp entre l'amont et l'aval d'un organe déprimogène placé à l'intérieur de la conduite.

Il existe trois sortes d'appareils déprimogène :

✚ Le diaphragme

Le diaphragme est l'organe déprimogène débitmétrique le plus répandu.

C'est une plaque de métal mince dont le centre est percé. L'augmentation du débit dans l'étranglement génère une pression différentielle de part et d'autre du diaphragme.

Cette pression différentielle varie en fonction du débit.

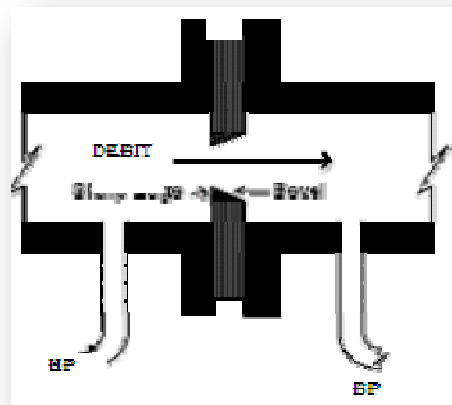


Figure II.11 : Schéma de principe d'un diaphragme

✚ Le venturi :

S'il est essentiel de maintenir la pression du liquide, on peut utiliser un tube de Venturi.

Le principe de calcul du débit reste le même que pour le diaphragme.

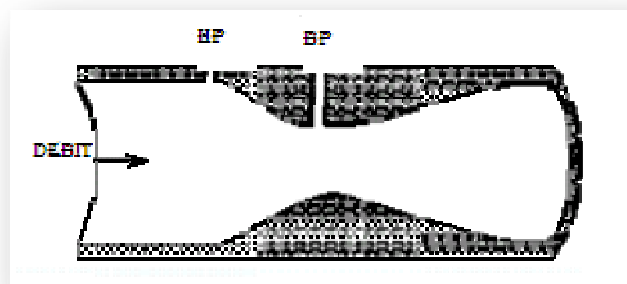


Figure II.12 : Schéma de principe du venturi

✚ La tuyère :

La tuyère a des caractéristiques intermédiaires entre le diaphragme et le venturi. À cause

de son contour profilé, la baisse de pression permanente est moindre que celle occasionnée par un diaphragme (mais supérieure à celle causée par un venturi). La différence de pression est aussi plus basse que pour un diaphragme (mais plus élevée que pour un venturi). Les tuyères sont fréquemment utilisées pour mesurer des débits à grande vitesse. Ils sont plus solides et résistent mieux à l'érosion que les arêtes aiguës des diaphragmes. Le principe de calcul du débit reste le même que pour le diaphragme.

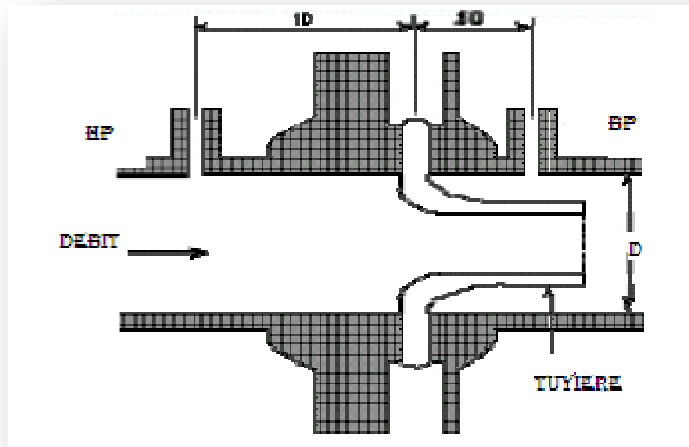


Figure II.13 : Schéma interne de la tuyère

II.6.3 Mesure de niveau :

Par définition, le niveau est la hauteur entre la surface libre du liquide contenu dans une capacité, et un point pris comme référence (niveau à simple liquide).

Dans tous les cas, le niveau est une quantité repérable.

Il est exprimé par une hauteur, donc par une mesure de longueur.

II.6.3.1 Niveau à Plongeur :

Dans cet appareil on utilise le principe d'Archimède, mais ici le corps n'est pas un flotteur car la poussée est plus faible que son poids, si on l'abandonne à lui-même il s'immerge complètement. Le plongeur est un cylindre immergé dont la hauteur est au moins égale à la hauteur maximale du liquide dans le réservoir. Il est suspendu à un capteur dynamométrique qui se trouve soumis à une force F (le poids apparent), fonction de la hauteur L du liquide comme suite : $F = \rho \cdot g \cdot s \cdot L$

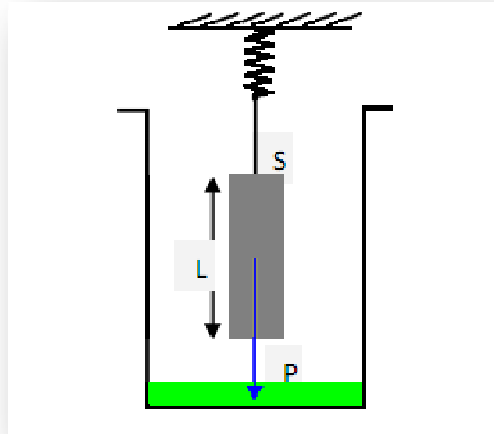


Figure II.14: Niveau à plongeur avec capteur de force

- P le poids du plongeur,
- S l'aire de sa section
- $\rho \cdot g \cdot s \cdot L$ est la poussée d'Archimède s'exerçant sur le volume immergé du plongeur
- ρ la masse volumique du liquide
- g accélération de la pesanteur.

Le système dynamométrique peut être par exemple un tube de torsion (Voir figure ci- dessous).

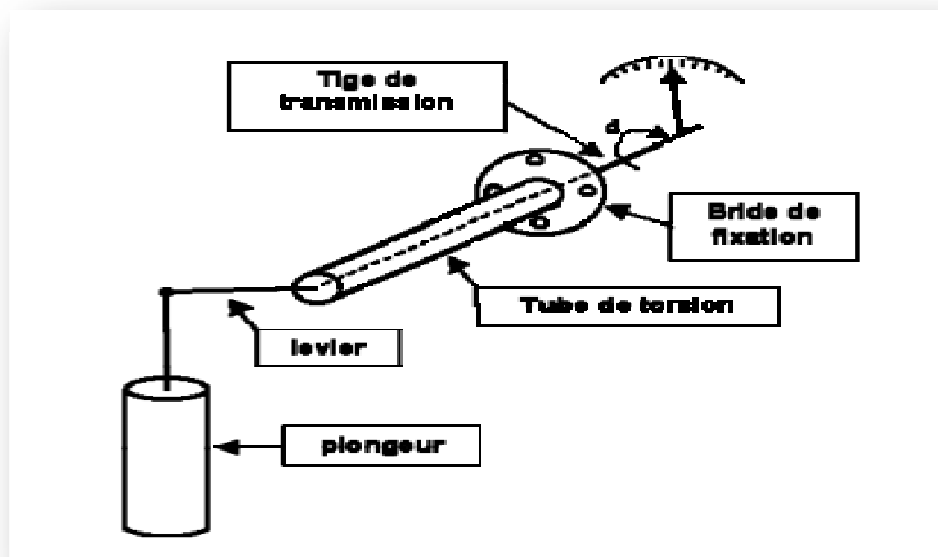


Figure II.115: Niveau à plongeur avec tube de Torsion

II.6.3.2 Niveau visuel à glace armée :

Le terme niveau à glace désigne un dispositif reposant sur la propriété de transparence du verre et du principe des vases communicants.

C'est évidemment le moyen le plus Simple pour détecter le niveau et la surface de séparation de deux fluides différents, mais son rôle est limité à celui d'indicateur local.

Dans l'industrie, les niveaux à glace sont généralement du type armé pour résister aux conditions de pression et de température, et pour présenter une résistance mécanique aux chocs. Selon les applications, on utilise des niveaux à réflexion ou des niveaux à transparence.

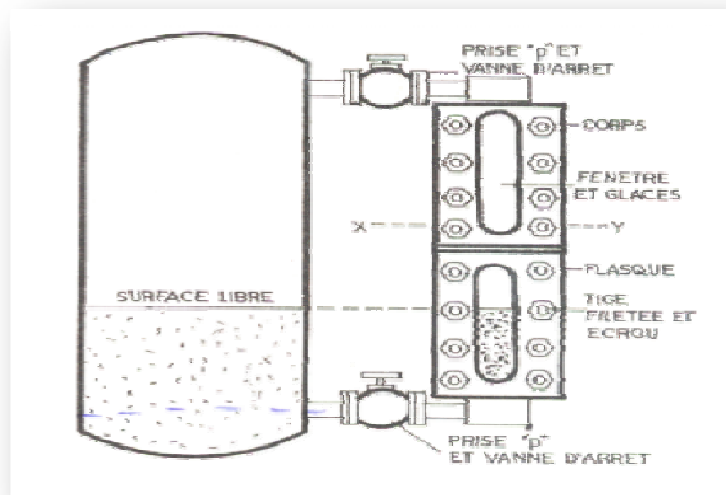


Figure II.16: Niveau visuel à glace armée

II.6.3.3 Level switch :

Un level switch est un dispositif multifonctions qui peut être utilisé pour la détection de niveaux maximum et minimum à l'intérieur de réservoirs contenant des liquides variés donc permet la mise en œuvre d'une sécurité anti-débordement. Il peut également contrôler directement et avec fiabilité la mise en marche et l'arrêt d'une pompe afin d'éviter le phénomène de cavitation.

II.6.4 Mesure de température:

Il ya plusieurs méthodes de mesure de la température, on va ce limiter a l'étude de quelque unes :

II.6.4.1 Les thermocouples :

Un thermocouple est constitué par deux fils métalliques conducteurs homogènes réunis à leurs extrémités avec jonctions ou soudures.

Lorsqu'on a une différence de température entre les jonctions (en générale dans l'industrie on utilise le cuivre et l'aluminium), il se produira une tension proportionnelle à cette différence de température entre la jonction.

II.6.4.2 Les différents types de thermocouples :

Pour la réalisation d'un thermoélectrique, on choisit des fils utilisables dans la zone de température attendue tels que nickel, chrome, aluminium, cuivre...qui forment plusieurs types: K, T, J, E, R pour la mesure et présentant des caractéristiques de précision et de sensibilité convenables. On tient compte également de l'action corrosive du milieu ambiant (atmosphère oxydante, réductive, sulfureuse...) sur les constituants du couple pour faire son choix.

II.6.4.3 Thermomètres à dilatation de gaz :

Rappels de L'équation fondamentale d'un gaz parfait

- n : Nombre de moles.
- R = 8,31 J.mol⁻¹. K⁻¹.
- T : Température en K.
- P : Pression en Pascal

$$PV=NRT$$

Si on enferme une certaine quantité de gaz dans une enveloppe de volume constant V,

La pression développée par le gaz est proportionnelle à la température absolue

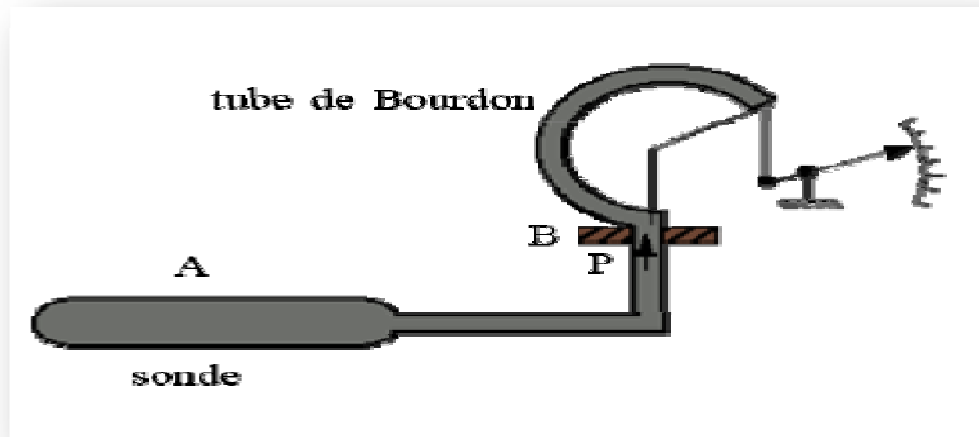


Figure II.17 : Thermomètre à dilution de gaz

✚ Principe :

Sous une forme schématisée, un thermomètre à gaz est composé d'une sonde A, formant une enveloppe dans laquelle est enfermé le gaz thermométrique.

Cette sonde est reliée par un tube de raccordement de faible section à l'extrémité B d'un tube de Bourdon, appelé spirale de mesure. Cette extrémité B est fixe. La longueur du tube de raccordement ne doit pas excéder 1000 mètres.

Sous l'effet de la température du milieu dans lequel la sonde est placée, la pression du gaz va varier, ce qui modifiera l'équilibre de l'extrémité libre du tube de Bourdon.

Cette variation de pression se traduira par un mouvement de rotation de l'index indicateur qui se déplacera devant un cadran portant des graduations thermométriques.

L'avantage des thermomètres à gaz est leur précision, 1% en mesures industrielles. Mais leur sonde est d'assez grande dimension, ce qui est un inconvénient. Ils permettent le repérage des très basses températures. Certains thermomètres à gaz sont de véritables instruments de précision, auxquels on a recours pour les déterminations de référence de la température. Le thermomètre à hydrogène en est l'exemple classique.

Conclusion

La compréhension des principes de fonctionnement des principaux capteurs et actionneurs ainsi que tous les autres instruments de mesures (leurs techniques de mesures ou de régulations) utilisés est une phase importante lors de l'étude d'un système automatisé. Dans le prochain chapitre, seront présentés les différents systèmes utilisés pour la commande et le contrôle tu Turbo-Expander.

Introduction :

L'emploi des gaz sous pression se développe de plus en plus tant dans le domaine de l'utilisation que dans le domaine de distribution à distance du gaz naturel. La plupart des procédés se déroulent sous de grandes pressions et nécessitent donc la présence des machines dynamiques qui leur sont très utiles pour la récupération des produits lourds du gaz par le moyen de la détente et aussi les légers qui sont comprimés pour les expédier ailleurs.

Le Turbo-Expander est l'élément principal de l'unité de traitement de gaz. Il est conçu pour l'expansion et la compression du gaz naturel. En effet c'est une machine qui assure la condensation maximale des fractions liquides de gaz et la compression des gaz associés à faible pression puis l'expédier comme gaz de vente.

L'utilisation de cette turbine très répandue est justifiée par son efficacité d'atteindre des températures très basses qui favorisent la récupération des produits lourds.


Le succès de son application dans différents procédés de traitement, liquéfaction et séparation de gaz est dû principalement à son rendement élevé et à sa grande fiabilité de fonctionnement.

III.1. Description et fonctionnement :

Le Turbo-Expander (KE-01) est une machine dynamique à laquelle le gaz subit une détente isentropique. Cette détente (diminution de pression) qui s'accompagne d'une production de froid.

Le Turbo-Expander se compose de trois parties :

- Côte Expander (turbine)
- Le rotor
- Côte compresseur

 L'Expander est un système mécanique qui assure une détente du gaz sortant du ballon 20-B-06.

Le gaz entre via une vanne d'admission de l'Expander XV2251 une pression 92 bars et une température de -4°C et sort via la vanne de sortie de l'Expander HV2201 avec une pression de 32 bars et une température de -50°C . L'objectif de cette opération est de refroidir le gaz pour récupérer le maximum de liquide. La rotation de l'Expander (turbine) est directement transmise par l'arbre reliant les deux parties du KE-01 voir figure.

Le compresseur à son tour fait l'inverse de l'Expander, il permet de comprimer le gaz en augmentant sa pression pour l'envoyer vers la turbine de compression final 30-KT-01

(SOLAR). Le compresseur du (turbo-Expander) aspire le gaz sec à une pression de 32 bars via la vanne d'aspiration du compresseur HV2203 et une température qui avoisine les 32°C et sort par la vanne de refoulement du compresseur XV2204 à une pression de 47 bars et une température de 63°C vers la 30-KT-01.

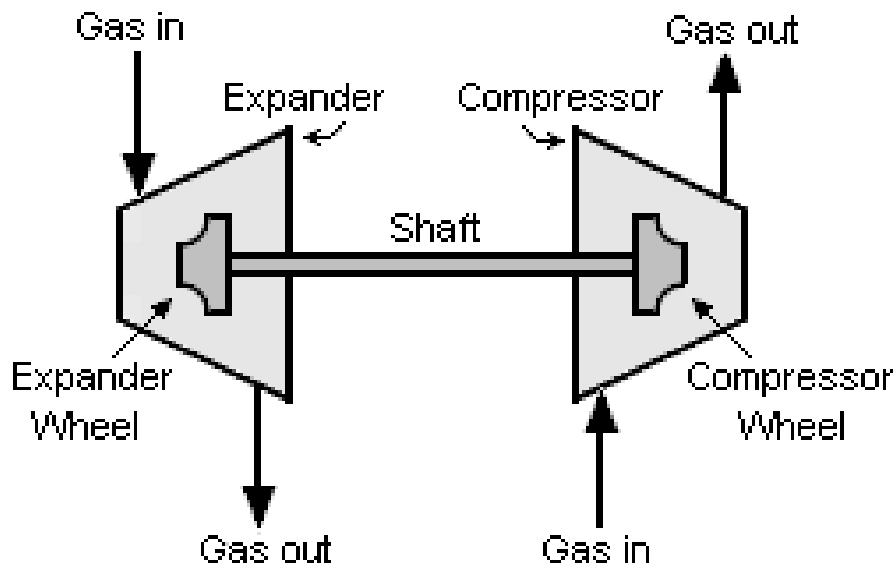


Figure III.1 : Schéma général du Turbo-Expander.

L'importance de cette machine dans un procédé nous oblige à la maintenir dans des conditions de fonctionnement adéquates. Pour garantir un bon fonctionnement du Turbo-Expander, on contrôle ses différents paramètres : vibrations, poussée axiale, survitesse, température d'huile...

En cas d'arrêt de l'Expander une vanne (Joule Thomson) est conçue pour by passer le gaz, c'est une vanne de détente, mais ça se traduit par une diminution de rendement par rapport à la marche de l'Expander.

III.2. Les différents systèmes de la machine (KE-01) :

III.2.1. Vanne de charge HIC2251:

Le gaz arrive à une pression de 92 bars, et afin d'éviter les à-coups sur la machine une vanne a été conçue pour régler la vitesse de rotation de la machine, la HIC2251 montée sur le côté Expander constituée d'aubes qui contrôle le débit du gaz en ajustant l'espace entre

les palettes. Cet ajustement est réalisé par l'intermédiaire d'un diaphragme d'air commandé par un signal d'air fourni du circuit de commande.

III.2.2 Le système de lubrification :

Toutes les machines tournantes ont besoin d'un système de lubrification afin d'éviter les effets des frottements qui résultent la dégradation du matériel et des répercussions d'ordre économiques très importantes. Ce système est conçu pour fournir de l'huile lubrifiante, refroidie, filtrée et sous pression aux paliers de la machine. L'huile de lubrification après avoir été chauffée par une résistance, est aspirée du réservoir par l'une des deux pompes 20-P-02A/B (l'une en service et l'autre en stand by) et le refoule à une pression de 85 bars via une vanne à trois voies TCV2251 contrôlée par le régulateur TIC2251, ce dernier ouvre la voie de l'aerorefrigerant quand la température d'huile dépasse la consigne 50°C, en suite il passe à l'un des filtre 20-S-01/02 puis vers les paliers de la machine.

Lorsque la pression derrière la roue de la turbine et du compresseur diminue jusqu'à 5 bars, des vannes de vidange automatique s'ouvrent afin de permettre à l'huile de s'écouler librement dans le réservoir à travers une sortie située au milieu de la machine.

III.2.3 Système de gaz d'étanchéité :

L'huile lubrifiante utilisée risque de passer par les joints existants de la machine et joindre le gaz de production, alors un gaz d'étanchéité est conçu comme un barrage afin de limiter la fuite d'huile.

Cependant, le gaz d'étanchéité de la Turbo-Expander est récupéré à partir de la sortie de la turbine turbine 30-KT-01 (SOLAR) dont la pression égale a 70 bar passant par une PV qui diminue la pression de ce gaz a ≥ 53 puis injecté au milieu de labyrinthe. pour éviter l'introduction de l'huile dans le gaz de production. Une sortie de gaz d'étanchéité est permise à chaque labyrinthe, puis ce dernier est mélangé avec l'huile sortante et rejoignent le réservoir et puis il sortira à travers les soupapes du haut du réservoir qui va se mélanger au gaz de refoulement du compresseur.

Le système de gaz d'étanchéité est constitué de :

- Un filtre qui sert à éliminer l'introduction des impuretés à l'intérieur de la machine
- Une vanne qui maintient la pression différentielle entre l'entrée et la sortie de la machine à une valeur bien définit.

- D'un pressostat d'alarme et de déclenchement (PDAL 2251 ET PDALL 2252)
- D'une vanne de sécurité (PSV)

III.2.4. Système de contrôle de la poussée axiale :

La poussée axiale est une force qui entraîne le déplacement du rotor soit vers la butée du palier de l'Expander ou bien du compresseur.

Pour éviter une valeur extrême de la poussée, une vanne de contrôle est installée entre l'entrée et l'arrière roue du compresseur pour maintenir un équilibre de pression différentielle.

Quand l'une des butées est chargée (cote Expander ou compresseur), cela permet d'ouvrir la vanne correspondante pour charger ou décharger la butée cote compresseur en communiquant le gaz de son admission à celui de l'arrière roue, c'est-à-dire augmenter ou diminuer la pression arrière roue compresseur comme le montre la figure (III.2).

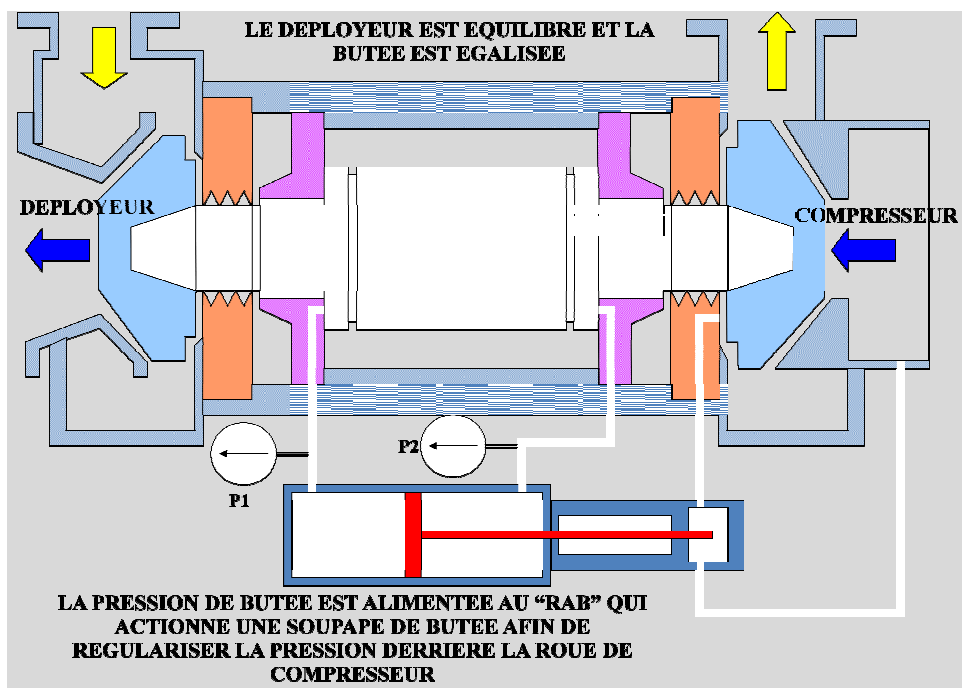


Figure (III.2): système de contrôle de la poussée axiale.

- ✚ L'augmentation de la pression cote compresseur, entraîne l'augmentation de la poussée axiale qui ouvre la soupape de la vanne d'équilibrage pour réduire la pression derrière la roue du compresseur, on aura l'augmentation de la pression p_2 et la contre poussée p_1 qui ramène le rotor à son état d'équilibre voir figure (III.3)

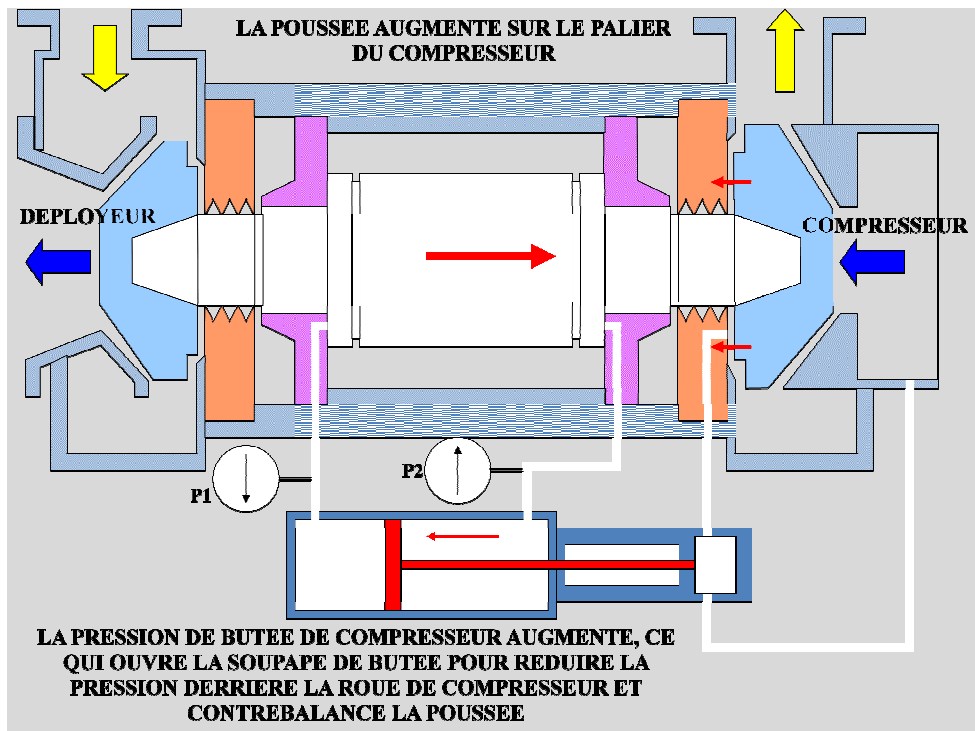


Figure (III.3)

- ✚ L'augmentation de la pression coté Expander, entraine l'augmentation de la poussée axiale qui ferme la soupape de la vanne d'équilibrage pour augmenter la pression derrière la roue du compresseur, on aura l'augmentation de la pression p_1 et la contre poussée p_2 qui ramène le rotor à son état d'équilibre voir figure (III.2)

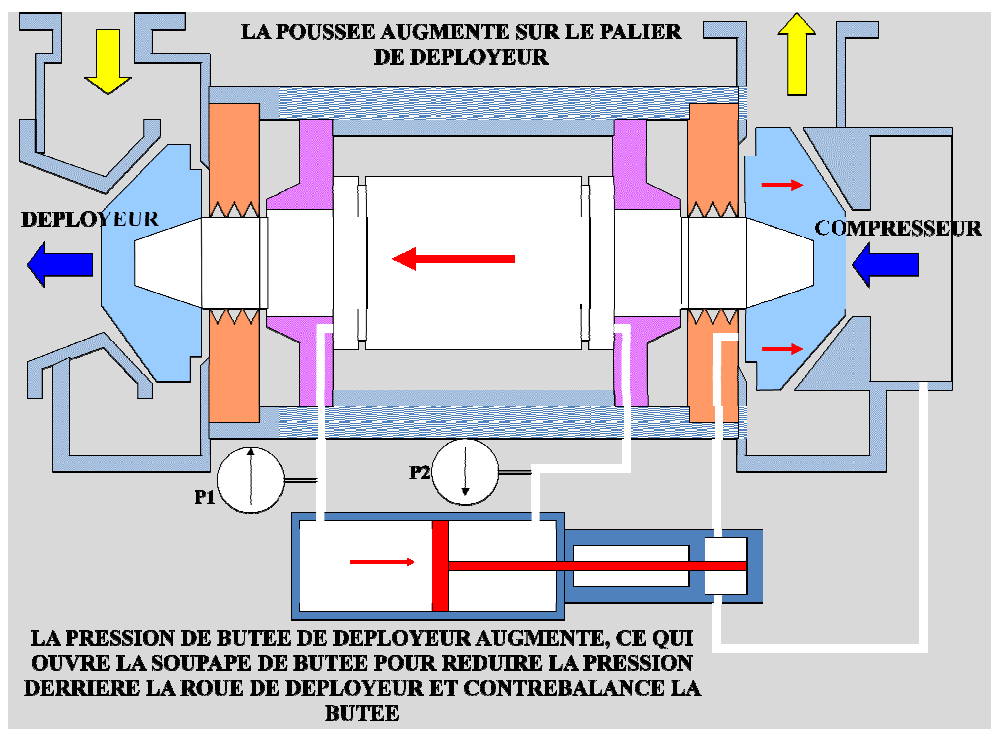


Figure (III.4)

III.3. les points de consignes des différentes alarmes :

Les de consignes entrainant l'arrêt ou l'indication des différentes alarmes de la machine (pression, température, niveau, vibration et survitesse) sont donnés par les tableaux suivants :

PDSL 2251	1.2 bar
PDSLL 2252	1.0 bar
PDSL 2253	19.5 bar
PDSLL 2254	16 bar
PDSH 2255	1.0 bar
PSH 2258	31 bar
PDSH 2256A	16.0 bar
PDSH 2256B	16.0 bar
PDSHH 2257A	19.5 bar
PDSHH 2257B	19.5 bar

Tableau III.1.consignes de pression différentielle

TSHL 2254	30°C
TSH 2253	70°C
TSH 2251A	85°C
TSH 2252B	85°C
TSHH 2251A	90°C
TSHH 2252B	90°C

Tableau III.2.consignes des températures

VSH 2251	40 microns
VSHH 2251	60 microns
VSH 2252	40 microns
VSHH 2252	60 microns
VSH 2253	150 microns
VSH 2254	150 microns

Tableau III.3.consignes des vibrations

SSH 2251	19 220 tr/mn
SSHH 2251	20 130 tr/mn

Tableau III.4.consignes des survitesses

LSL 2251	32 mm
----------	-------

Tableau III.4. consignes de niveau

PSV 2251	52 bars
PSV 2252A	29 bars
PSV 2252B	29 bars

Tableau III.4. consignes des PSV

III.4 Les Facteur de déclenchements de Turbo-Expander :

Selon la source et la nature des paramètres, les facteurs de déclenchement sont classés en deux catégories :

III.4.1 Les facteurs propres au KE-01 :

SSHH 2251 : survitesse de l'arbre. Un capteur de vitesse relié à son instrument de mesure transmet la vitesse de rotation aux indicateurs (panneau local et salle de contrôle). Une valeur maximale (20 130 tr/mn) déclenche le KE- 01.

VSHH 2251 et 2252 : vibrations excessives des paliers (avant et arrière). deux Capteurs de vibrations sont installés pour transmettre le taux de vibrations du Système. Un seuil maximum (60 microns) limité par le constructeur met à l'arrêt Automatiquement le Turbo-Expander.

TSHH 2251A/2252B : températures d'huile des paliers très hautes .deux capteurs de température sont installés pour transmettre la température d'huile des paliers. si la température atteint la valeur maximale (90°C) fixée par le constructeur le KE-01 s'arrête.

PDSLL 2254 : pression différentielle d'huile de lubrification aux paliers du KE-01 très basse .des indicateurs de pression (PI) sont installés aux entrées et sorties des paliers pour surveiller ces pressions.la valeur minimale (16.0 bars) limitée par le constructeur déclenche le KE-01.

PDSLL 2252 : pression différentielle du gaz d'étanchéité très basse.la pression du gaz d'étanchéité doit être suffisamment grande pour faire barrage entre le gaz

et l'huile de lubrification. une valeur limitée par le constructeur (1.0 bars) qui déclenche le KE-01.

PDSHH 2257A/B : pression différentielle de butée très haute. Deux indicateurs Pression sont installés pour surveiller la poussée axiale de l'arbre de transmission ce dernier doit être en position d'équilibre. Un déplacement dépassant (19.5 bars) à gauche ou à droite provoque l'arrêt de KE-01.

III.4.2 Les facteurs externes au KE-01 :

- ✚ Arrêt de l'unité de compression (Unité 30)
- ✚ LAHH2150 : Niveau très élevé dans le 20-B-06
- ✚ LAHH2104 : Niveau très élevé dans le 20-B-07
- ✚ PDAH2223 : Pression différentielles très élevé du filtre de l'entrée Expander.

III.4. Procédure de démarrage du Turbo-Expander :

Le démarrage du Turbo-Expander est l'étape la plus critique, vu l'importance de cette machine (coût élevé) et le rôle qui joue au cours du procédé du traitement de gaz en plus la complexité des facteurs qui entre en jeu lors du démarrage qui nécessite un soin très particulier.

III.4.1. Les instructions avant le démarrage :

Avant le démarrage de la machine des mesures devront être prises par chacune des sections suivantes :

✚ Section mécanique :

Les mécaniciens doivent vérifier le niveau d'huile de lubrification dans le réservoir et faire l'appoint si nécessaire, ainsi que le nettoyage des filtres d'huile.

✚ Section électricité :

Cette section a pour rôle de vérifier l'alimentation électrique du panneau local, ainsi que celle des équipements (pompes, résistance chauffante et les aérorefrigerants...).

✚ Section instrumentation :

Notre section effectue des vérifications et des réajustements si nécessaire de la pression de consigne de toutes les soupapes de sureté (PSV), et la vérification des points de consigne des alarmes et des facteurs de déclenchements, ainsi que le bon fonctionnement des différents indicateurs.

III.4.1. Procédure de lubrification de la machine :

Pour la lubrification de la machine le constructeur a mis en place une procédure qui doit être suivie comme suit :

- 1- Mettre le réchauffeur d'huile en marche 20-E-04.
- 2- Choisir l'une des pompes (20-P-02A ou B) à mettre en marche l'autre en AUTO.
- 3- Mettre en marche l'un des aéroréfrigérant (20-AM-02A ou B) est l'autre en AUTO.
- 4- S'assurer que la vanne d'admission de l'accumulateur est ouverte.
- 5- S'assurer que la vanne (TCV2251) à 3 voie est fonctionnel.
- 6- Ajuster le point de consigne de TIC2251 à 50°C.
- 7- Vérifier le niveau d'huile dans le réservoir de (20-B-09).

III.4.2. Séquence de démarrage :

Avant de démarrer le Turbo-Expander, l'exploitant ou l'opérateur doit procéder de la manière suivante :

Il faut s'assurer que :

- 1- La vanne d'admission de l'Expander (XV2251) est fermée.
- 2- La vanne de sortie de l'Expander (HV2201) est fermée.
- 3- La vanne d'aspiration du Compresseur (HV2203) est fermée.
- 4- La vanne de refoulement du Compresseur (XV2204) est fermée.
- 5- La vanne de charge de l'Expander (HIC2251) commandée et fermée.
- 6- La vanne de by-pass de l'Expander (J.T) est complètement ouverte.
- 7- La vanne anti-pompage ou le by-pass du compresseur (FV2250) est complètement ouverte.
- 8- Aucun facteur de déclenchement.

Après toutes les vérifications et les ajustements, le voyant « Ready » s'allume.

A partir de là, on met la machine en service en appuyant sur le bouton «Start » de manière que les opérations suivantes se déroulent automatiquement d'une façon séquentielle :

- 9- La vanne d'aspiration du compresseur (HV 2203) s'ouvre.
- 10-La vanne de refoulement du compresseur (XV2204) s'ouvre.
- 11- La vanne de sortie de l'Expander (HV2201) s'ouvre.
- 12-La vanne anti-pompage du compresseur (FV2250) se ferme.
- 13-La vanne d'admission de l'Expander (XV2251) s'ouvre.
- 14-Le voyant « chargement possible » s'allume après la fin d'ouverture de (XV2251).

III.4.3.Le chargement du Turbo-Expander :

Le chargement de la machine se fait en coordination avec la salle de contrôle comme suit :

- 15-Augmenter l'ouverture de la vanne de charge HIC2251 graduellement et Fermeture de la vanne anti-pompage FV2250 par la commande FIC2250.
- 16- Fermer graduellement la vanne (J.T) par le régulateur PDIC 2110 à partir de la salle de contrôle afin de maintenir le débit charge.
- 17-La vanne (J.T) et la vanne anti-pompage (By-pass compresseur) FV2250 ce ferment complètement.
- 18-S'assurer que les paramètres du KE-01 sont normaux et stables (Vibration, Température, PD de paliers, Vitesse, Poussée axiale ;.....).

On analysant le programme de chargement actuel, on a constaté que deux opérateurs doivent travailler en même temps dans deux endroits différents, ce qui augmente le risque de prendre de mauvaise décision, en plus une perte considérable de temps.

III.5.Arrêt du Turbo-Expander :

III.5.1.Arrêt normal :

L'arrêt de la machine pour une inspection ou un entretien, l'opérateur est tenu à suivre les étapes suivantes :

- 1- Vérifier que le signal de débit de la vanne du by-pass du compresseur FV2250 et le même que celui de la vanne de charge HIC2251.
- 2- Diminuer graduellement le signal de rendement PRC1104 jusqu'à la fermeture total de la vanne de charge HIC2251.
- 3- Appuyer sur le bouton « arrêt KE-01 ».

III.5.2.Arrêt d'urgence :

L'arrêt d'urgence de la machine se traduit par l'affirmation de l'un des facteurs de déclenchement et la machine s'arrête comme suit:

- 1- la vanne d'admission (XV2251) et de sortie (HV2201) de l'Expander se ferment.
- 2- la vanne d'aspiration (HV2203) et de refoulement (XV2204) du compresseur se ferment.
- 3- La vanne de by-pass compresseur FV2250 s'ouvre complètement.
- 4- La vanne de by-pass coté Expander (J.T) s'ouvre complètement.
- 5- La vanne de charge HIC2251 se ferme complètement.

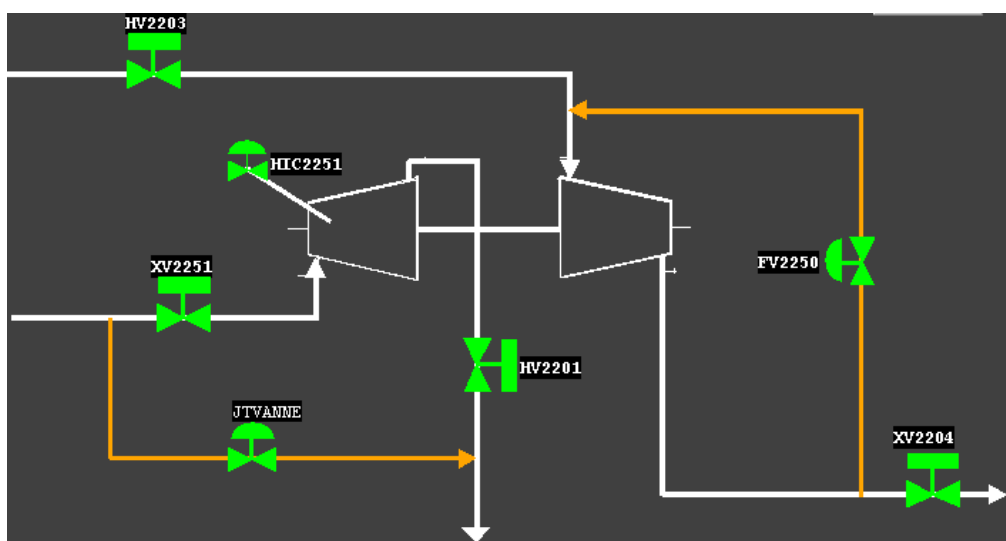


Figure III.5 : schéma général du Turbo-Expander avec les principales vannes.

III.6.Modélisation des modes fonctionnels du Turbo-Expander:

Pour comprendre plus précisément le fonctionnement du processus c'est-à-dire l'interaction entre la partie commande et la partie opérative et pour développer une solution de conduite programmable, la modélisation de ce cycle en Grafcet s'avère nécessaire. Notre choix se porte sur la modélisation avec le niveau (1) car c'est une conception de base, et aussi on a opté à une modélisation en Grafcet séparés.

III.6.1.Procédure de démarrage:

Appuyer sur le bouton de démarrage en tenant compte que le témoin du prêt à démarrer est allumé; ce qui permet la manœuvre automatique simultanés des vannes d'admission, de refoulement suivantes:

-HV2203 ———>O

-HV2201 ———>O

-XV2204 ———>O

Au bout de 15 secondes environ la vanne anti-pompage FV2250 se ferme automatiquement.

Après 60 secondes XV2251 s'ouvre complètement et le signal "chargement possible" arrive.

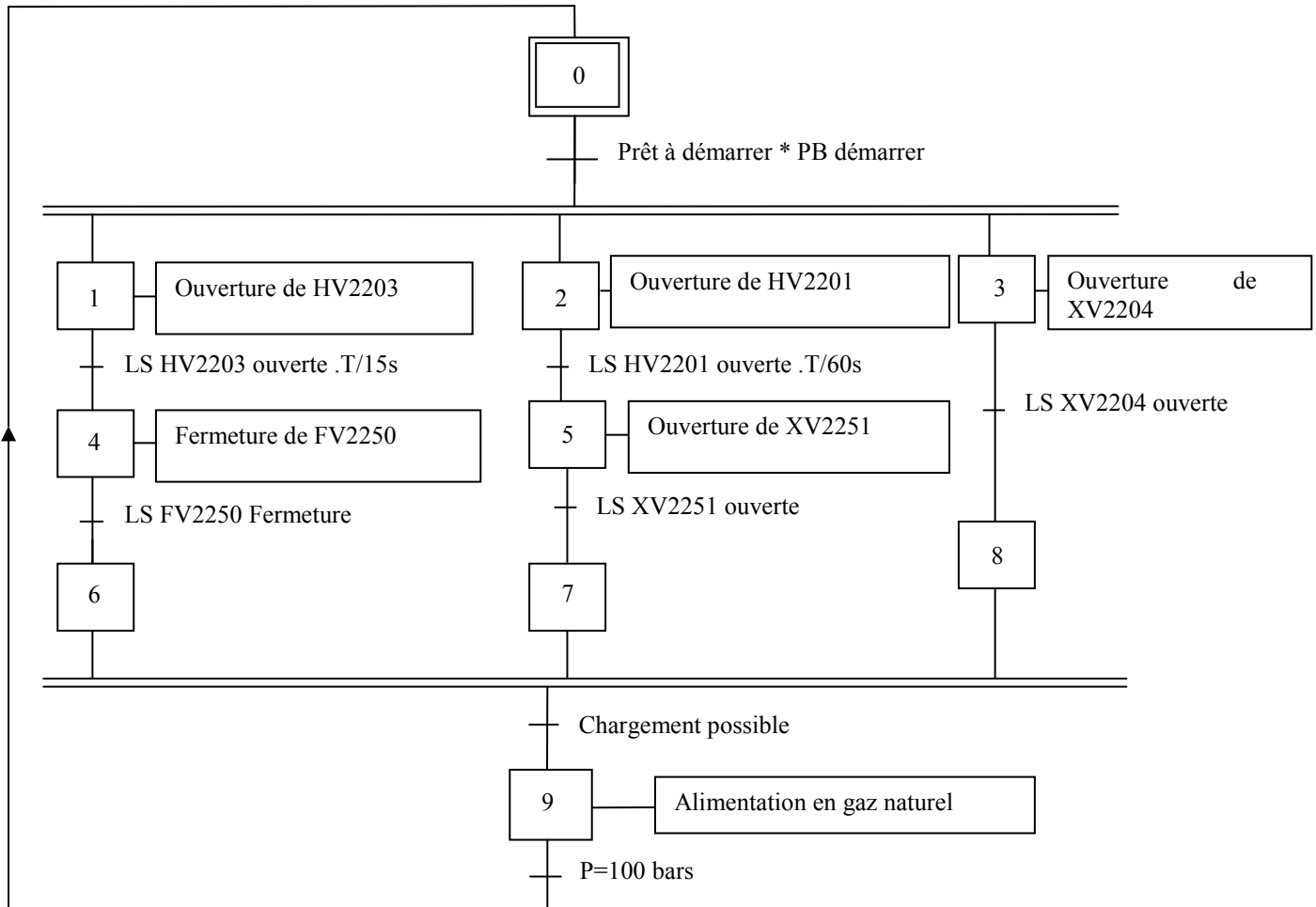


Figure III.6:procédure de démarrage

III.6.2.Procédure de chargement possible:

En collaboration avec la salle de contrôle on commence le chargement en ouvrant graduellement la vanne HIC2251 et simultanément on ferme la J.T de façon progressive, une fois que le chargement est terminé, la vanne FV2250 se ferme complètement.

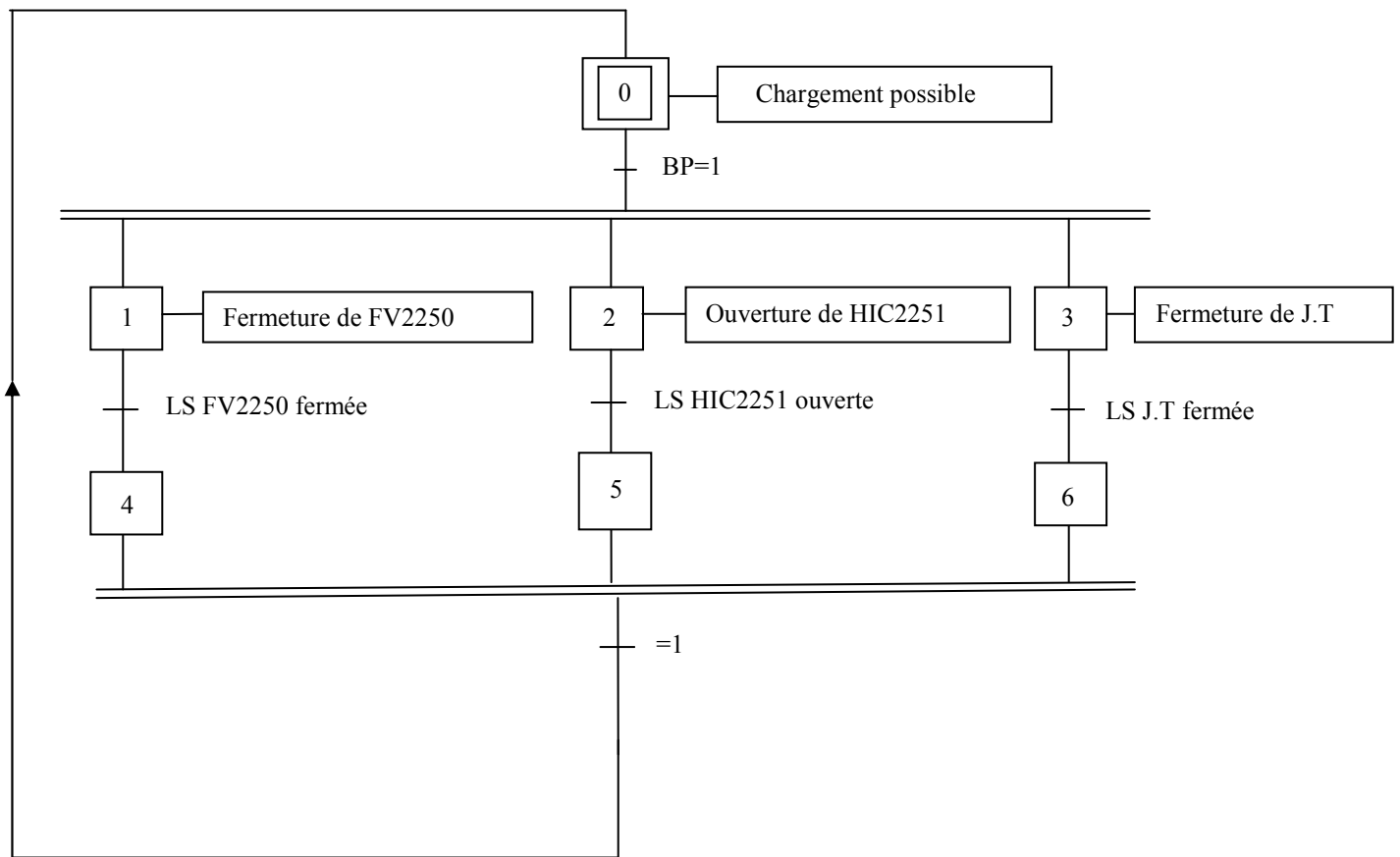


Figure III.7:chargement possible

III.6.3.Procédure d'arrêt:

Dans le cas d'un mauvais fonctionnement quelconque, les vannes d'arrivée du gaz devront se fermer automatiquement.

La vanne by-pass de la turbine J.T s'ouvre en premier puis contrôlée, la FV2250 s'ouvre. sur qui concerne les vannes d'admissions (HV2203 et XV2204) se ferment même cas pour les vannes (XV2251 et HV2201) comme le montre la figure(III.8)

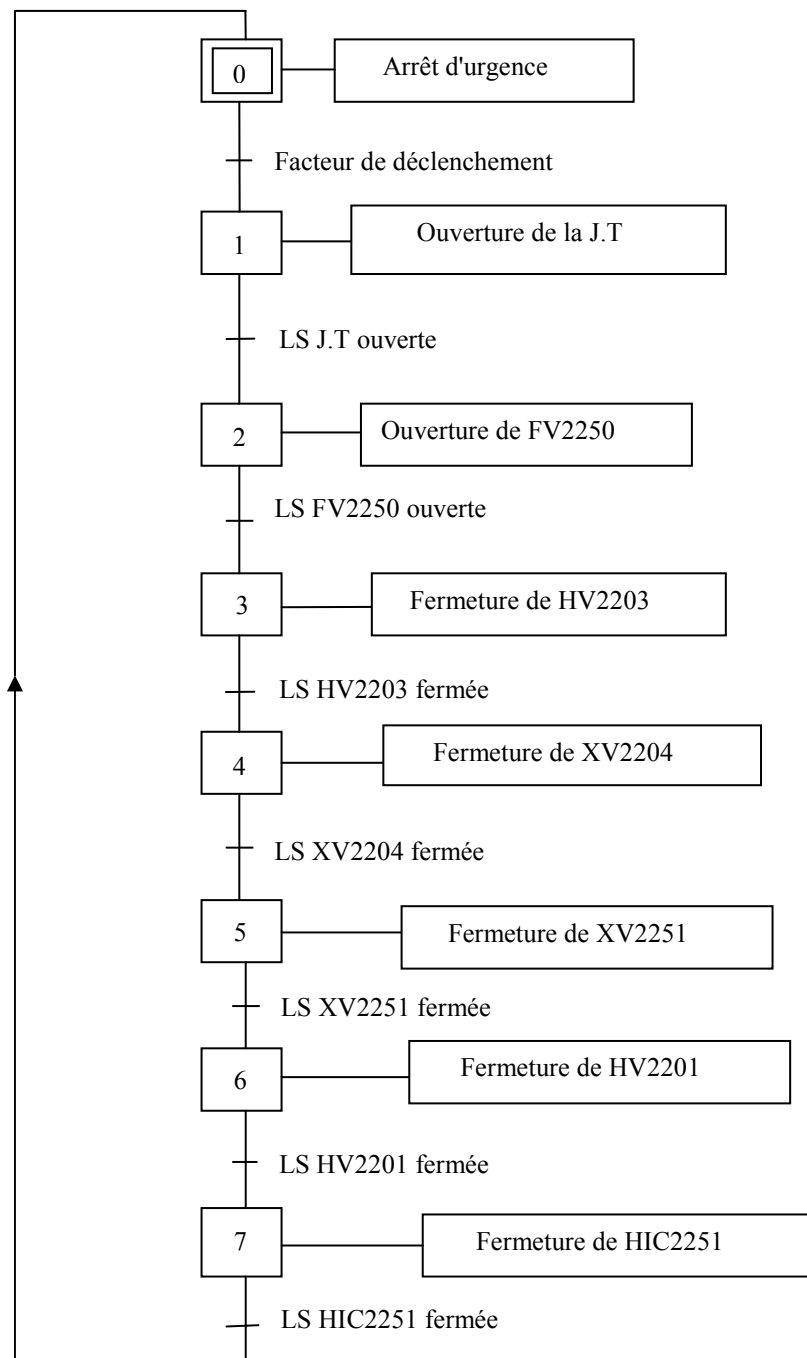


Figure III.8: Procédure d'arrêt

III.6.4. Procédure en cas de déclenchement ou présence d'alarmes anormales:

Les composants de la machine sont équipés d'une séquence logique; s'il y a une anomalie ou un facteur de déclenchement qui se manifeste, il s'ensuit toute une séquence d'ouverture et de fermeture des vannes jusqu'à ce que les alarmes s'arrêtent de clignoter, et dans le cas contraire, il y aura un arrêt total de la machine.

a) Gaz d'étanchéités:

En cas de présence d'une différence de pression de gaz d'étanchéité et le gaz passant par le Turbo-Expander qui sera égale à $\Delta p=1.0$ bars entrainera directement l'arrêt du KE-01 comme le montre la figure(III.9)

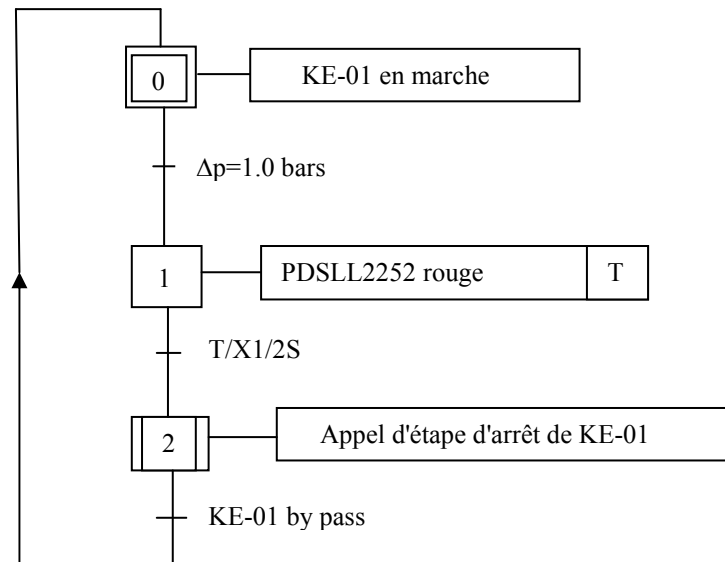


Figure III.9: en cas de présence de PDSLL2252

b) vibration excessives du système:

En cas d'un chargement élevé il y aura apparition de vibrations excessives du système, ces dernières déclencheront une alarme qui entraine l'arrêt de KE-01 après 5 secondes; voir la figure (III.10).

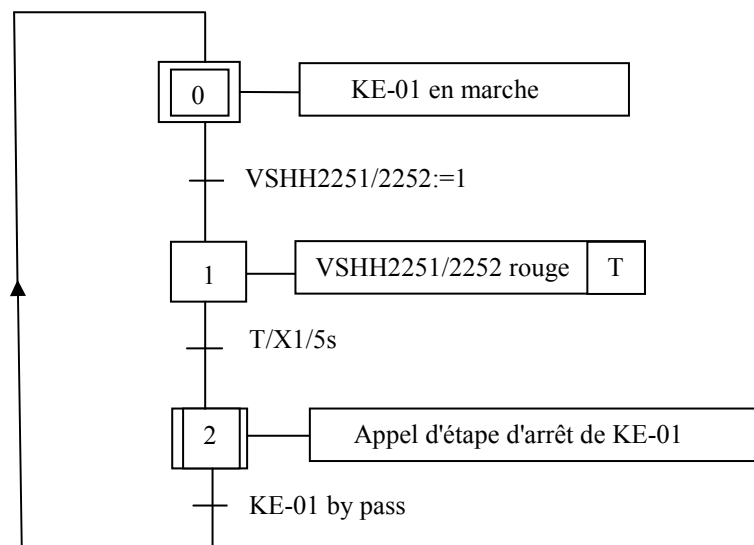


Figure III.10: en cas de présence de VSHH2251/2252

c) Survitesse du système:

En présence d'une survitesse de l'élément rotatif $V \geq 20\ 130$ tr/mn déclenchera une alarme qui arrête le Turbo-Expander après 2 secondes; voir la figure (III.11).

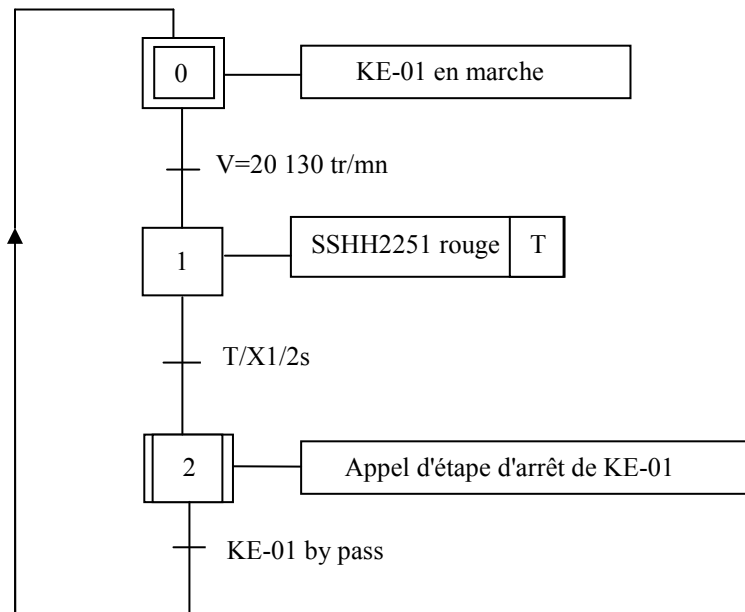


Figure III.11: En cas de survitesse de 20-KE-01

d) séquence de pompes de lubrification:

Le KE-01 est lubrifié par deux pompes l'une en marche et l'autre en stand-by; en présence de la PDSL2253, il y aura le démarrage de la deuxième pompe pour augmenter la pression de l'huile ($p \geq 19.5$ bar).

Si avec le démarrage de cette dernière, la pression n'augmente pas, la deuxième étape va se faire automatiquement, ouverture des vannes de l'accumulateur et si la basse pression persiste, alors on aura l'arrêt de la machine, voir la figure III.12.

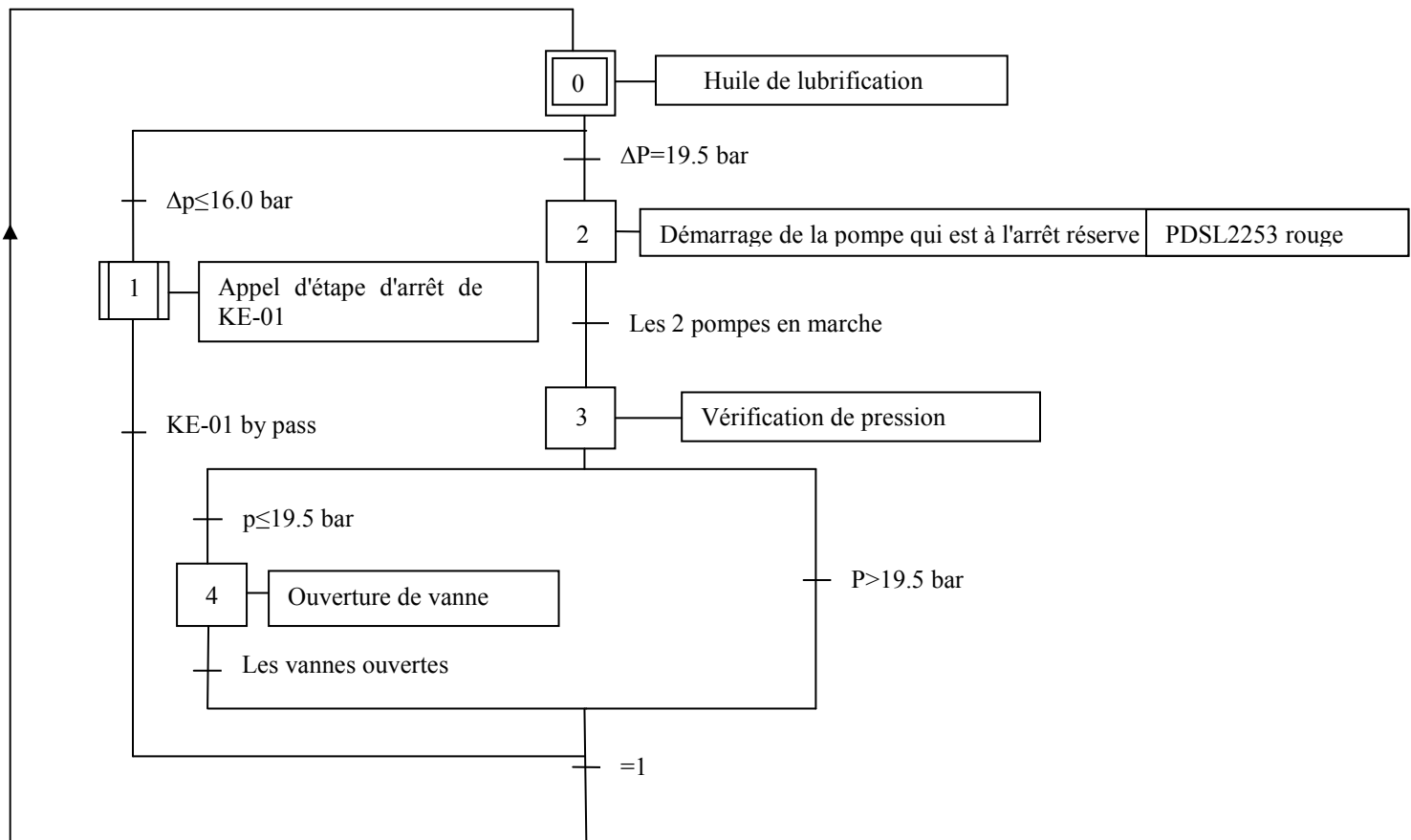


Figure III.12: procédure des pompes de lubrification en cas d'anomalie

e) Le réchauffeur:

Le réservoir de l'huile de lubrification est doté d'un réchauffeur; en présence de TSHL2254 on enregistre une température de 30°C à condition qu'on a pas un bas niveau alors, on arrête le réchauffeur et on évacue l'huile vers l'aéroréfrigérant. Mais au moment ou la température atteint les 90°C on aura directement l'arrêt du KE-01 voir la figure III.13.

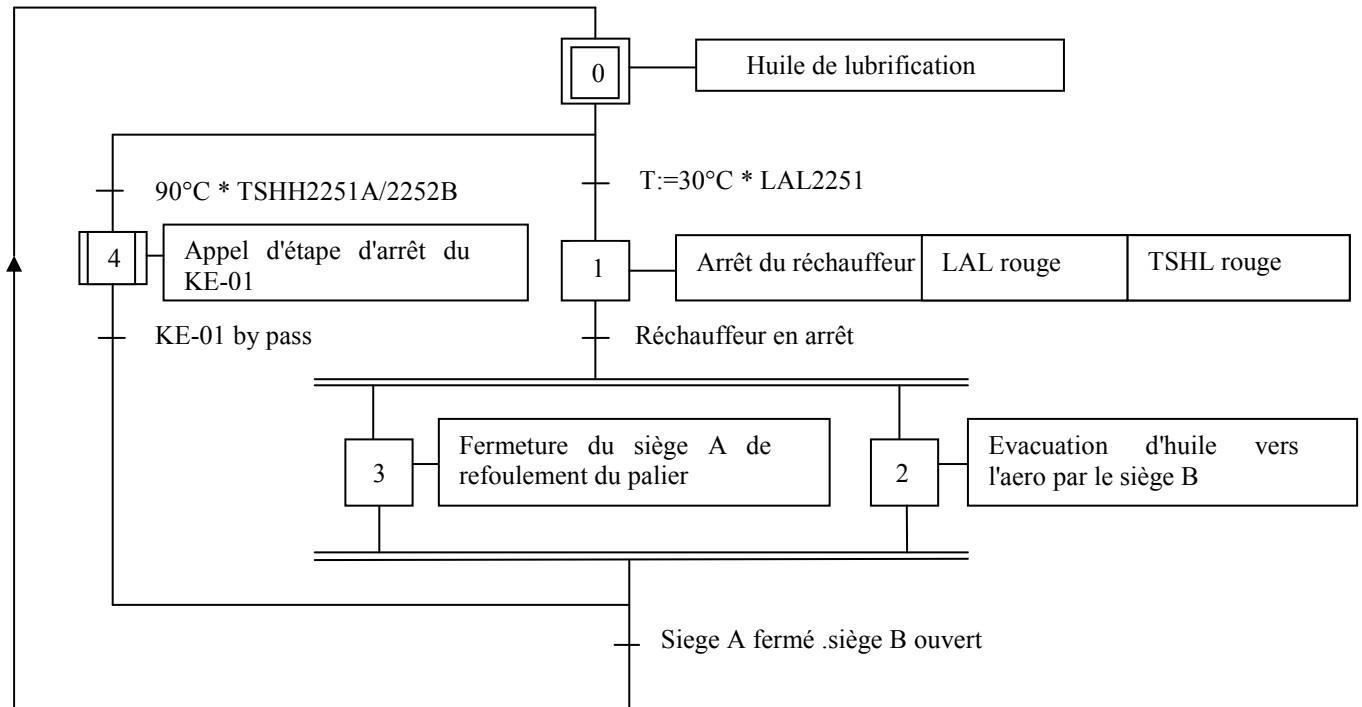


Figure III.13:fonctionnement du réchauffeur de l'huile lubrifiante

✚ Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés au processus et à la commande du Turbo-Expander, ainsi qu'aux différentes procédures de démarrage et d'arrêt afin de pouvoir développer une solution programmable de commande et de supervision sous le système DCS CS 3000 de YOKOGAWA.

Introduction

Les systèmes de contrôle ont été conçus spécialement pour les tâches industrielles, tels que le **DCS** (Distributed Control System : système de contrôle distribué) pour la surveillance, le contrôle et la conduite des procédés industriels.

L'architecture distribuée du **DCS** est dictée par le fait que les équipements et les installations de production sont répartis géographiquement sur le site. Ces systèmes numériques sont dotés de microprocesseurs et de réseaux qui leurs permettent de traiter les données et stocker les résultats puis de les transmettre à des nœuds du réseau pour communiquer avec les organes de réglage.

Les **DCS** contiennent une large gamme d'application dans le domaine industriel, ils sont standardisés dans leurs concepts, leurs fonctions et même leur présentation physique. Ils se sont enrichi des progrès technologiques des microprocesseurs, des acquis en matière d'architecture des systèmes et des logiciels ; ils ont profité du développement de la télécommunication.

Ainsi, à l'aide de systèmes auxquels on associe des régulateurs sous forme d'algorithmes et en les reliant à un ensemble de bus de données, et aux réseaux selon une hiérarchie, il est possible de concevoir un système de contrôle complet et intégré. Cette configuration offre plus de sécurité de transmission des informations. D'autre part, elle permet l'extension de l'instrumentation moyennant une programmation additionnelle.

De plus l'architecture fonctionnelle de ces systèmes a permis aux industries du gaz, de se développer grâce à l'augmentation de la productivité, à l'amélioration de la qualité de la production et la réduction des pertes. Ces systèmes procurent également une facilité d'utilisation et une sécurité du personnel et des installations.

IV.1 Historique du système de contrôle :

Avant la naissance du DCS, le contrôle des procédés a connu plusieurs générations de systèmes :

1-Contrôle manuel :

C'est l'opérateur qui ferme la boucle de contrôle en manœuvrant l'organe de commande

2-Régulateurs pneumatiques locaux :

L'opérateur n'intervient pas directement sur l'organe de commande mais il donne un point de consigne au régulateur local sur site.

3-Régulation pneumatique centralisée :

L'opérateur conduit le procédé à partir de la salle de contrôle.

4-Régulateurs électroniques analogiques et numériques :

Le développement de l'électronique a conduit à la conception des régulateurs électroniques à boucle simple et des capteurs pouvant transformer toutes grandeurs physiques en grandeurs électriques.

5- Système d'acquisition de données DAS :

Animation graphique, historique,... . La fonction contrôle est assurée par des régulatrices simples mono-boucles.

6- Système de contrôle distribue DCS :

En générale, les procédés industriels sont constitués d'un ensemble d'équipements d'installations de production repartis sur site, cette contrainte a fait que l'architecture de ce système soit distribuée. D'ou l'appellation : système de contrôle distribué DCS (distributed control system).

IV.2 Description du DCS :

Le DCS est constitué de plusieurs sous –systèmes dont :

- Les dispositions d'entres/sorties
- Les contrôleurs individuels (PLC régulateurs)
- Les interfaces opérateurs (écran, souris, clavier)
- La station de travail ingénieur
- Le réseau de communication (bus) pour le change d'information

IV.2.1 Les caractéristiques du DCS :

Il est caractérisé par :

- Des procédés mieux maîtrisés avec moins de gaspillage d'énergie.
- Disponibilité de l'historique et l'accès aux informations en temps réel.
- Visualisation, représentation graphique et impression des données.
- Acquisition électronique des données et enregistrement sans papier.
- L'introduction de la redondance dans un double objectif.
- sécuriser au maximum les procédés et minimiser les déclenchements intempestifs.
- l'autocontrôle et la fonction diagnostique détaillée des systèmes ont contribué à la réduction des coûts d'appels de maintenance.

Sécurité améliorée, une réduction des risques pour les hommes, les installations et l'environnement.

IV.2.2 Architecture du DCS :

Le système DCS est constitué de quatre niveaux :

Niveau 1 : est tout à fait comparable au système traditionnel il représente les Instruments installés sur champ.

Niveau 2 : représente les automatismes installés dans le local techniques ils sont constitués par les modules d'entrées/ sortie du procédé.

Niveau 3 : représente la partie où vient s'effectuer la conduite du procédé par l'intermédiaire de stations opérateurs constituées d'unités électroniques

Niveau 4 : partie de supervision et de gestion de l'usine.

Les niveaux 2,3,4 sont reliés par des bus de communications. (Figure 3-1)

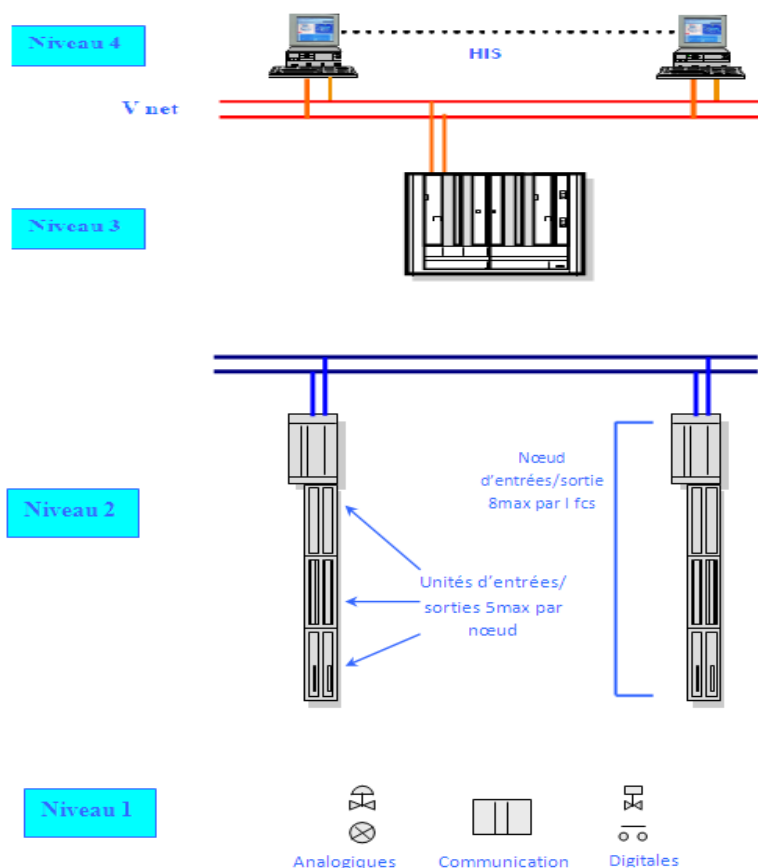


Figure. IV.1 : Architecture du DCS

IV.3 Adaptation des signaux d'entrées et sorties :

Les signaux industriels sont classés en deux catégories standard :

A/ Les E/S sont de type analogique : ce sont les procédés où les signaux d'E/S qui quantifient une mesure ou une action en une valeur électrique. Par exemple : les paramètres (niveau, pression, débit température) sont des grandeurs électriques. On utilise des capteurs pour convertir la valeur de pression ou température en une valeur standard (**4-20mA**) pour un signal électrique et (**0.2-1 kg/cm²**) pour un signal pneumatique. Le dispositif technologique utilisé est composé de capteur - régulateur- actionneur.

B/ Les E/S sont de type booléen (numérique) : Ce sont les procédés logiques (Tout Ou Rien). Exemple : systèmes PLC qui traitent les sécurités des ballons, pompe, compresseurs pour actionner soit l'ouverture ou la fermeture sans qu'il y ait d'état intermédiaire. Le dispositif technologique est composé de capteur- circuit logique composé de relais- actionneur.

Il est donc indispensable de convertir les signaux échangés avec le procédé comme suit :

- ✓ Acquisition et conversion des signaux industriels en binaire.
- ✓ Commande et conversion des chiffres binaires en signaux industriels.

IV.4 Les fonctions du DCS :

- **Dialogue homme-machine :**

Visualisation et écoulement d'opérations de commande pilotés par l'affichage des consoles pour faire le dialogue entre opérateur et système de commande.

- **Modification en ligne :**

L'opérateur peut faire la modification en ligne sur le programme courant, les paramètres du procédé, les paramètres de temps et de comptage par l'ordinateur hôte sur les ordinateurs secondaires.

- **Configuration du système :**

La configuration en temps réel sur les organigrammes et le conditionnement du travail sur les processus des diagrammes d'ordinateur parent selon la variation du flux de données du procédé réel.

- **Diagnostic des défauts et avertissement en temps réel :**

si un équipement commence à présenter des effets d'un défaut, le système fait le diagnostic de défaut du système, localise l'équipement défectueux et émet un signal d'alarme qui s'affiche sur la console avec des conseils pour acquitter l'alarme.

- **Enregistrement, gestion, affichage et copie des données :**

Une fois qu'une alarme est affichée, toutes les données et les opérations qui sont effectuées par l'opérateur seront enregistrées, copiées et imprimées afin de contrôler l'opérateur et garder un historique qui sera pris en compte pour d'autres opérations.

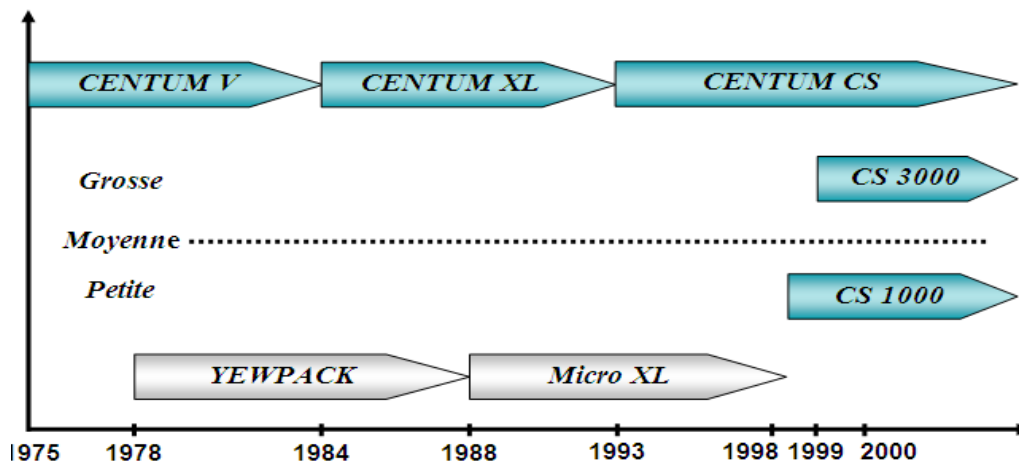
- **Fonction de sécurité de la production :**

Le système donnera une alarme sur la console et des conseils qui apparaissent sur le moniteur quand un opérateur se trompe d'opération.

IV.5 Evolution des systèmes de commande de YOKOGAWA :

Les systèmes de commande de YOKOGAWA existants sont: CENTUM V, CENTUM XL et CENTUM CS. La dernière génération des systèmes de contrôle distribué de YOKOGAWA, le CENTUM CS a deux gammes :

- ❖ CS 1000 pour les petites et moyennes applications (1000 E/S).
- ❖ CS 3000 pour les moyennes et grosses applications.
- ❖ Le premier DCS YOKOGAWA (le CS 3000) introduit en Algérie est celui installé au niveau de Hassi R'mel en 2003.



IV.6 Système CENTUM CS 3000 :

Le système numérique de contrôle-commande conçu par YOKOGAWA ouvre une ère nouvelle dans l'implantation des systèmes DCS. Il intègre les dernières technologies sur une architecture ouverte et modulaire tout en garantissant une compatibilité ascendante totale avec les générations précédentes, et une fiabilité légendaire incontestée. Il assure une fiabilité et une adaptabilité grâce à :

- L'association de la souplesse et la fiabilité de ses prédécesseurs de la famille CENTUM à la convivialité d'un PC.

- La facilité d'utilisation, disposant de fonctions de contrôle supérieures et d'un excellent rapport coût/performance, le système s'intégrera rapidement dans un environnement industriel exigeant.
- L'architecture ouverte de ses interfaces définit un échange d'informations avec le système de gestion et de la planification et facilite la mise en place d'un système de gestion stratégique pour une entreprise.
- Il s'adapte aux systèmes déjà implantés et suit l'évolution des unités de production en réduisant le coût total de possession.

Le système de contrôle CENTUM CS concrétise le concept de “ Solutions Intégrées ”, offrant à l'utilisateur une intégration totale du contrôle de procédé et de la gestion de production :

1-Architecture ouverte et homogène:

Un environnement ouvert, utilisant des interfaces standardisées facilite l'intégration de différents sous-systèmes ou de progiciels ainsi que la création d'une interface utilisateur performante.

2-Exploitation par multi -fenêtrage :

Le poste de conduite possède une fonction multifenêtrage qui permet d'appeler, à l'aide de la souris, les vues d'exploitation. De plus, les postes de conduite peuvent être bi-écrans.

3-La station de contrôle (FCS) :

La station de contrôle intègre les fonctions de contrôle continu ou batch. La fonction de redondance réalisée grâce au système “ pair and spare ” assure une totale disponibilité de la station.

4-Ingénierie performante et optimisée:

La simplification des outils d'ingénierie réduit le temps de développement des applications. Des bibliothèques réutilisables réduisent le temps et le coût de réalisation d'extensions ou de modifications du système.

Le contrôleur du CENTUM CS 3000 utilise l'architecture unique « Pair and Spare ». Elle est basée sur l'utilisation d'une paire de processeurs au sein même des unités centrales « Pair » associée à une seconde unité centrale (elle-même « Pair ») pour assurer une redondance, l'ensemble qui comprend 4 processeurs est alors en structure « Pair and Spare ». Par ailleurs, le CENTUM CS 3000 dispose d'autres possibilités de redondance pour les E/S, les différents bus de communication, les alimentations électriques.

IV.7 Architecture hardware du CENTUM CS-3000 :

Les différentes parties du CENTUM CS 3000 sont organisées suivant une structure hiérarchique, conçue de manière à conduire efficacement un système de grande taille et à faciliter l'intégration et l'extension du système. sur la (figure IV.2).

On peut distinguer les éléments suivants :

- ✚ HIS : une interface homme-machine (Human Interface Station) qui est composée de plusieurs stations appelées ICS (Information Commande Station), maximum 16 stations depuis laquelle l'opérateur surveille et conduit les installations du site de production :

- Maintenance
- Communication avec les superviseurs.

✚ EWS : une interface de maintenance et d'ingénierie (Engineering Work station) son rôle est la des tâches d'ingénierie.

✚ FCS : (Field Control Station) un ensemble d'armoire composés d'unités de contrôles FCU (Field Control Unit) dont la mission est la gestion des fonctions de contrôle.

✚ ACG : passerelle de communication (Advanced Communication Gateway) : communication avec un ordinateur de supervision. Ses grandes fonctions sont l'acquisition de données et l'écriture des données du ordinateur de supervision dans la FCS

- ✚ Réseaux : V-NET (bus de contrôle en temps réel)

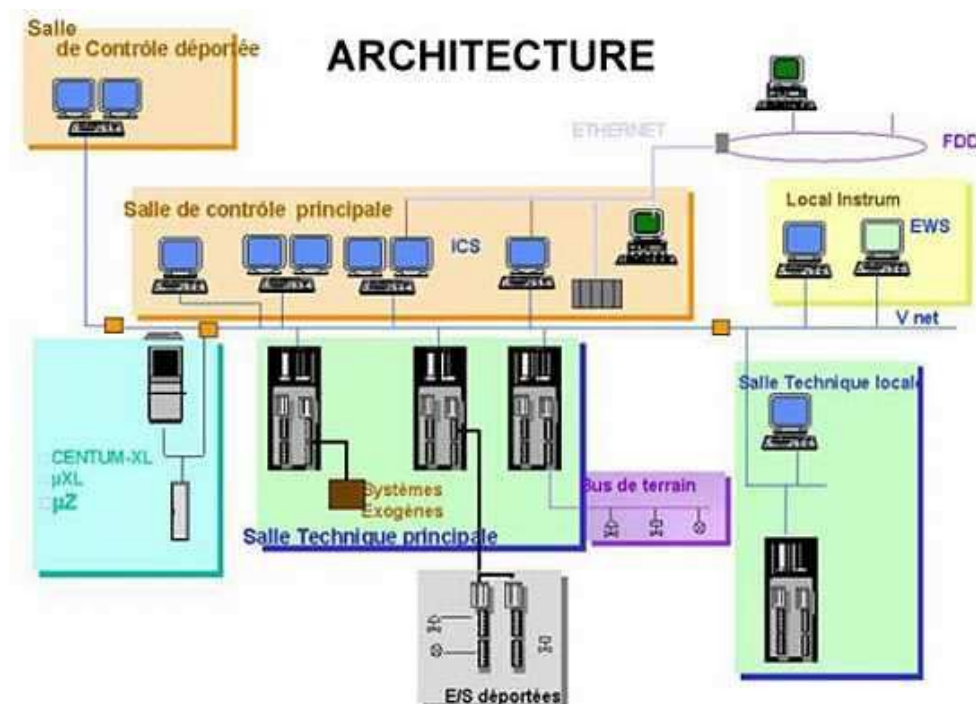


Figure IV.3 : Architecture hardware du CENTUM CS-3000

IV.7.1 Station d'interface homme-machine (station HIS):

La station d'interface homme-machine est construite autour du système d'exploitation Windows. C'est une station de surveillance qui offre une vue d'ensemble du site, elle affiche les variables procédés, les paramètres de contrôle et les alarmes nécessaires à l'exploitation. Elle dispose également de fonctions d'ingénierie et de supervision.

IV.7.1.1 Deux modes de fenêtrage :

Le premier est un mode multifenêtrage qui exploite côte à côte les applications générales et les fenêtres associées aux fonctions de contrôle. Une touche dédiée permet de passer d'un mode à l'autre. Le second est un affichage en plein écran classique pour la fenêtre de contrôle.

IV.7.1.2 Fenêtres d'affichage d'état :

La fenêtre d'affichage d'état du schéma de contrôle est l'affichage sur la station HIS de l'ensemble de l'état de contrôle du site. Ces fenêtres sont de plusieurs types :

- Affichage d'état du schéma de contrôle ;
- Affichage de schéma logique ;
- Etat des tables de séquence ;
- Etat des blocs SFC (Sequential Function Chart).
- Détails de programme SEBOL (Sequence and Batch Oriented Language).

IV.7.1.3 Caractéristiques de l'HIS :

❖ Environnement matériel :

- PC Pentium.
- Disque dur Mini: 20 Go.
- Mémoire : 256 Mo.
- Deux liaisons séries.
- Une liaison parallèle.
- Résolution graphique: 1280 × 1024, 256 couleurs.
- Carte de couplage au V-NET (VF 701).
- Clavier opérateur.
- Carte Ethernet 100 Mb/s.

❖ Environnement logiciel :

- System d'exploitation Windows 2000, Windows NT, Windows XP.

- Fonctions d'exploitation et de conduite.
- Fonctions de configuration.

IV.8 Station de contrôle FCS (Field Control Station):

Les stations de contrôle FCS (Field Control Stations) sont le cœur du CS 3000 et de ses fonctions avancées, fiables et performantes, elles intègrent la technologie éprouvée “ pair and spare ” depuis l'unité centrale de la station FCS jusqu'au bus de communication et au module d'entrées/sorties. Cela donne un système extrêmement fiable et très ouvert. Elle offre une disponibilité maximale grâce à une redondance totalement intégrée des unités centrales ainsi que pour les bus de liaison et les cartes d'entrées/sorties.

Les fonctions de la FCS sont :

- Réaliser les fonctions de contrôle (régulation ou séquentiel).
- Traiter les algorithmes de contrôle.
- Traiter les programmes utilisateur.
- Communiquer avec les modules d'E/S.
- Communiquer avec les autres stations du système et les sous systèmes.

IV.8.1 Constitution d'une FCS :

La station FCS est composée d'une FCU, des nœuds d'entrée/sortie, d'un bus de communication V-net et RIO bus voir (Figure IV.4).

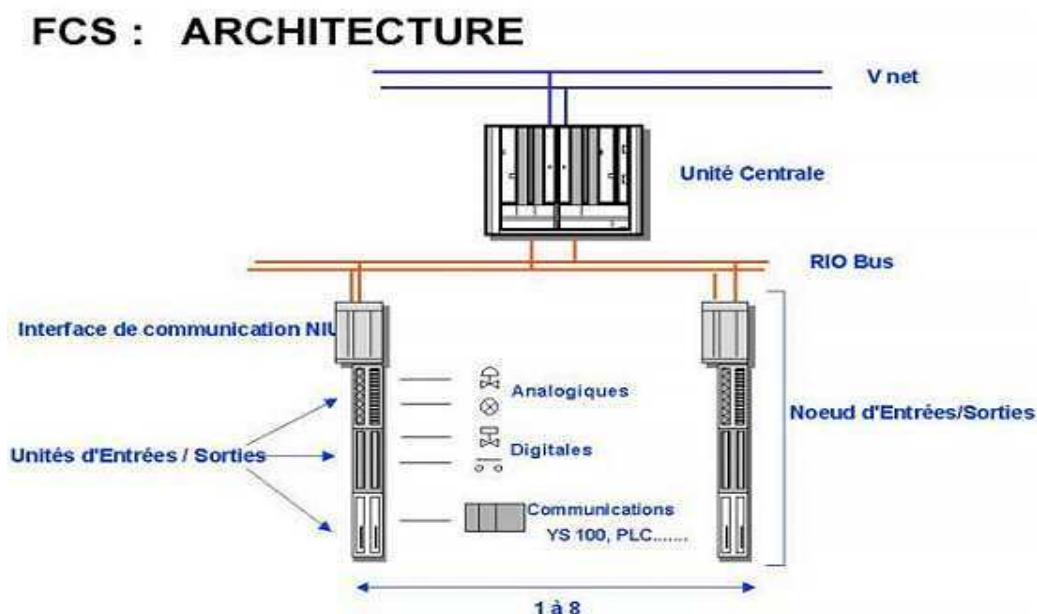


Figure IV.4: Architecture de la FCS.

VI.8.2 Technologie « Pair and spare » :

La FCS standard dispose d'une double CPU redondante (chacune des deux CPU effectue les mêmes calculs de contrôle), l'une active et l'autre en stand-by.

La redondance de l'unité centrale est basée sur les principes suivants :

- Les deux unités centrales fonctionnent en permanence, l'une maître et l'autre esclave et elles sont synchronisées.
- Une carte CPU est équipée de deux processeurs qui fonctionnent simultanément et qui comparent leurs résultats à chaque cycle d'écriture.
- Si les résultats des deux processeurs sont cohérents: les calculs sont présumés exacts et les données sont envoyées aux cartes de sorties.

Sinon, les calculs de contrôle sont présumés erronés :

- L'UC maître envoie un signal à l'UC esclave qui prend alors le statut de maître.
- Un message d'alarme système est émis vers l'ICS.
- La carte processeur qui a détecté l'erreur de calcul effectue un auto-diagnostic. Si aucune anomalie n'apparaît, l'erreur est considérée comme transitoire et la carte passe en état de réserve.

La redondance des CPU apporte les avantages suivants :

- Pas d'interruption du traitement (redondance).
- Transfert sans à coup (synchronisation).
- Remplacement en ligne.

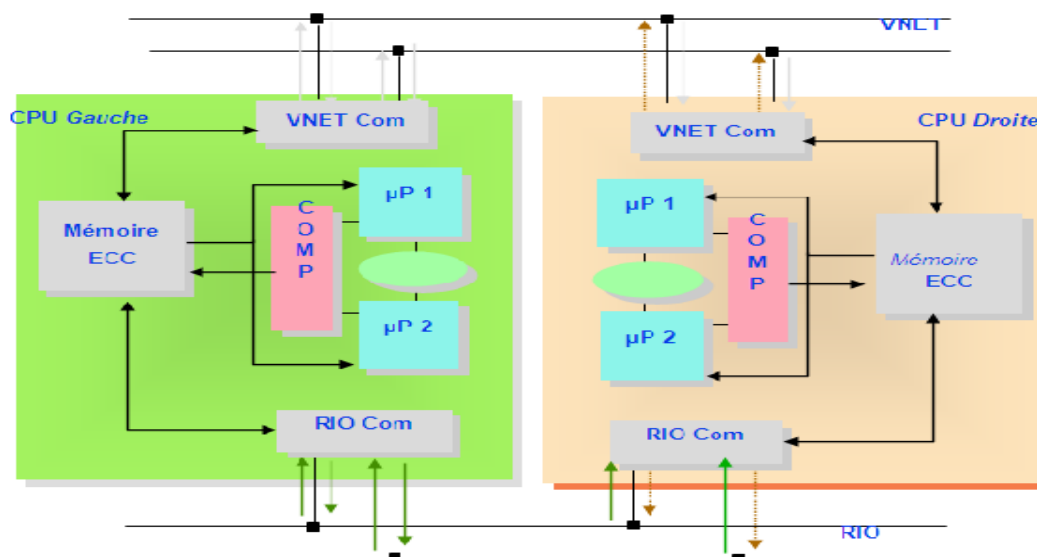


Figure IV.5 : Architecture de la redondance

✚ La redondance de l'unité centrale :

Elle est réalisée grâce au système « pair and spare »

2 cartes processeur :

- une de contrôle
- L' autre en stand by.

Les deux cartes effectuent parallèlement les mêmes calculs, ce qui permet un transfert sans à coup d'une carte à l'autre.

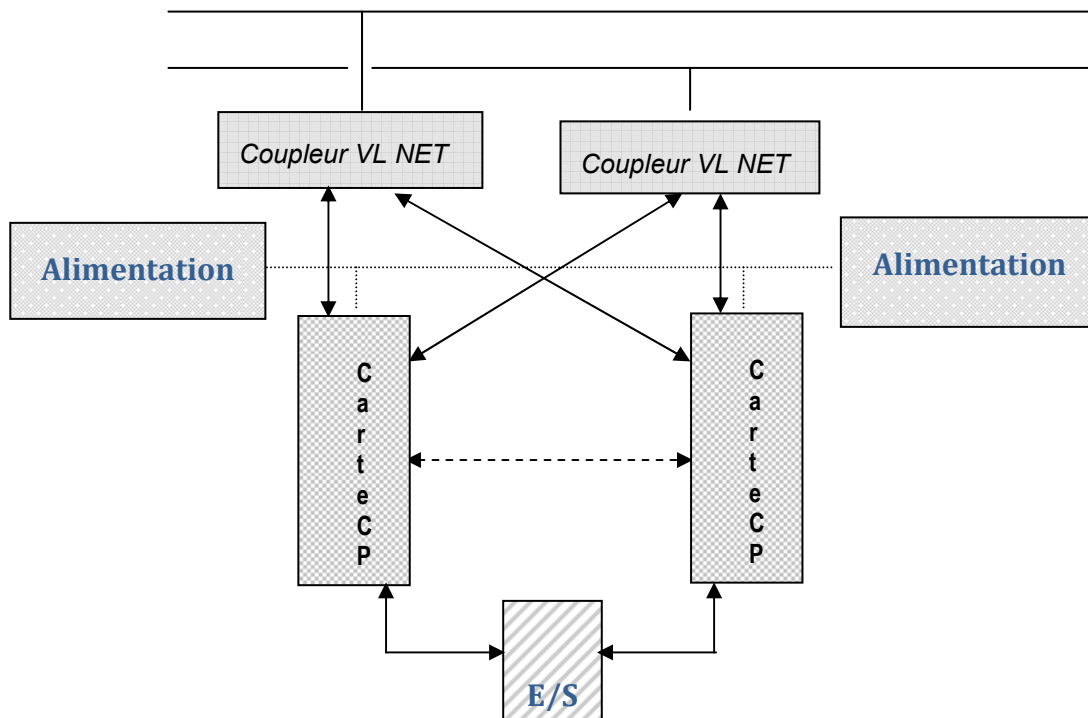
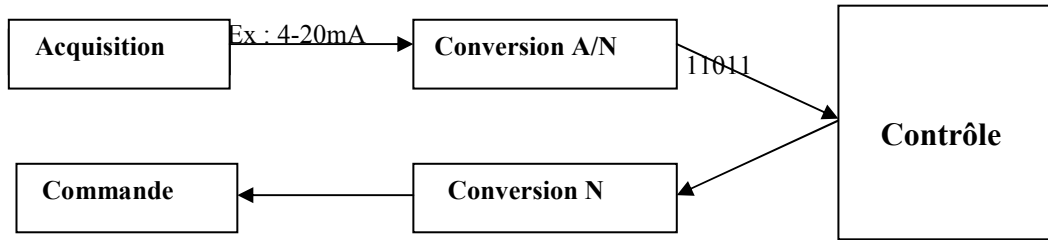


Figure IV.6: La redondance de l'unité centrale.

IV.9 Modules d'entrées/sorties :

Un module d'entrée/sortie est un ensemble de carte d'entrée/sortie dont le rôle est l'adaptation des signaux échangés entre le procédé et le système c'est-à-dire que ces cartes transforment les signaux industriels d'entrée en une forme numérique adaptée au système, et transforment les signaux numériques de sortie en une forme industriels adapté.



Les signaux d’entrées/sorties du procédé sont des signaux industriels qui appartiennent A deux catégories standard distinctes : logique et analogique. Ces signaux sont plusieurs types, les plus connues dans le domaine pétrolier sont données par le tableau suivant :

Signaux d’entrée	Analogique	Courant 4-20mA Tension mV Résistance Ω	Transmeteur Thermocouple Thermo résistance
	Logique	Tout ou Rien Impulsions	Contact (switch) Générateur d’impulsion
Signaux de sortie	Analogique	Courant 4-20mA	Vanne régulatrice
	Logique	Tout ou Rien	Vanne TOR, Pompe

La liaison entre les modules d’entrées/sortie est représentée sur la figure suivante :

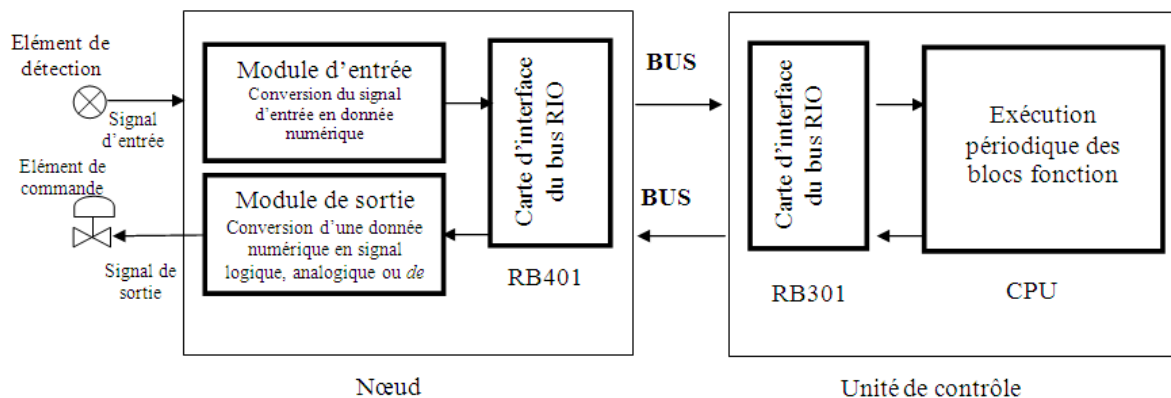


Figure IV.7: Schématisation de la liaison des modules d’entrées/sorties à la CPU.

IV.9.1 Unités d'entrées/sorties analogiques monovoies (AMN11):

C'est un boîtier qui contient 16 E/S monovoies, ces modules effectuent les traitements des signaux d'E/S des diverses sources. Ils sont de très grande fiabilité et chacun est attribué à un type unique de signal.

- Entrée courant/tension (4 à 20 mA, 0 à 10 V): AAM11
- Entrée bas niveau mV, thermocouple, sonde à résistance: AAM21
- Impulsion: **APM11**
- Sortie courant/tension (4 à 20 mA, 0 à 10 V): AAM51

IV.9.2 Unités d'entrées/sorties analogiques multiplexées (AMN31):

Elles contiennent deux modules d'entrées (16 entrées par module) multiplexeurs. Chaque module traite des signaux d'entrées/sorties multiples. Particulièrement performants, ils exercent des fonctions de surveillance et s'adressent à des boucles de régulation simples :

- Entrée tension: AMM12T
- Entrée mV: AMM22M
- Entrée thermocouple: AMM22T
- Sortie sonde à résistance: AMM32T
- Entrée transmetteur à 2 fils: AMM42T
- Sortie courant: AMM52T

IV.9.3 Unités d'entrées/sorties logiques (AMN32):

En plus des traitements d'entrées/sorties tout ou rien, elles contiennent des modules d'E/S logiques (16 par module) :

E/S logiques, raccordement par bornes :

- 16-pt. Entrées contact: ADM11T
- 16-pt. Entrées tension
- 16-pt. Sorties contact: ADM51T
- 32-pt. Entrées contact: ADM12T
- 32-pt. Entrées photo-coupleur
- 32-pt. Sorties contact: ADM52T
- 16-pt. Entrées relais: ADM15R
- 16-pt. Sorties relais: ADM55R

E/S logiques, raccordement par connecteurs :

- 16-pt. Entrées contact: ADM11C
- 16-pt. Entrées tension
- 16-pt. Sorties contact: ADM51C
- 32-pt. Entrées contact: ADM12C
- 32-pt. Entrées photo-coupleur
- 32-pt. Sorties contact: ADM52C
-

IV.9.4 Modules de communication (AMN33):

Ils assurent les communications de type :

- **ACM11**: carte liaison série RS-232.
- **ACM12**: carte de liaison RS-422/RS-485.

IV.10 Réseaux de communication :

- V-NET : réseau de contrôle en temps réel ;
- E-NET : réseau LAN interne (compatible Ethernet).

Rôle des communications internes :

- Partage des périphériques, Panel Set.
- Echange des fichiers d'historique.
- Chargement des fichiers de configuration de l'ICS.
- Chargement des fichiers de configuration des FCS.

IV.10.1 Réseau du système de contrôle V-net :

Le V-net est le réseau du système de contrôle en temps réel qui relie les FCS aux autres stations (HIS, EWS,...). L'ensemble des stations connectées à un V-net forme un domaine. La fonction de ce réseau doit assurer trois systèmes de communications :

- Communication lecture/écriture.
- Communication message.
- Transmission de liaison (sur une période de 100 ms à 2 s).

IV.10.2 Caractéristiques du réseau V-NET :

- Protocole : IEEE 802.4
- Type de bus : JETON
- Vitesse : 10 Mb/s

- Redondance : active (utilisation alternée)
- Longueur : 50 m à 20 km
- Média : Coaxial/fibre optique

IV.10.3 Réseau Ethernet :

C'est le réseau LAN utilisé pour la connexion des HIS ou ICS et l'EWS, ce qui permet :





- Le transfert des fichiers de configuration ;
- Le transfert de données (exemple: liaison du PC du laboratoire avec la base de données CS 3000) ;
- L'acquisition des données du procédé, les messages et les données historiques.

IV.10.4 Caractéristiques de la liaison Ethernet :

- Protocole : IEEE 802.3
- Débit : 10 Mb/s
- Protocole de communication : TCP/IP FTP

IV.11 Aspect logiciel :

Chaque fonction du CENTUM CS est associée à un configurateur dédié (builder) :

-  Synoptiques.
-  Touches de fonction du clavier opérateur.
-  Historique.
-  Algorithmique.

Les structures informatiques sont transparentes à l'utilisateur et l'adressage des variables se fait par un nom symbolique.

IV.11.1 Configuration d'un système:

Configurer un système consiste à créer l'ensemble des données nécessaires à la gestion de ce système. Ces données sont :

- Relatives aux abonnés (ICS(s), FCS(s), HIS(s) ...) du système.
- Générées dans des fichiers.
- Regroupées sous un « projet » identifié par son nom.

La configuration est réalisée à partir de logiciels appelés configureurs (builders) et regroupés en quatre familles principales :

- System builder.
- ICS builder and operator utility.
- FCS builder.
- System common builder.

IV.11.2 Le logiciel Builder (system view):

C'est un ensemble de softwares (package) permettant la configuration de l'ensemble des stations faisant parti du DCS YOKOGAWA. Il existe sous deux versions :

- Sous Unix (CENTUM CS).
- Sous Windows (CS 3000, CS 1000).

Parmi les softwares (packages) utilisés, on peut citer :

- Common builder.
- FCS builder.
- HIS builder.

IV.11.3 Common builder:

C'est un ensemble de softwares (packages) permettant la configuration des parties communes d'un projet, parmi eux :

- **User security** : permet de configurer les utilisateurs du système qui utilisent un projet avec des droits d'accès définis au préalable.
- **Eng Unit** : déclaration de toutes les unités physiques existant dans un projet.
- **InstLabel** : permet de déclarer toutes les désignations des instruments qui seront utilisés dans un projet.
- **AlmPri** : permet de déclarer la destination des alarmes (CRT, imprimantes, etc.).

IV.11.4 FCS builder:

Dans la FCS Builder on trouve les différentes stations suivantes :

Configuration : définit les paramètres de fonctionnement de la FCS.

IOM : déclaration des modules d'entrées/sorties et les signaux du procédé associés.

Switch : définition des bits internes et de communication.

Message : définition des annonceurs (messages d'alarme), événements, guides opérateur et des sorties imprimantes.

Fonction-block : la programmation de la régulation et des séquences.

Display : vues dynamiques des schémas de contrôle et des schémas logiques.

IV.11.5 HIS Builder:

C'est un ensemble de softwares (packages), permet de réaliser un modèle graphique de notre procédé et de le commander par le programme introduit dans la FCS. A partir de ce programme, on anime notre plate forme de supervision et de contrôle à distance en temps réel.

IV.11.6 Configuration des entrées/sorties :

Famille: FCS builder.

Nom: I/O module.

Rôle: définition des nœuds et des modules d'E/S

Pour chaque nœud: définition des boîtiers d'E/S.

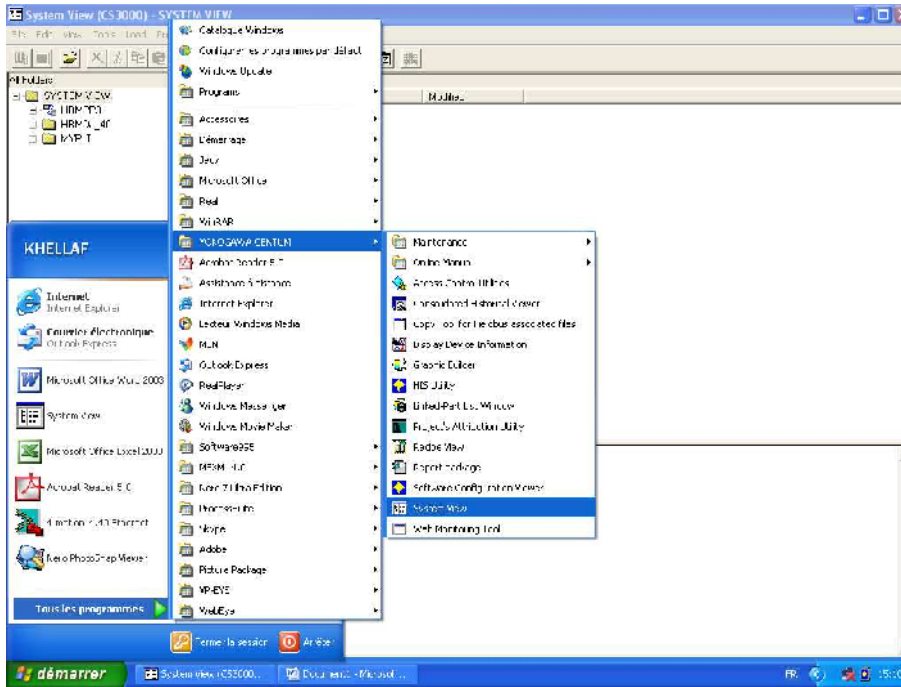
Pour chaque boîtier d'E/S: définition des E/S.

IV.12 Création d'un projet :

IV.12.1 Lancement de CS3000 :

Pour exécuter CS3000 :

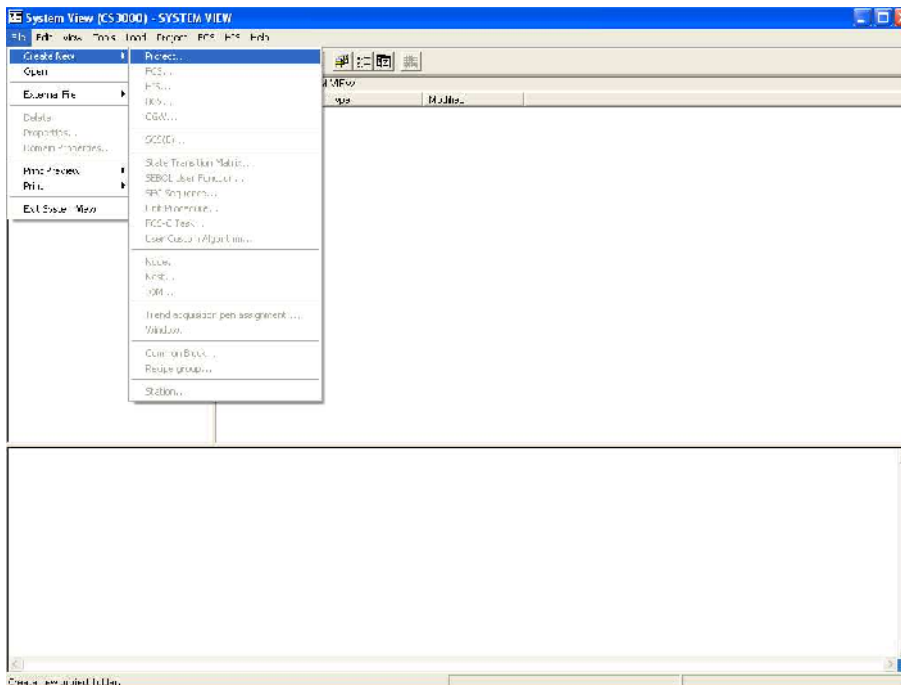
- Cliquez sur le bouton démarrer de Windows XP
- Placez le pointeur de la souris sur la commande programme
- Cliquez sur le nom du programme YOKOGAWA CENTUM
- Cliquez sur le nom du programme SYSTEME VIEW



IV.12.2 Créer un NOUVEAU projet :

Sitôt le programme « SYSTEM VIEW lancé

- Cliquez dans la barre des menus sur le bouton Fichier
- Cliquez sur le nom du programme Create New \Rightarrow Project

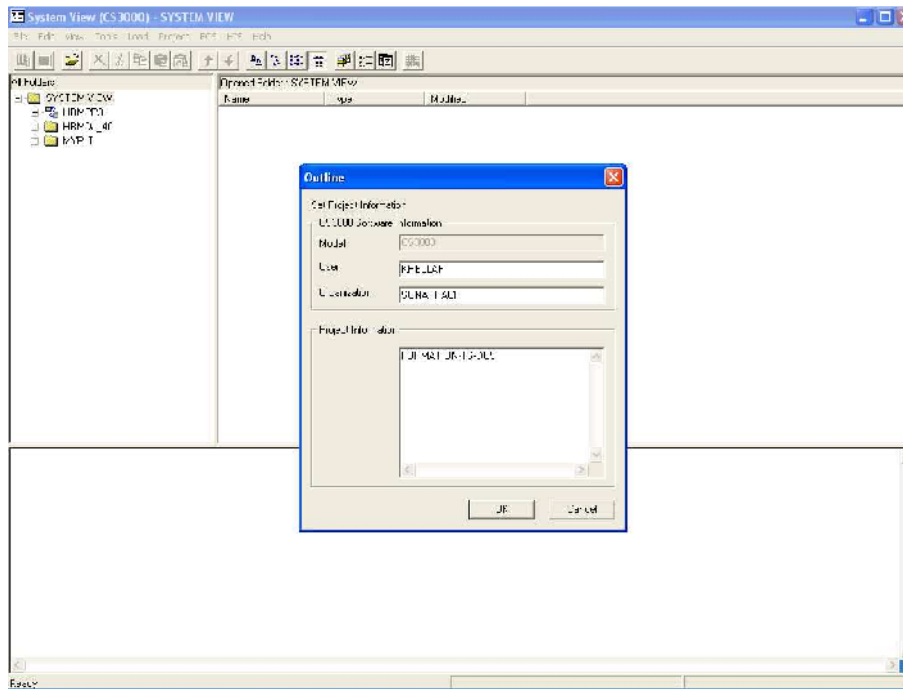


Une fenêtre apparaîtra nous demandant : de donner les informations relatives au projet

Par exemple :

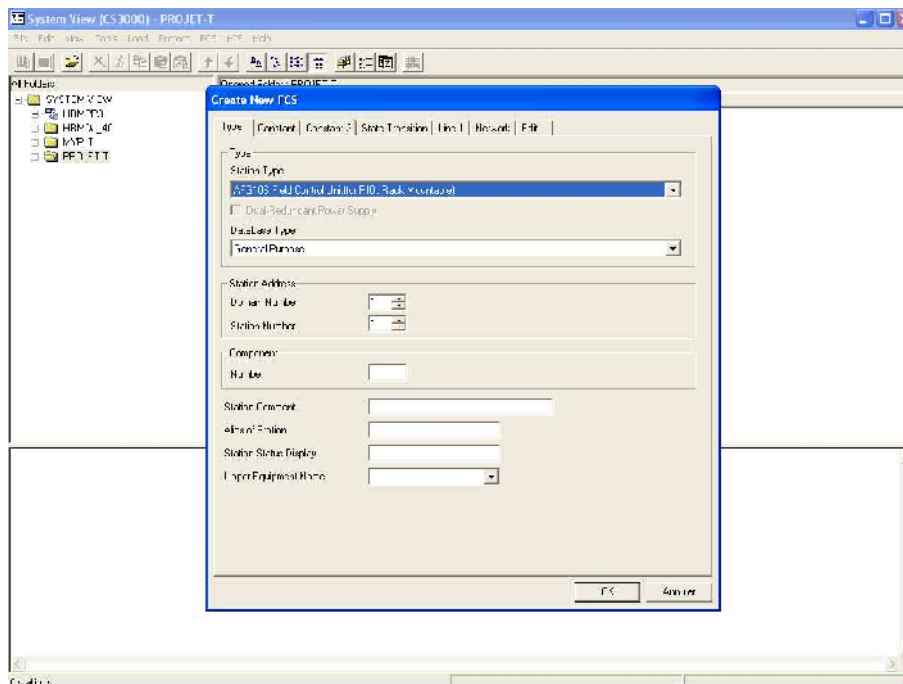
- user

- organization
- Project Information



IV.12. 3 Créer new FCS :

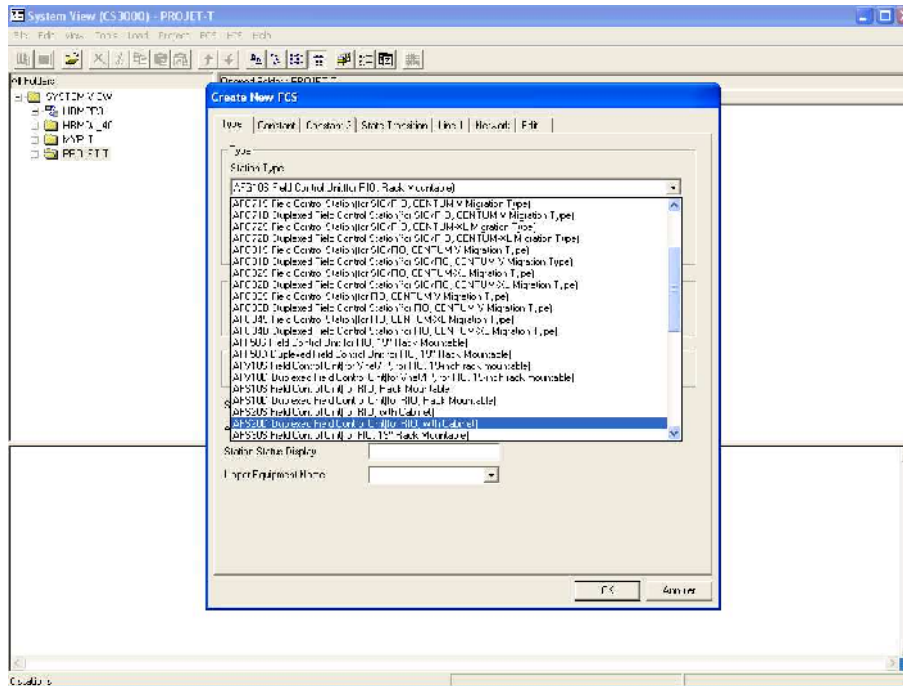
Cette fenêtre apparaîtra automatiquement après création du nouveau projet, obligeant l'opérateur à créer une FCS dans laquelle on disposera nos éléments de programmation.



La catégorie de notre FCS se fera sur une liste que nous proposera le system-view.

Cliquez sur la station type pour choisir le type

Exemple: AFS20D Duplexed Field Control Unit (for RIO, with Cabinet)

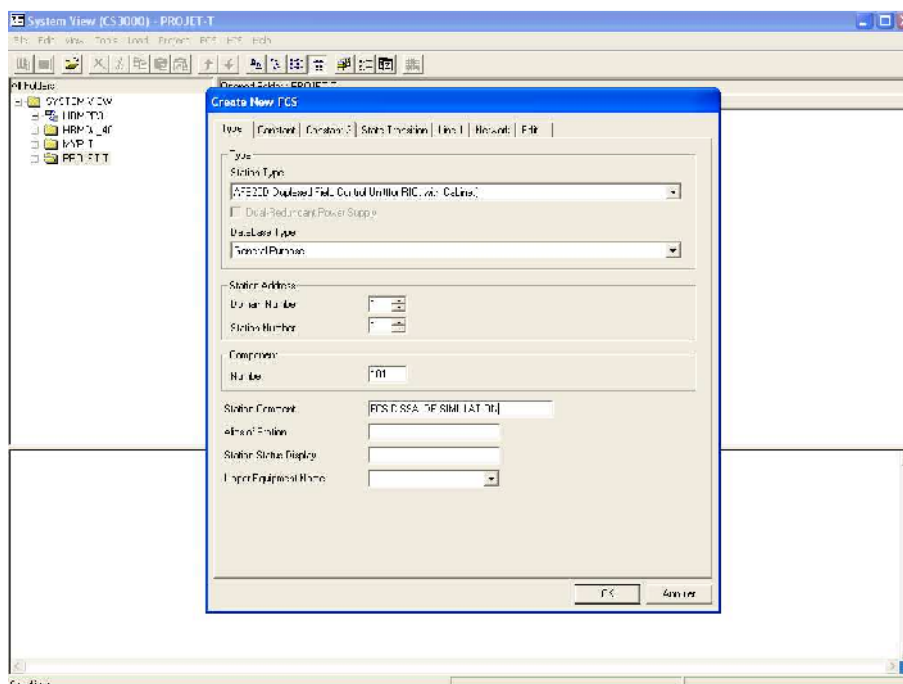


Par la suite (défilement automatique d'informations)

- Cliquez sur component Number pour entres le numéro.

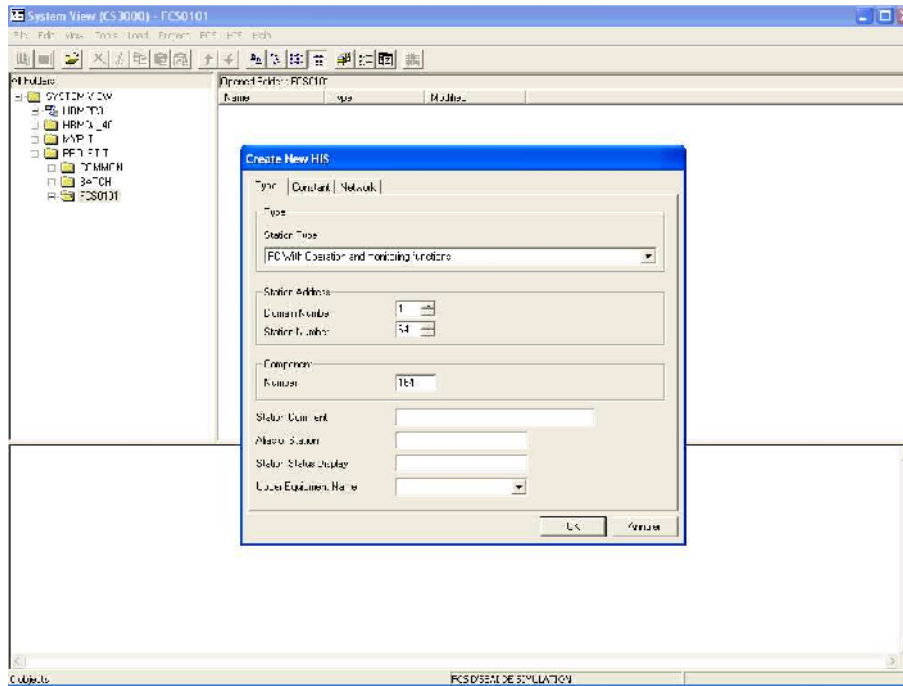
Exemple : Le code 101 → le 1^{er} '1' fait allusion au domaine et le 2nd '1' donne le numéro de la Station.

- Cliquez sur le bouton OK pour exécuter



IV.12.4 Créer new HIS :

- La fenêtre suivante apparaîtra.
- On donnera un numéro de domaine (par défaut le 1)
- Un numéro de station (par défaut 64)
- Type de station (pc ou autre ...).



A la fin de cette procédure une arborescence apparaîtra, contenant les ramifications

Suivantes :

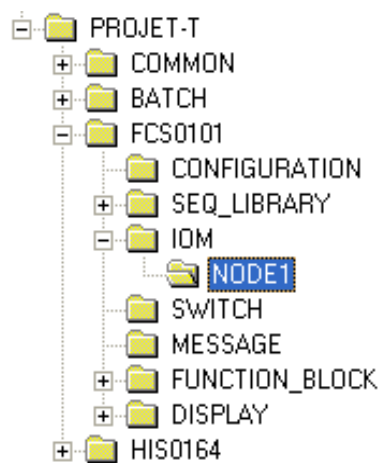
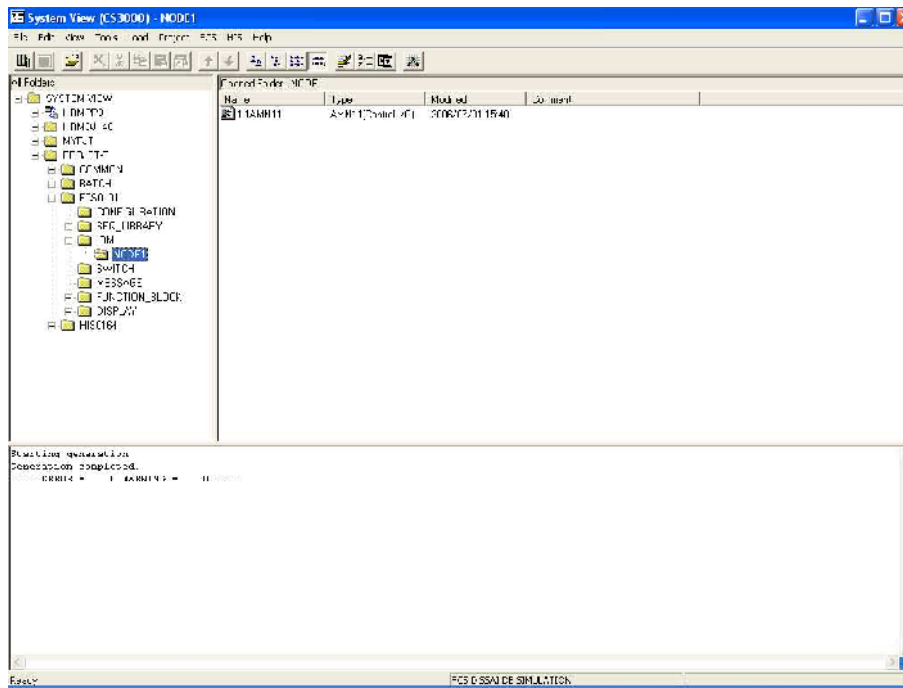


Table List of I/O Modules Installable in Terminal I/O Module Nest

Types	Models	Names
Multiplexer module	AMM12T	Voltage input multiplexer module
	AMM22M	mV input multiplexer module
	AMM22T	Thermocouple input multiplexer module
	AMM22TJ	Thermocouple input multiplexer module
	AMM32T	RTD input multiplexer module
	AMM32TJ	RTD input multiplexer module
	AMM42T	2-wire transmitter input multiplexer module
Digital I/O module	ADM11T	Contact input module (16-point, terminal type)
	ADM12T	Contact input module (32-point, terminal type)
	ADM51T	Contact output module (16-point, terminal type)
	ADM52T	Contact output module (32-point, terminal type)

ADR100E:EPS

Exemple: AMN11 (CONTROL I/O)



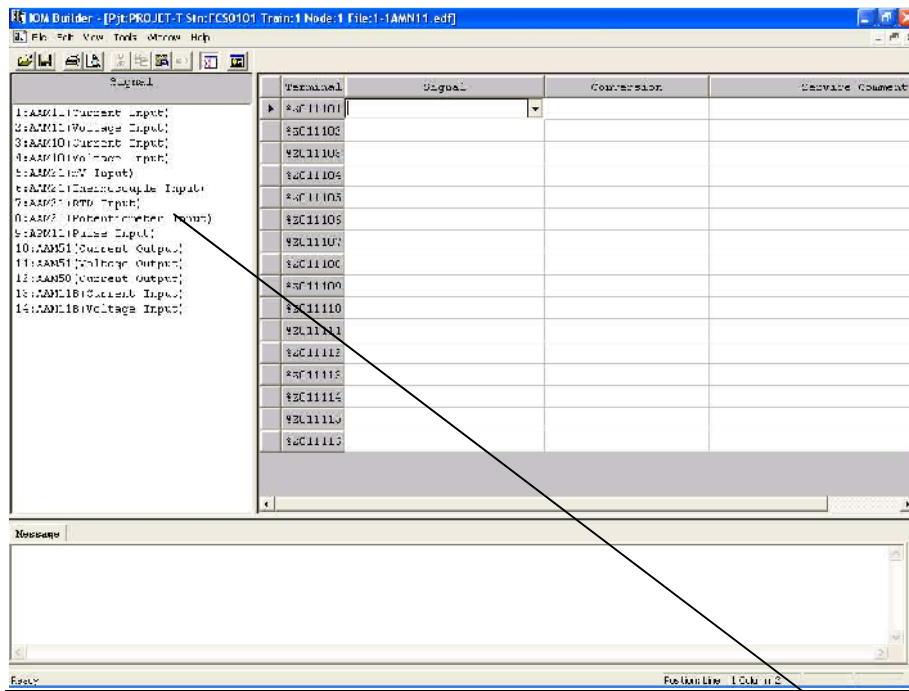
NB: faire attention aux messages d'erreurs apparaissant au bas de l'écran.

Le nœud 1, va pouvoir accepter un ou plusieurs éléments.

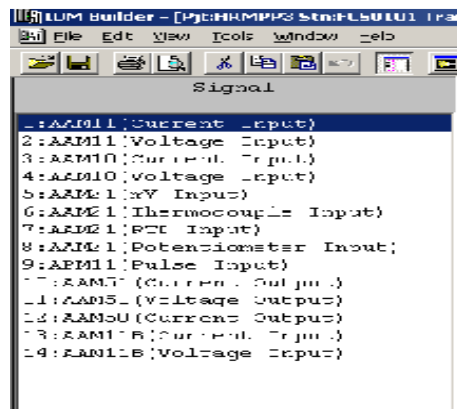
L'élément peut être un boîtier à cartes analogiques ou un boîtes E/S digitales compactes.

Dans notre cas en a fait le choix du boîtier AMN11 (qui est 1 boîtier pouvant recevoir des cartes analogiques).

IV.12.6 Créer une carte d'entrée/sortie :



Les cartes qu'on disposera dans le boîtier **AMN11** se fera selon la liste qu'on voit à gauche. Nous constatons que nous avons un choix à faire sur les cartes en fonction de la nature du signal à traiter.



Exemple : un tag fonctionnant en 4-20 mA utilisera une **AAM11** s'il s'agit d'une entrée. Mais il utilisera une **AAM50** s'il s'agit d'une sortie.

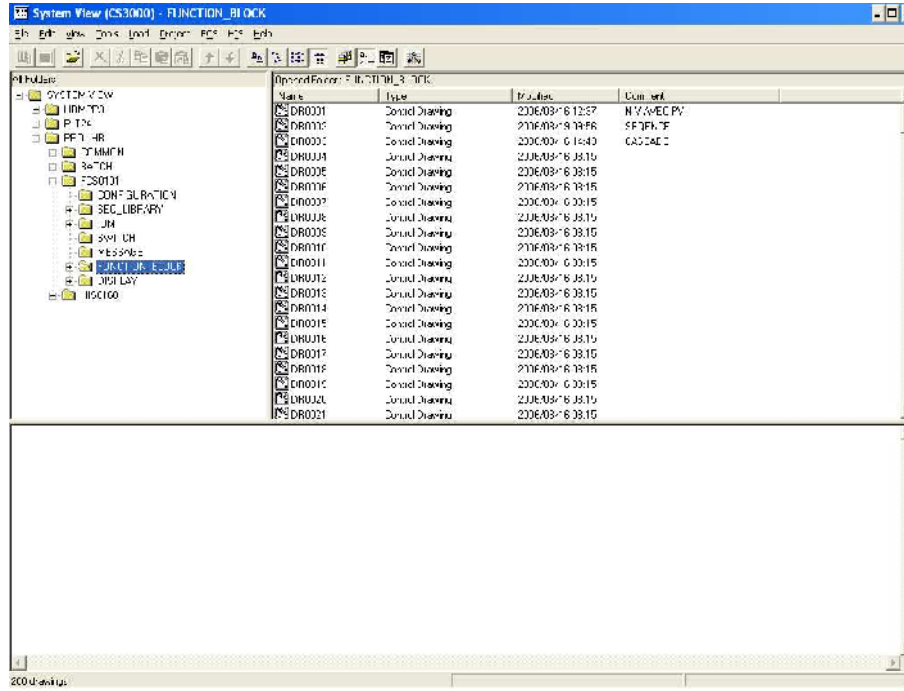
IV.12.7 Créer un drawing (DR XXXX):

Un drawing est une fenêtre dans laquelle, on va créer des blocs pouvant être:

1. PID, PVI, MLD, CALCU, etc
2. STO16, LC64, etc

Pour cela on opérera comme suit:

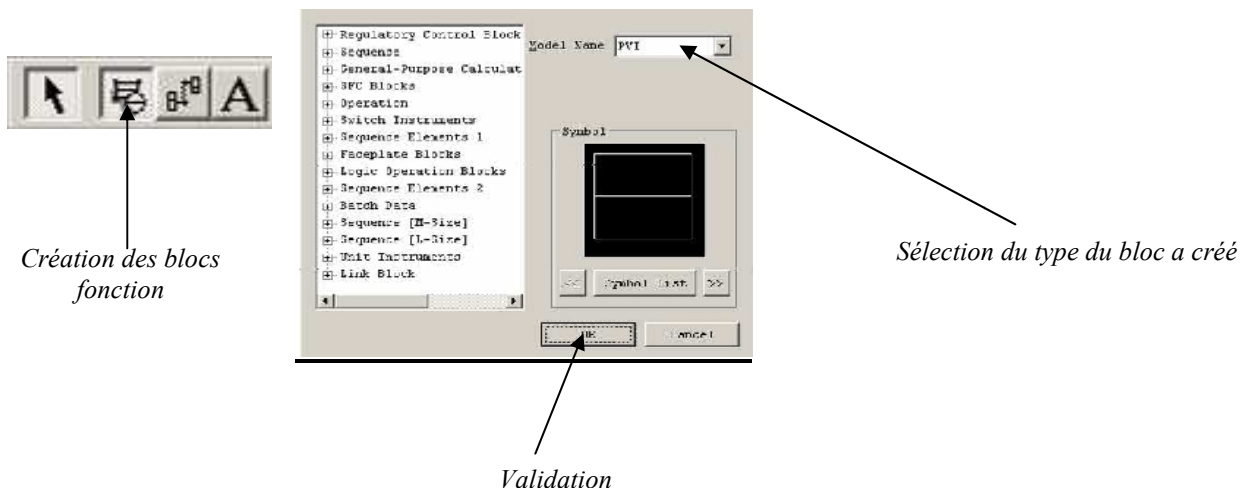
- Dans l'arborescence cliques sur le fichier « FONCTION BLOCK »
- Aller dans le drawing par exemple : DR0001, DR0002 ...



En réalité la création d'une séquence en instrumentation nécessite l'utilisation :

- 1- d'entrées / sorties
- 2- de blocs d'acquisitions
- 3- des tables de séquences
- 4- Etc....

Pour y accéder à 2, 3 ... il suffit d'utiliser l'icône permettant d'avoir le dictionnaire des composants.



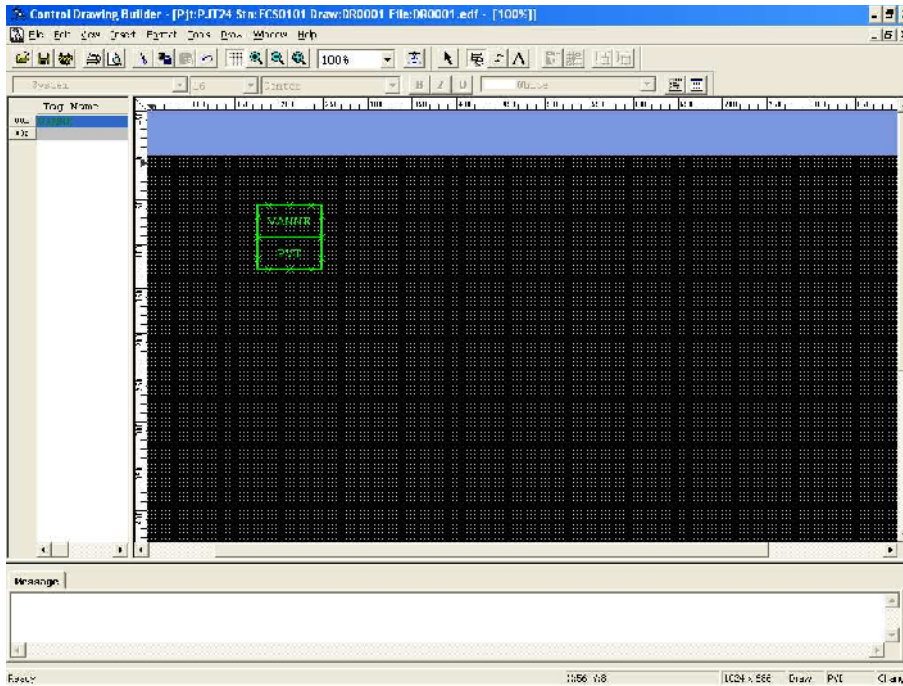
- Dans la liste nous pouvons avoir

III.12.7.1 Régulateur et contrôle :

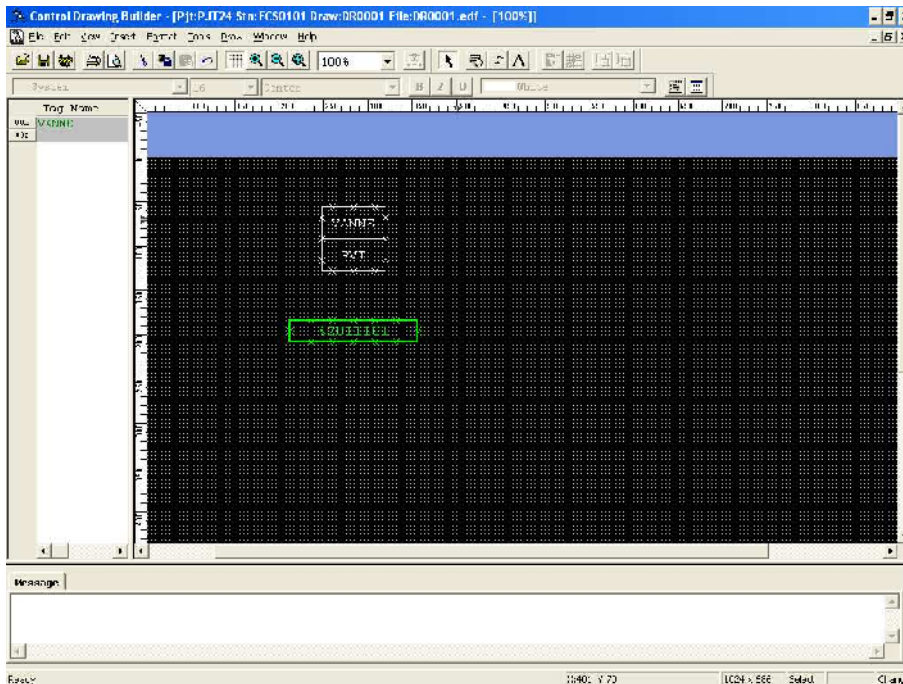
Block type	Model	Name
Input Indicator Block	PVI	Input Indicator Block
	PVI-DV	Input Indicator Block with Deviation Alarm
Controller Block	PID	PID Controller Block
	PI-HLD	Sampling PI Controller Block
	PID-BSW	PID Controller Block with Batch Switch
	CNCOFF	Two-Position ON/OFF Controller Block
	CNCOFF-E	Enhanced Two-Position ON/OFF Controller Block
	CNCOFF-G	Three-Position ON/OFF Controller Block
	CNCOFF-GE	Enhanced Three-Position ON/OFF Controller Block
	PID-TP	Time-Proportioning ON/OFF Controller Block
	PD-MR	PD Controller Block with Manual Reset
	PI-BLEND	Blending PI Controller Block
	PID-STC	Self-Tuning PID Controller Block
Manual Loader Block	MLD	Manual Loader Block
	MLD-PVI	Manual Loader Block with Input Indicator
	MLD-SW	Manual Loader Block with Auto/Man SW
	MC-2	Two-Position Motor Control Block
	MC-2E	Enhanced Two-Position Motor Control Block
	MC-3	Three-Position Motor Control Block
Signal Setter Block	RATIO	Ratio Set Block
	PG-L13	13-Zone Program Set Block
	BSETU-2	Flow-Totalizing Batch Set Block
Signal Limiter Block	BSETU-3	Weight-Totalizing Batch Set Block
	VELIM	Velocity Limiter Block
Signal Selector Block	SS-HWAL	Signal Selector Block
	AS-HWAL	Auto-Selector Block
	SS-DUAL	Dual-Redundant Signal Selector Block
Signal Distributor Block	FOUT	Cascade Signal Distributor Block
	FFSUM	Feed-Forward Signal Summing Block
	XOPL	Non-Interference Control Output Block
	SPLIT	Control Signal Splitter Block
Alarm Block	ALM-R	Representative Alarm Block
Pulse Count Input Block	PTC	Pulse Count Input Block

Block type	Model	Name
YS Instrument Block	SLCD	YS Controller Block
	SLPC	YS Programmable Controller Block
	SLMC	YS Programmable Controller Block with Pulse Width Output
	SMST-111	YS Manual Station Block with SV Output
	SMST-121	YS Manual Station Block with MV Output Lever
	SMRT	YS Ratio Set Station Block
	SBSO	YS Batch Set Station Block
	SLCC	YS Blending Controller Block
	SLBC	YS Batch Controller Block
FOUNDATION fieldbus Facplate Block	STLD	YS Totalizer Block
	FF-AI	FOUNDATION fieldbus Analog Input Block
	FF-DI	FOUNDATION fieldbus Discrete Input Block
	FF-CS	FOUNDATION fieldbus Control Selector Block
	FF-PID	FOUNDATION fieldbus PID Control Block
	FF-RA	FOUNDATION fieldbus Ratio Block
	FF-AO	FOUNDATION fieldbus Analog Output Block
	FF-DO	FOUNDATION fieldbus Discrete Output Block
	FF-OS	FOUNDATION fieldbus Output Splitter Block
	FF-SC	FOUNDATION fieldbus Signal Characterizer (Totalizer) Block
	FF-IT	FOUNDATION fieldbus Integrator Block
	FF-IS	FOUNDATION fieldbus Input Selector Block
	FF-MDI	FOUNDATION fieldbus Multiple Discrete Input Block
	FF-MDO	FOUNDATION fieldbus Multiple Discrete Output Block
	FF-MAI	FOUNDATION fieldbus Multiple Analog Input Block
FF-MAO	FOUNDATION fieldbus Multiple Analog Output Block	

Après sélection apparaîtra un bloc vert avec mention PVI, PID, MLD etc....

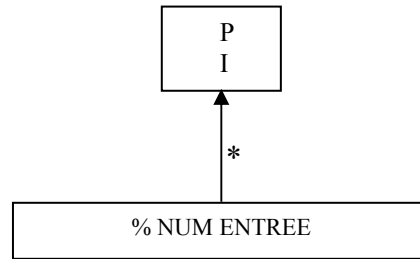


On va joindre a ce PVI une entrée physique, il suffira pour cela d'appeler dans le dictionnaire **Link block pio (input/output)**



La liaison entre les 2 entités se fera par la suite en disposant un wire (fil) en cliquant sur l'icône de wiring





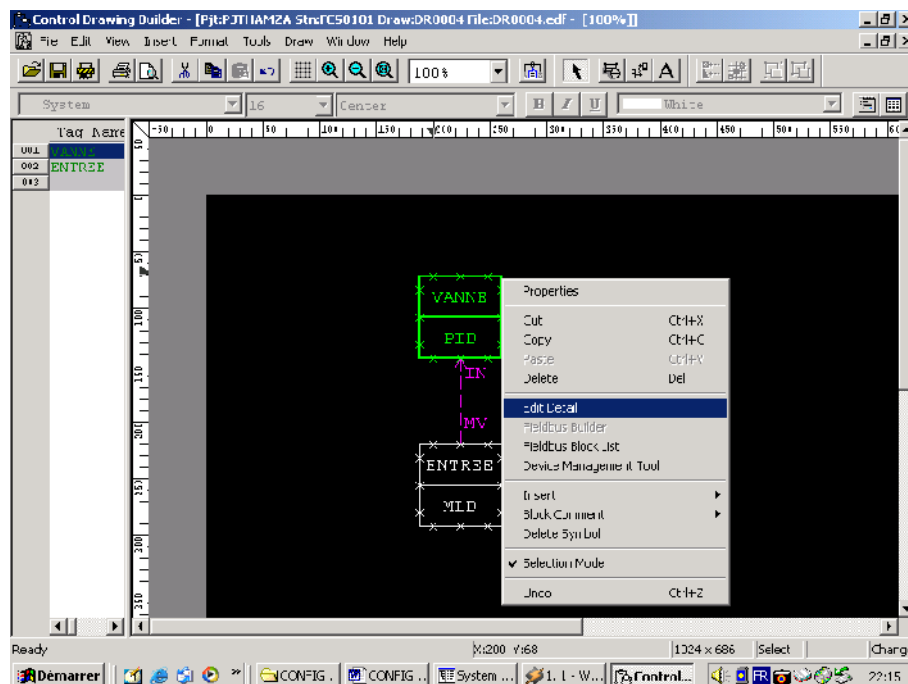
Et avec la souris on disposera la liaison (*)

➤ **Vue de détail d'un bloc PID:**

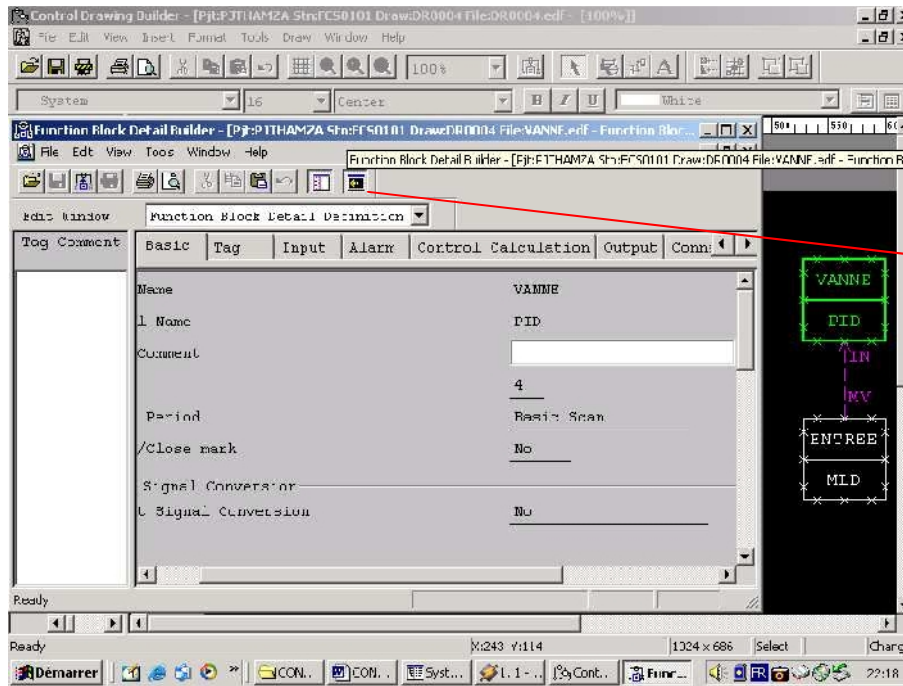
L'édition des détails d'un bloc est une fonction importante, car cela permet de définir, les paramètres de fonctionnalité de ce dernier, tel que:

- ✓ Unité de mesure.
- ✓ Echelle.
- ✓ Alarmes permises etc...

Il faudra préciser que les détails dont il s'agit se font en mode de programmation donc sur station ingénieur.



Pour le changement des paramètres des différents blocs de fonction, il suffit de cliquer sur le bloc et puis par le bouton droit de la souris choisir « édit détail ».



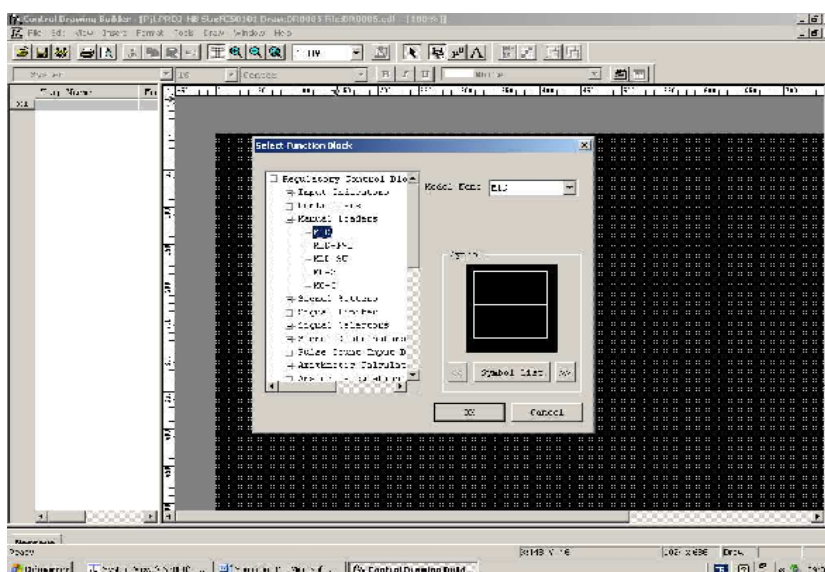
Example: basic / tag / input / alarm/ control calculation /output/connection/other

III.12.7.4 Bloc de Chargement manuel - MLD (manual loader) :

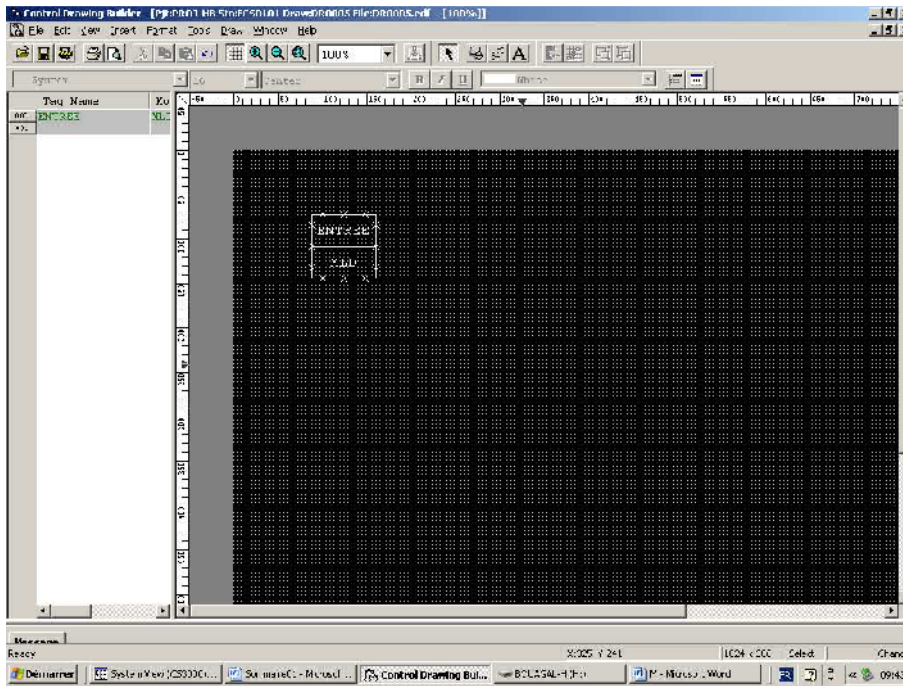
Définition de bloc MLD:

- Le Bloc du Chargeur manuel (MLD) peut être utilisé pour la manipulation du paramètre (MV).
- Le contrôle se fera manuellement, tels que valves de contrôle.

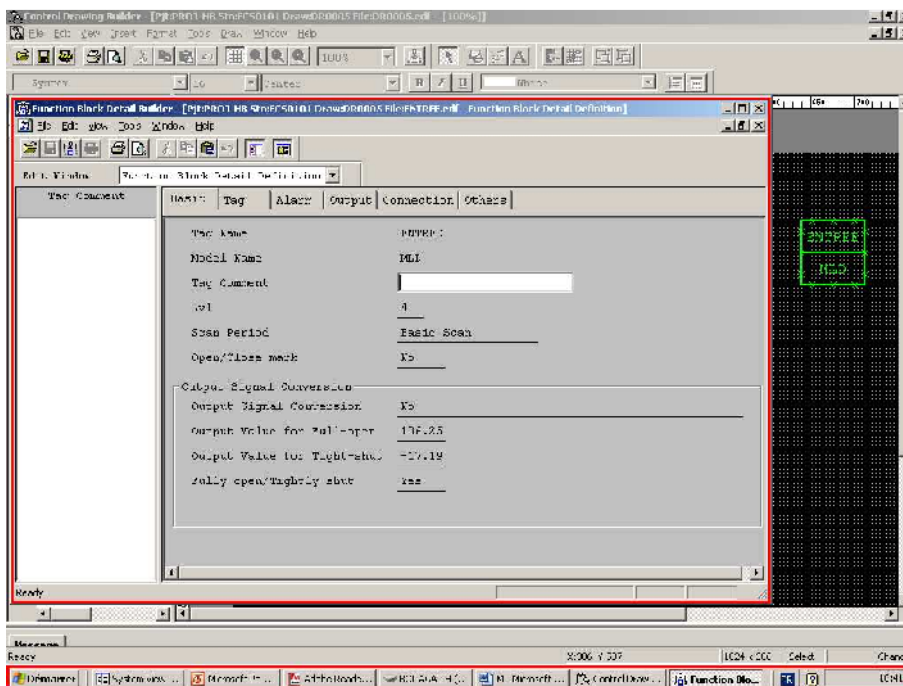
Pour faire le choix du bloc MLD, il suffit de cliquer sur insert dans le function block détail builder puis choisir dans regulatory control bloc dans manuel loaders (MLD) :



« Boite de dialogue pour la sélection »



Il est à noter que pour le changement des paramètres des différents blocs de fonction, il suffit de cliquer sur le bloc et puis par le bouton droit de la souris choisir « edit detail ».




A ces détails faits en station ingenieur viennent s'ajouter d'autres spécifications (détails) qui se feront en mode opérateur en staion « HIS »

- **Fenêtre de changement des paramètres de bloc MLD sur HIS**

La fenêtre de réglage affiche l'état de contrôle d'un bloc de fonction .elle permet également d'ajuster les réglages de diverses valeurs de consigne et paramètres de régulation, d'attacher et d'ôter des marques opératoires.

La fenêtrer de réglage inclut divers paramètres, une façade instrument et une courbe de réglage.

Pour l'apparition de cette fenêtre on appuie sur  (vue de réglage), qui se trouve dans la **barre d'outils**

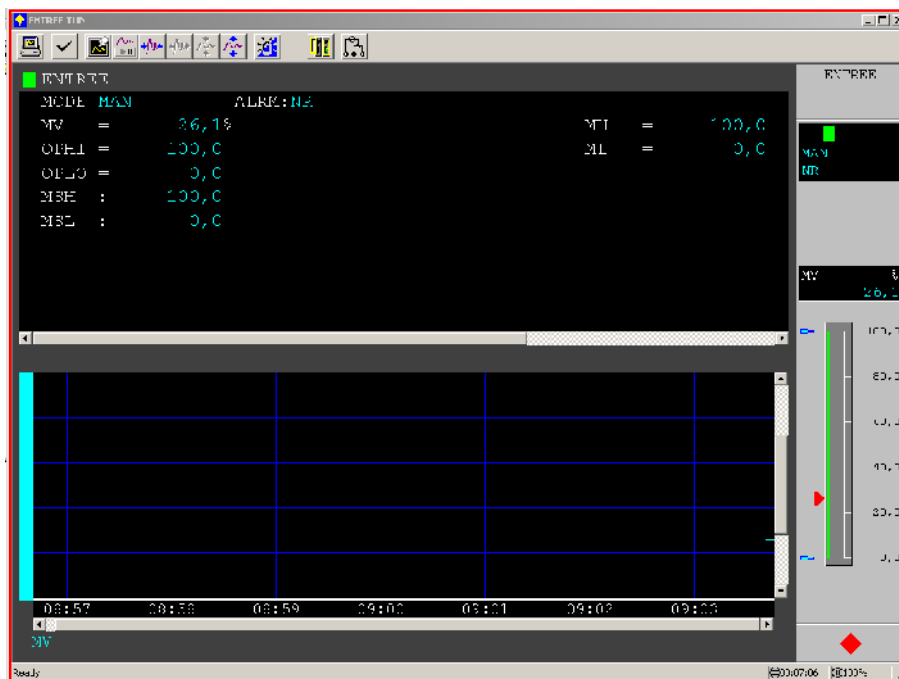
Précaution:

1. disposer d'une clef système, qu'on insérera sur clavier opérateur
2. les paramètre MH, ML, etc..... sont très importants et agissent généralement sur le fonctionnement réel du process ; donc des précautions sont à prendre

Par exemple : MV: Commande (valeur envoyée au procédé)

MH: Limite haute sur la commande

ML: Limite basse sur la commande



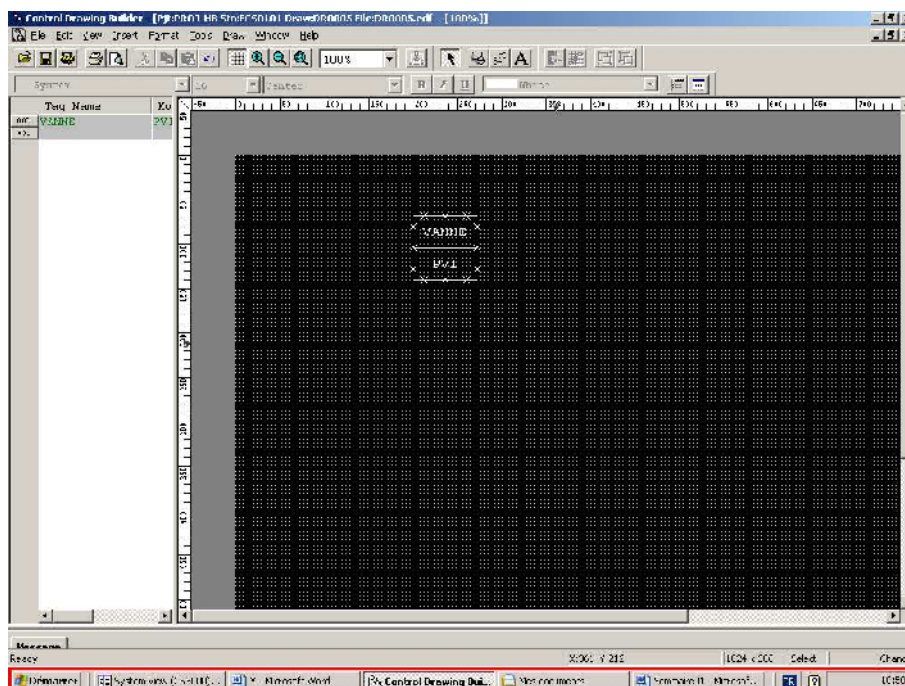
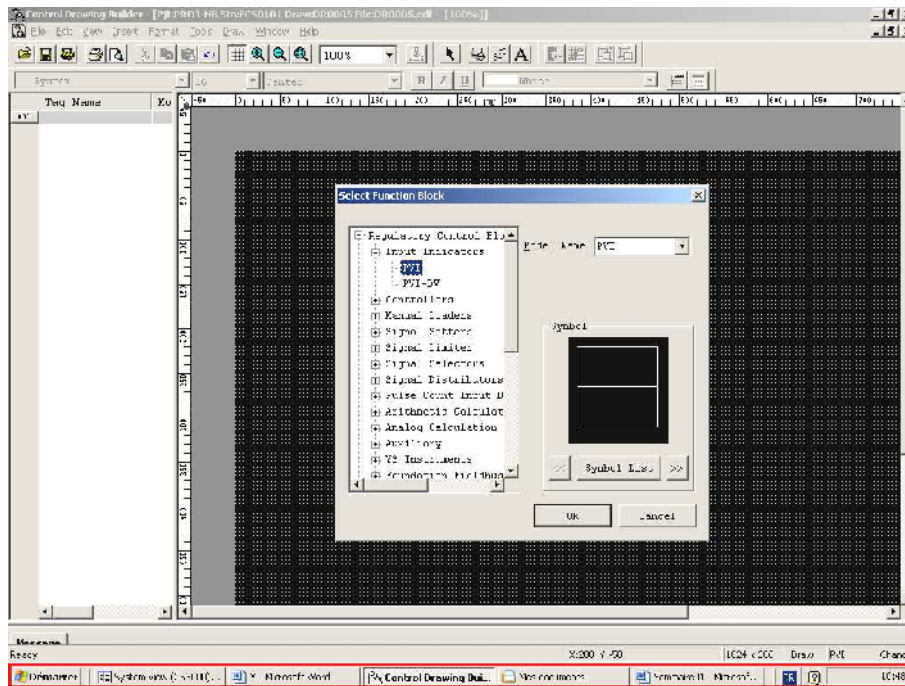
IV.12.7.5 Bloc de d'acquisition de valeur process –PVI (process value input):

Définition der bloc PVI:

Ce bloc peut être utilisé pour indiquer le processus variable

Seulement d'une entrée physique par exemple.

Pour crée le bloc PVI clique sur le bouton (select function block) et dan cette table ouvrir le (Regulatory contrôle block) et aller à (input indicators) pour accéder au bloc PVI.



Exemple: basic / tag / alarm//output/connection/other

- **Fenêtre de changement des paramètres de bloc PVI sur HIS**

Il est à noter que pour le changement des paramètres des différents blocs de fonction, il suffit de suivre la même procédure précédemment décrite.

PARAMETRES DE LA VUE DE REGLAGE de bloc PVI

SH: Echelle haute de la mesure

SL: Echelle basse de la mesure

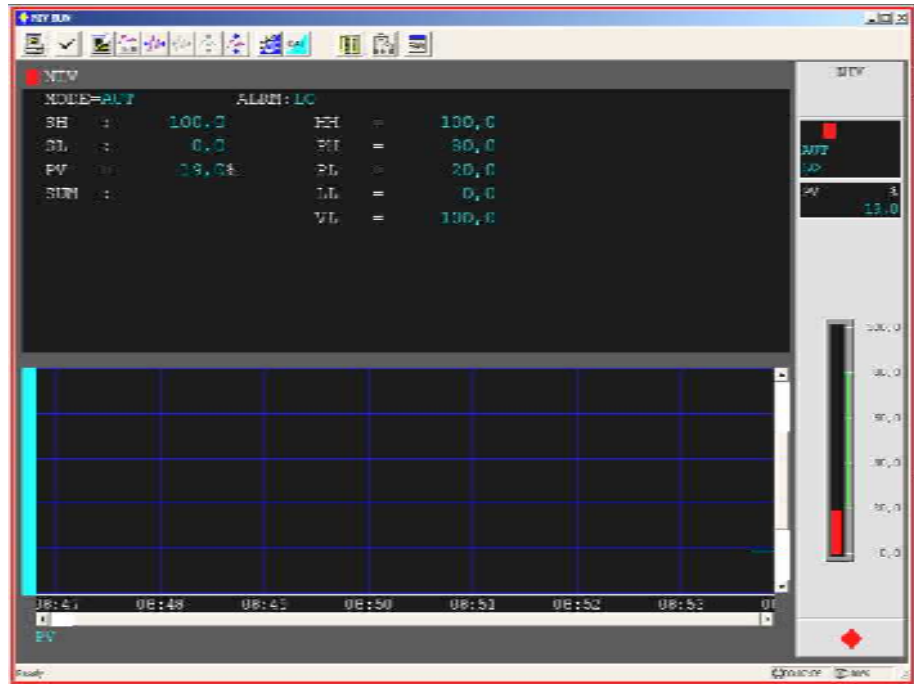
PV: Mesure (valeur venant du procédé)

HH: Seuil très haut

PH: Seuil haut

PL: Seuil bas

LL: Seuil très bas



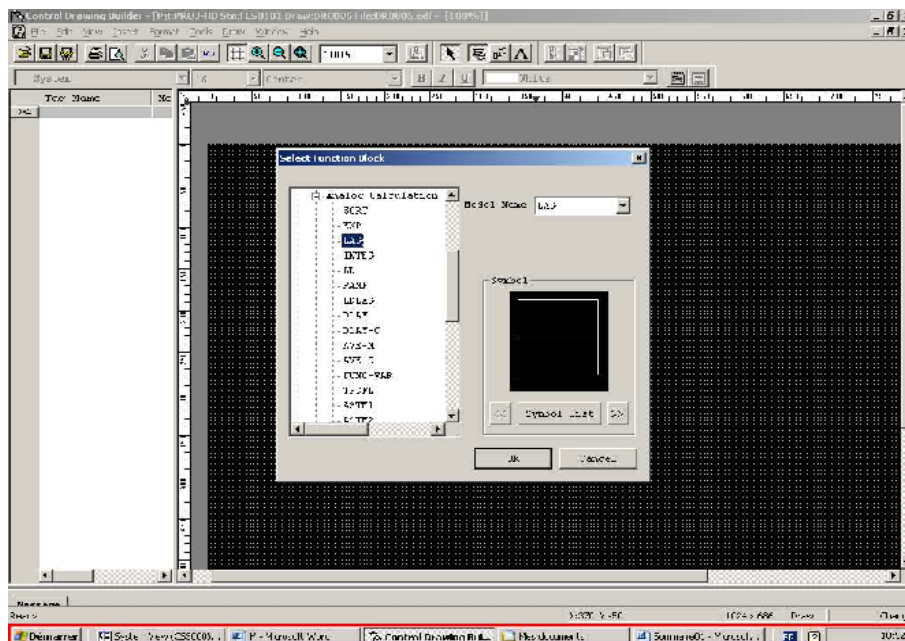
IV.12.7.6 Bloc de simulation – LAG :

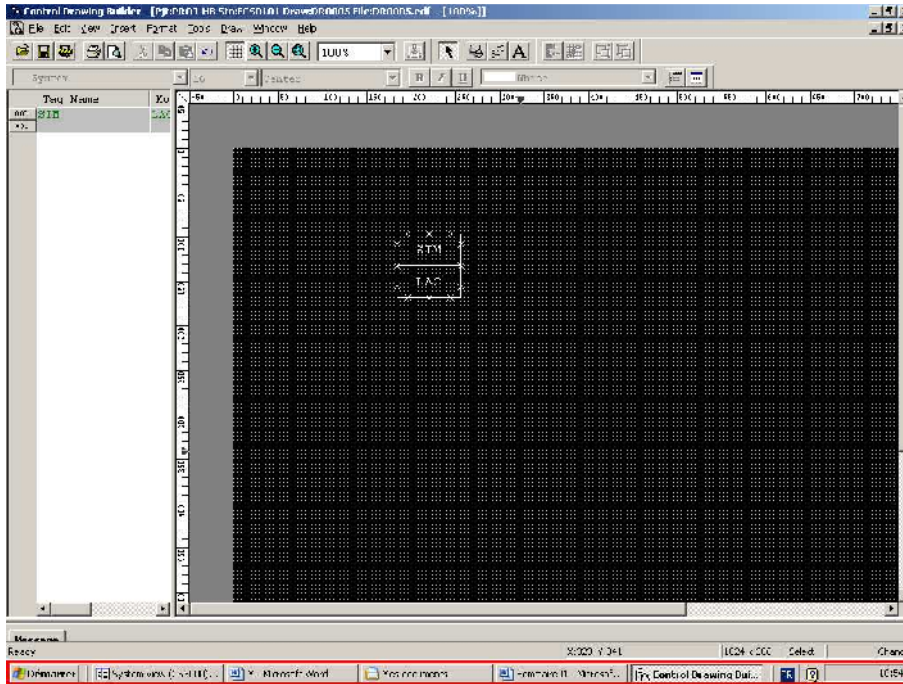
Définition du bloc LAG :

Etant donné l’existence des entrées physiques dans notre travail, l’utilisation du bloc LAG s’est avérée nécessaire.

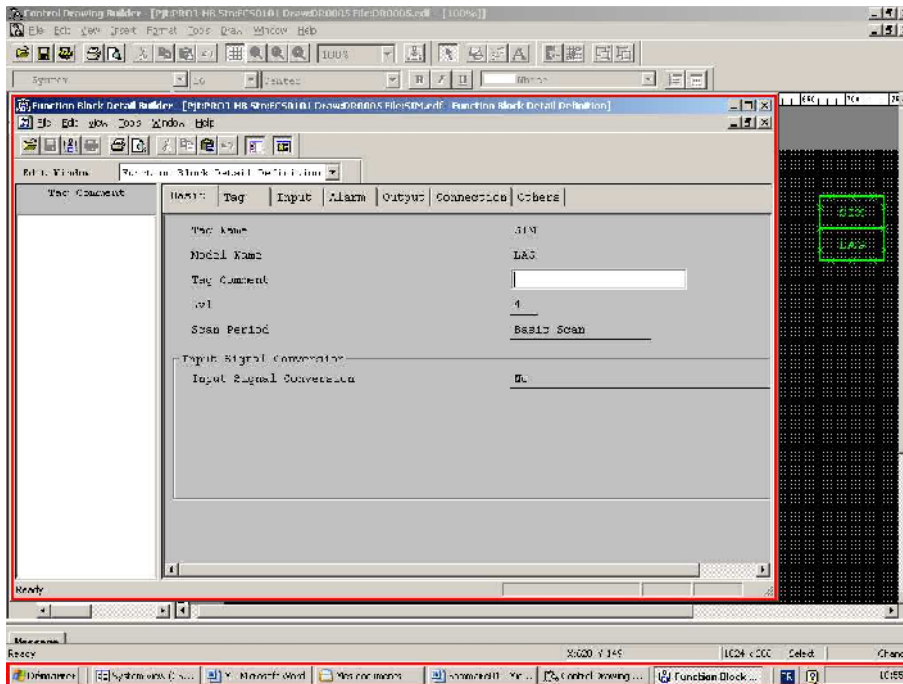
Le LAG utilisé dans deux cas différents :

- 1) Comme filtre process
- 2) Simulateur de caractéristique process (capteur et actionneur.)





De la même manière ce bloc a des caractéristiques internes.



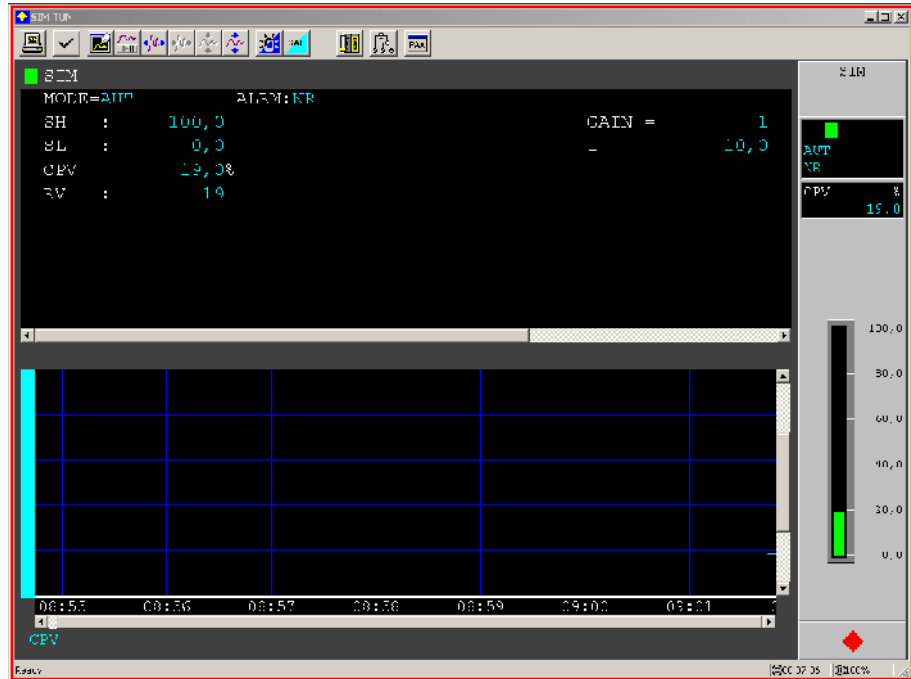
- Fenêtre de changement des paramètres de bloc LAG sur HIS

PARAMETRES DE LA
VUE DE REGLAGE de
bloc LAG

SH: Echelle haute de la mesure

SL: Echelle basse de la mesure

I: Action Intégrale

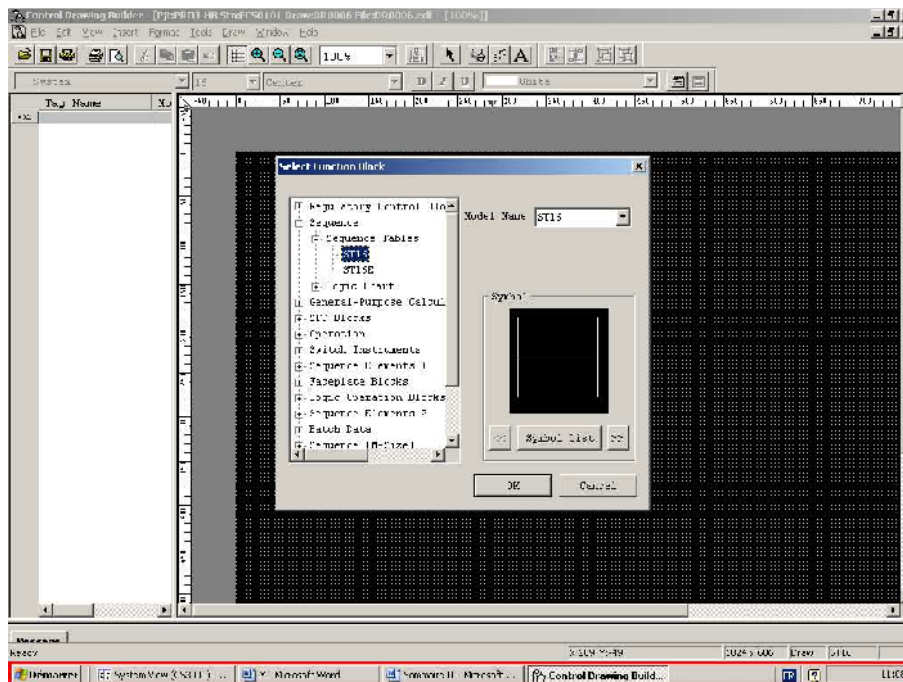


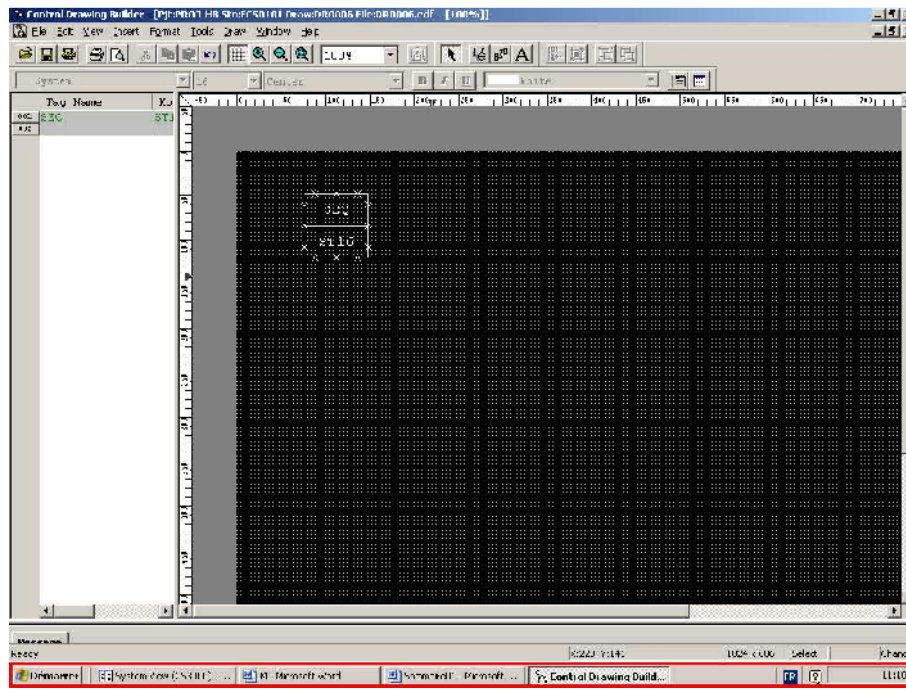
IV.12.7.7 Bloc de séquence – ST016 :

Les blocs table de séquence sont utilisés pour la description des séquences dynamiques.

En phase de travail le conditionnement des actions est fait par le biais de conditions.

Ces relations entre les signaux de conditions et les signaux d’actions sont décrites avec des oui ou non (Y/N) sur une table quadrillée sous forme de matrice.



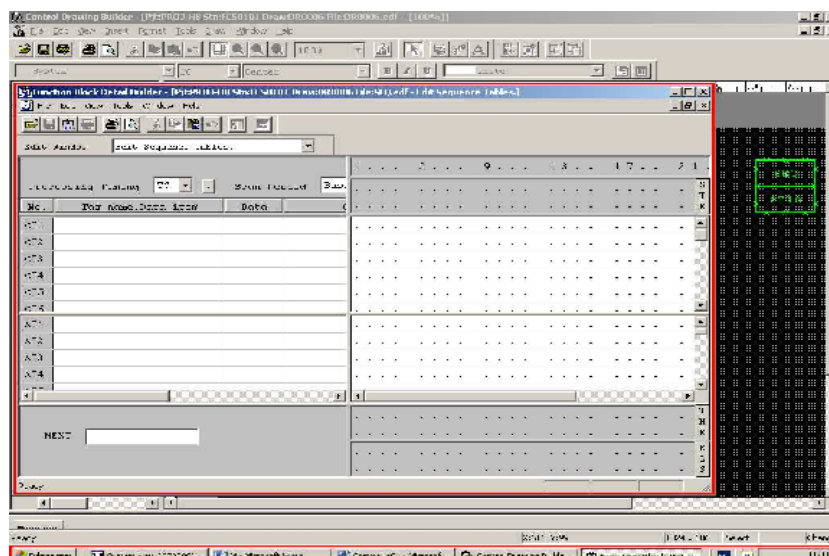


Edit détail (en cliquant sur la souris a droite) Deux types de table :

- **Combinatoire:** évaluation des conditions pour toutes les règles et exécution des actions associées aux règles vérifiées.
- **Séquentielle:** évaluation des conditions pour les règles appartenant au pas courant, exécution des actions de ce pas et passage au pas suivant.

Modes:

- O/S: out of service.
- MAN : pas d'exécution.
- AUT : fonctionnement.



- **Fenêtre d'édition d'une table de séquence**

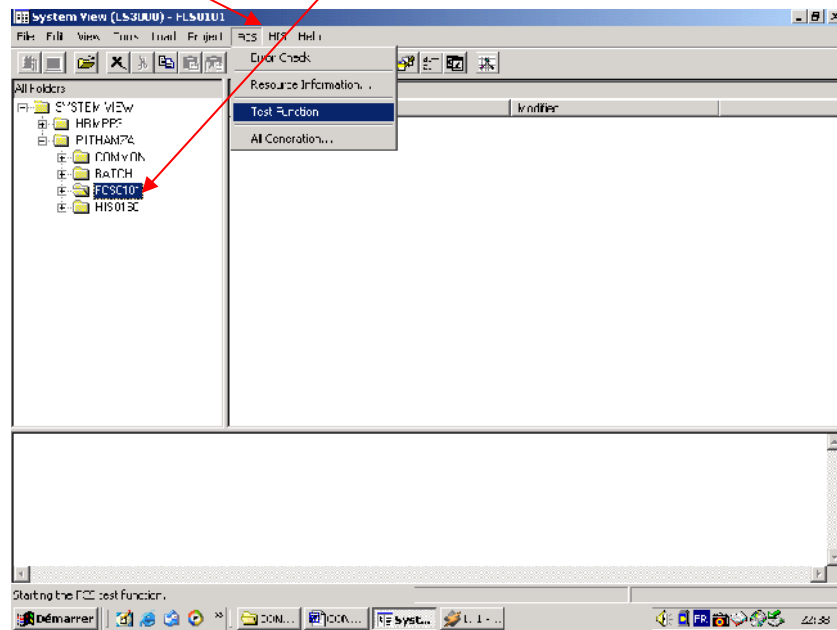
Dans ce tableau on retrouve des conditions C01..... et des actions A01

Qu'on définira comme suit :

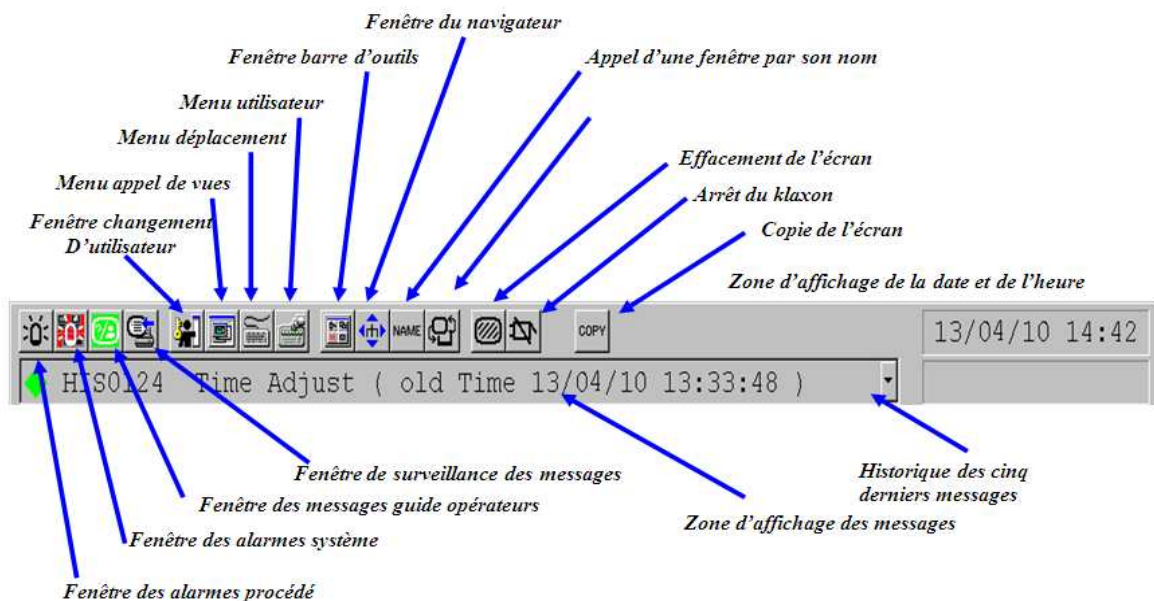
On utilise le tableau de vérité soit dans l'addition ou la multiplication et on a deux parties :

IV.12.8 Lancement de la fonction de test :

Pour lancement la simulation il faut une FCS doit être sélectionnée et clique sur option « test fonction » du menu FCS.

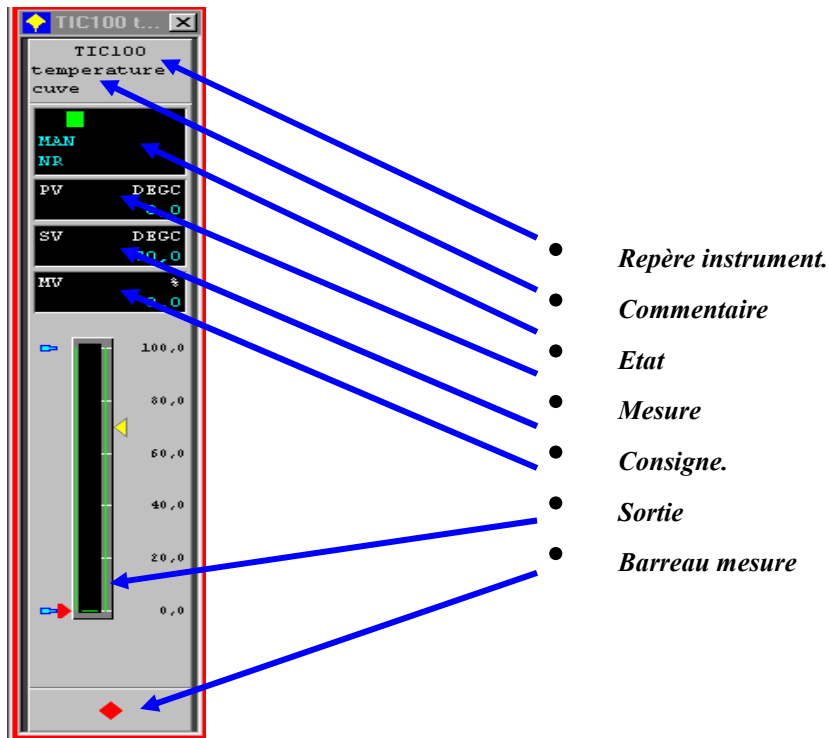


C'est un groupe d'outils pour une efficace vérification de la partie logicielle de la FCS créée par l'utilisateur. Après le lancement de la fonction du test, le bandeau d'exploitation suivant apparaît :

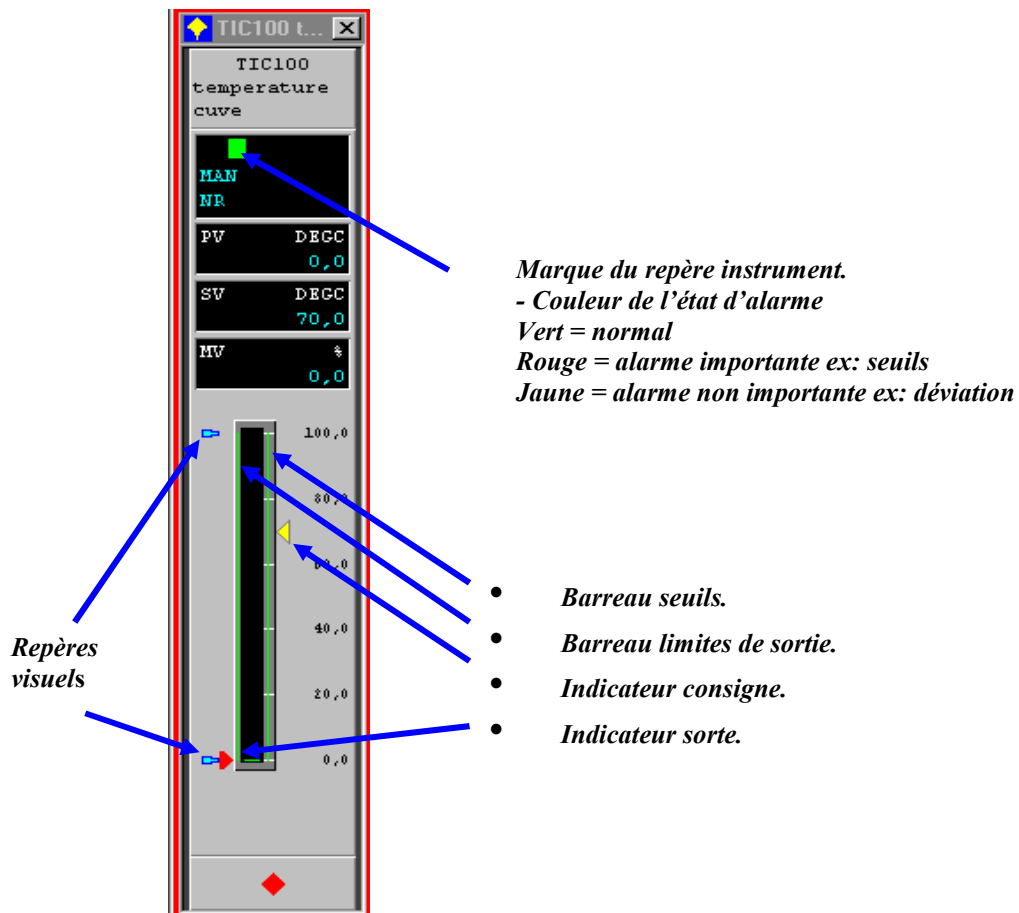


IV.12.9 La face-avant d'instruments :

Il existe des face-avant d'instruments analogiques, séquentiels ou hybrides.



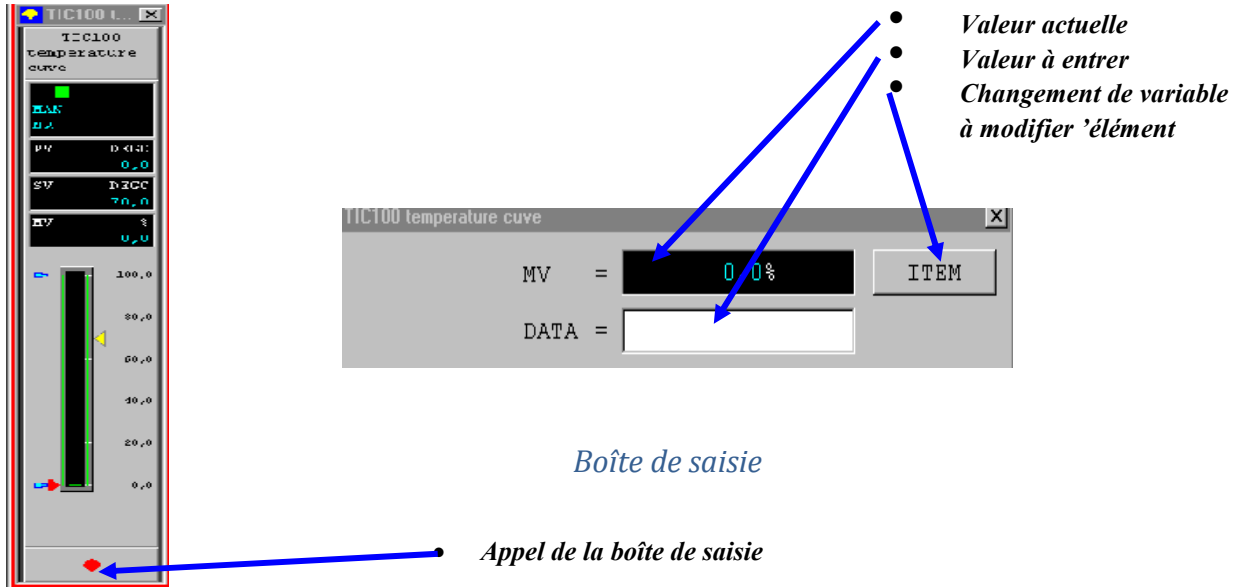
• Face-avant d'instrument analogique



1. Modification de données :

Cette opération modifie les données éléments de données d'un bloc de fonction.

Pour entrer ou changer une valeur d'entrée d'un instrument (point de consigne par exemple), il suffit de cliquer sur la case du paramètre voulu, la boîte de dialogue suivante apparaît :



2. Changement de mode de bloc de fonction

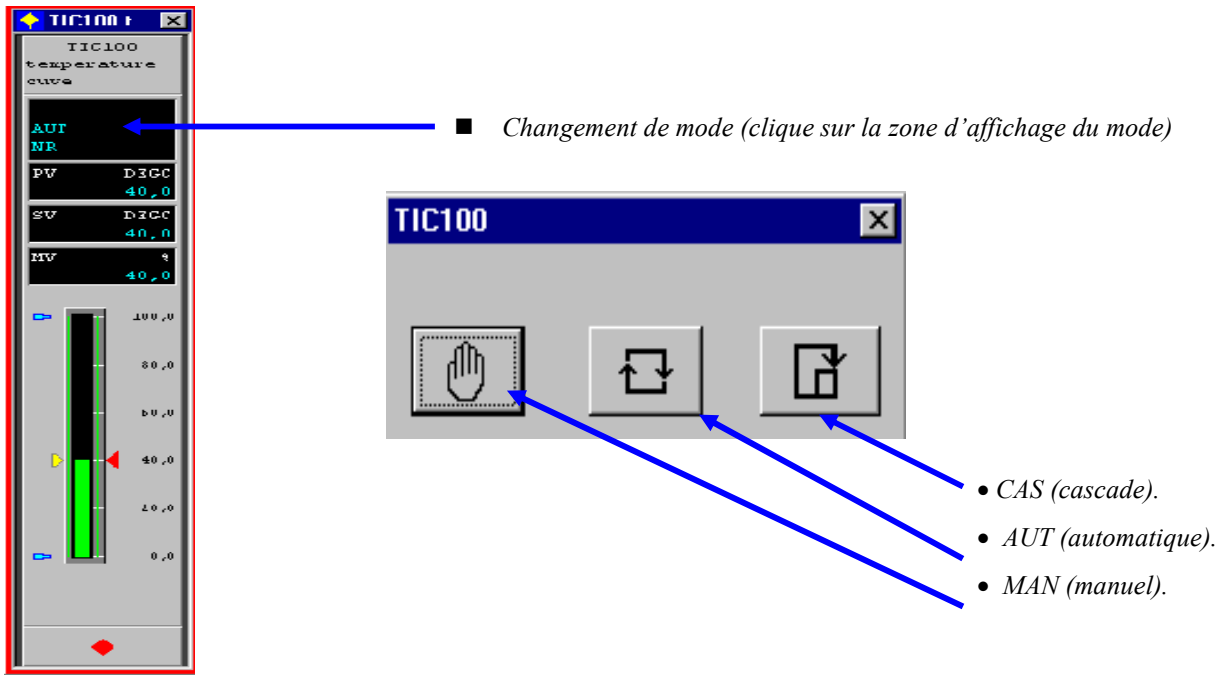
L'état opératoire d'un bloc de fonction est appelé le mode de bloc, il peut être modifié par l'opérateur.

Différents modes sélectionnés :

- Mode AUT (automatique).
- Mode MAN (manuel).
- Mode CAS (cascade).

➤ Modification du mode à partir de la boîte de dialogue :

La boîte de dialogue est appelée à partir de la façade instrument du bloc.

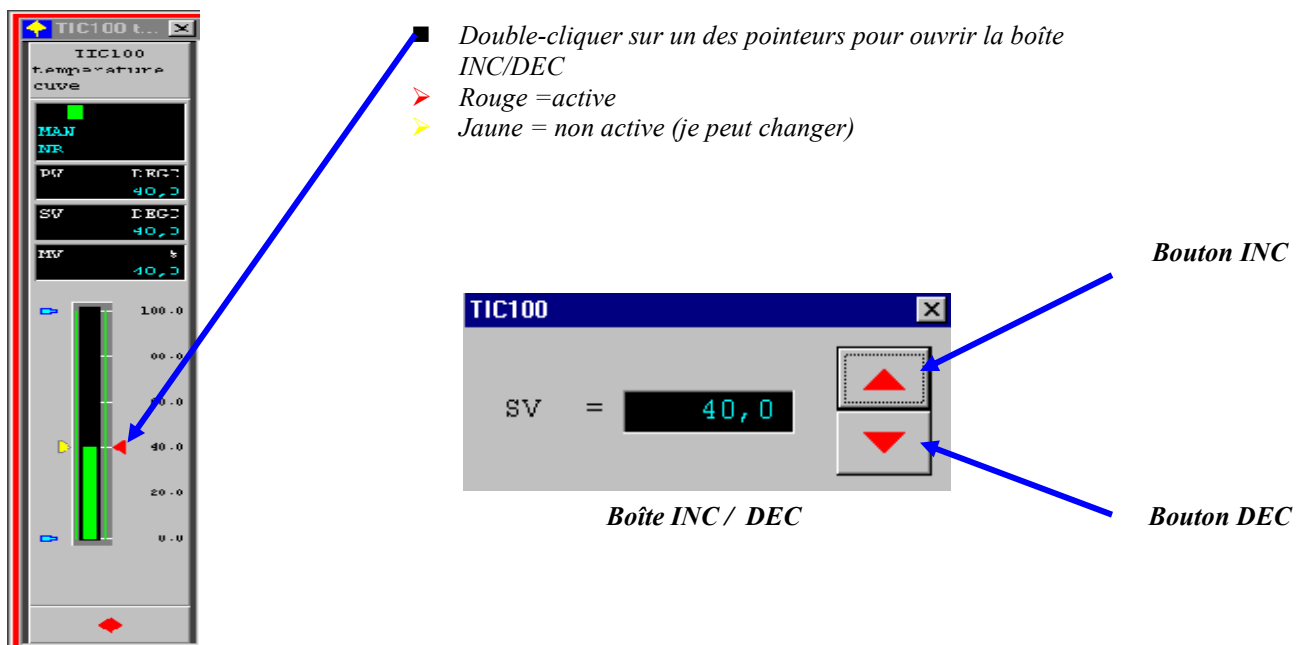


3. Opération INC/DEC :

Cette opération modifie les données de procède à partir de fenêtre de dialogue INC (increase)/DEC (decrease).

➤ Opération INC/DEC à partir de la fenêtre de dialogue :

La fenêtre est appelée à partir d'une façade instrument avec un indicateur d'opération.



Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons fait une étude approfondie et détaillée sur les systèmes de contrôles distribués DCS CS3000, l'étude de ces différents blocs nous a permis d'acquérir des connaissances dans le domaine de la programmation sous DCS, qui vont nous servir pour le développement d'une nouvelle solution numérique du Turbo-Expander.

Introduction :

Le but de cette étude est la réalisation d'un système de commande et de supervision du Turbo-Expander de l'unité GPL de Oued-Noumer à l'aide du DCS (CS 3000) de YOKOGAWA.

Cette machine est commandée par un système de contrôle à relais (logique câblée) qui présente plusieurs inconvénients :

- Logique figée, ne permet pas les modifications des processus.
- Faible fiabilité des relais.
- Fausse information lors d'une mauvaise fermeture des contacts.
- Très influencée par les facteurs ambiants (poussière, vibrations, humidité,...)
- Câblage très dense est compliqué.

V.1 Réalisation du projet :

Présentation des différents entrés/sortie de la séquence de fonctionnement du KE-01 :

V.1.2 Les signaux d'entrées :

TAG NAME	DESIGNATION
SSHH2251	Survitesse de l'arbre.
VSHH 2251	Vibrations excessives des paliers avant.
VSHH2252	Vibrations excessives des paliers arrière.
TSHH2251A	Température d'huile des paliers très hautes.
TSHH2252B	Température d'huile des paliers très hautes.
PDSLL2254	Pression différentielle d'huile des de lubrification aux paliers très basse.
PDSLL2252	Pression différentielle du gaz d'étanchéité très basse.
PDSHH2257A	Pression différentielle de buté très hautes.
PDSHH2257B	Pression différentielle de buté très hautes.
ARRET-U30	Arrêt de l'unité de compression 30.
LAHH2150	Niveau très élevé dans le 20-B-06.
LAHH2104	Niveau très élevé dans le 20-B-07.
PDAHH2223	Pression différentielle très élevé du filtre de l'Expander.

V.1.2 Liste des signaux de sortie :

TAG NAME	DESIGNATION
ARRET-KE-01	Arrêt du Turbo-Expander.
MARCHE-KE-01	Turbo-Expander en marche.
READY	Voyant près a démarrer
START	Bouton start.
XV2251	Vanne d'admission de l'Expander.
HV2201	Vanne Sortie de l'Expander.
HV2203	Vanne d'aspiration du Compresseur.
XV2204	Vanne de refoulement du Compresseur.
HIC2251	Vanne de charge de l'Expander.
JTVANNE	Vanne Joule Thomson.
FV2250	Vanne anti-pompage du Compresseur.

V.2 Déclaration des Switchs:

Après avoir crée notre projet nous allons déclarer nos switchs de la manière suivante :

Double clique sur « Switch Def2 », On remplit les cases des Switchs par des Tag Name des signaux d'entré/sortie de notre projet.

La fenêtre suivante montre la déclaration des switchs.

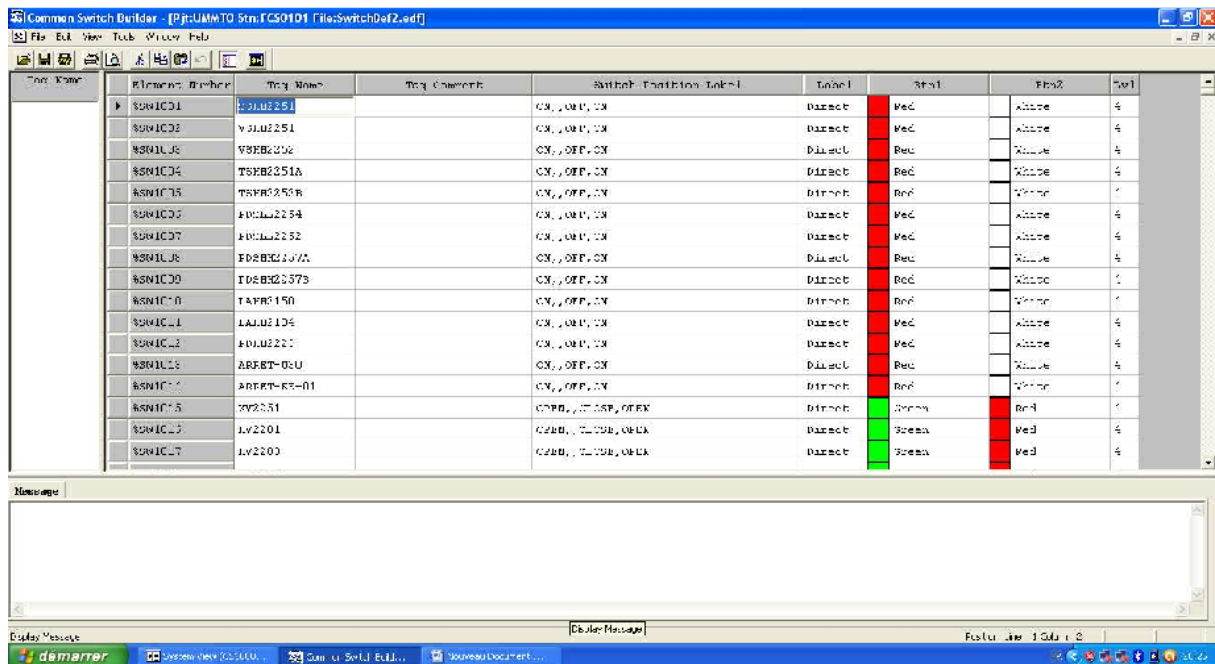


Figure V.1 : Déclaration des switchs.

V.3 Création des blocs de fonction :

Pour réaliser notre projet nous avons crée une FCS (FCS101) et nous avons programmé notre solution dans un Drawing:

- **Drawing (DR0001) :** comprend les blocs de schéma logique « LC64 », que nous avons utilisé pour programmer la séquence de fonctionnement de notre machine, comme le montre les figure suivante :

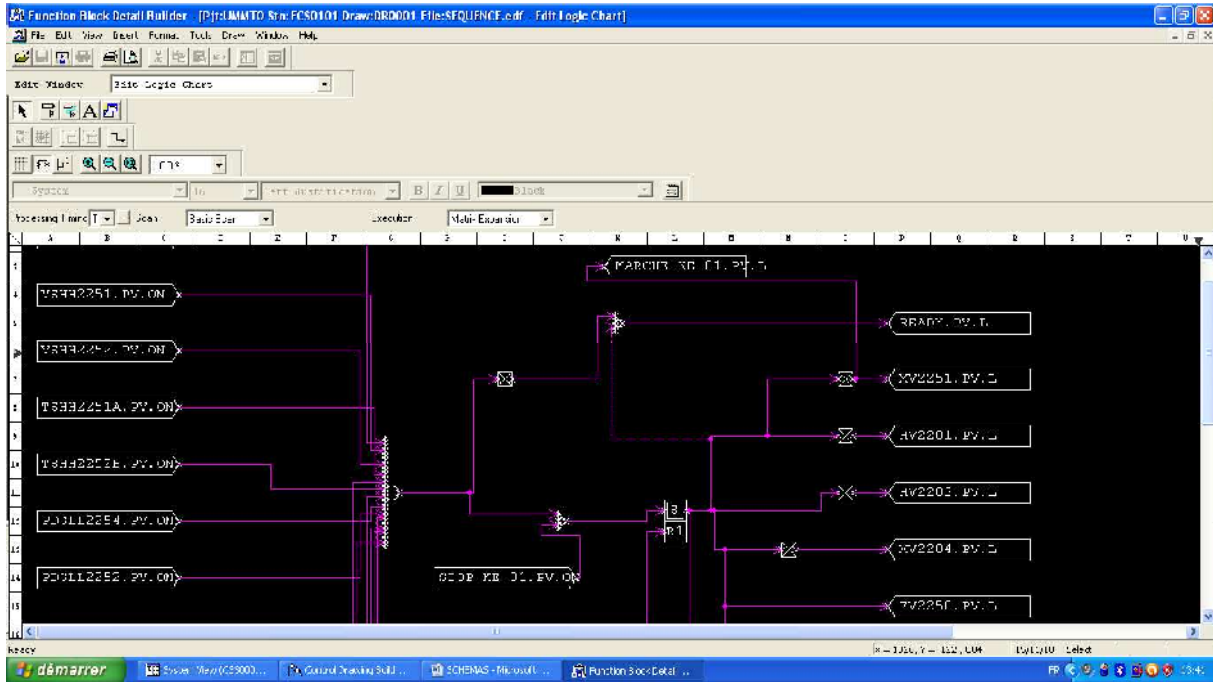


Figure V.2 : schémas Logic Chart (LC64).

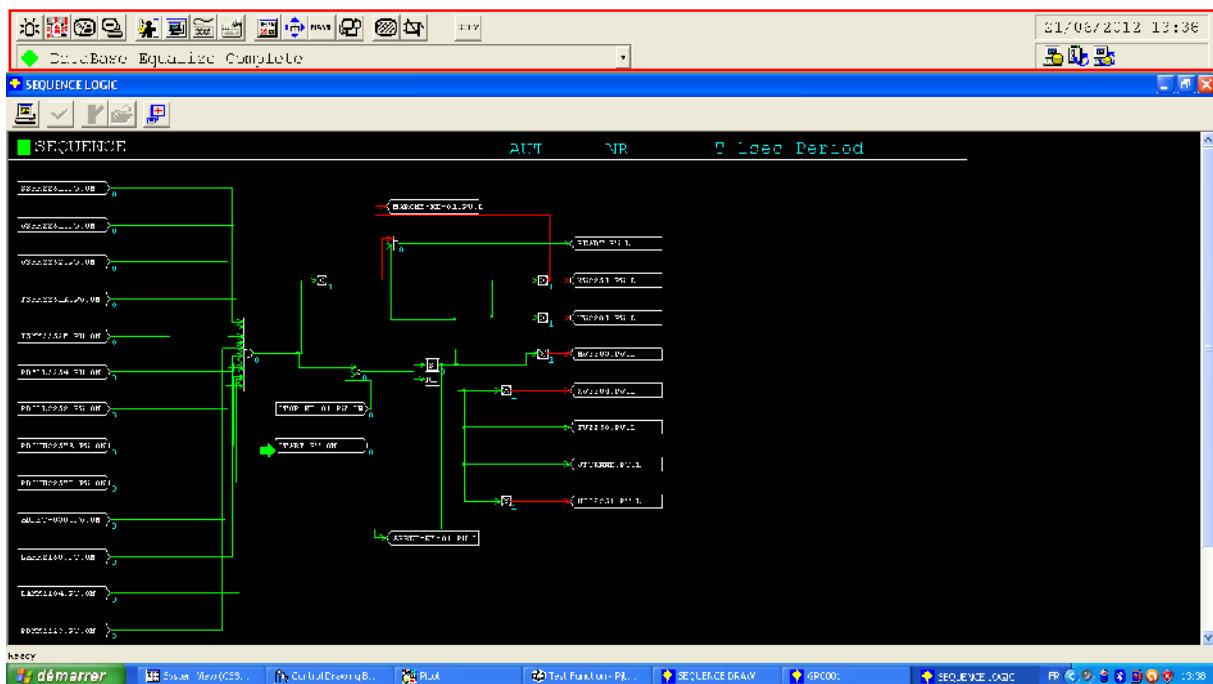


Figure v.3 : Séquence Logique du fonctionnement du Turbo-Expander.

V.4 Création des graphiques :

Dont le but de voir notre simulation graphiquement et pouvoir dynamisée, nous avons créé une HIS, Puis un double clique « GR0001 », nous pouvons maintenant utiliser cette fenêtre pour dessiner nos schémas et programmer nos sortie avec la boîte de dialogue « linked part ».

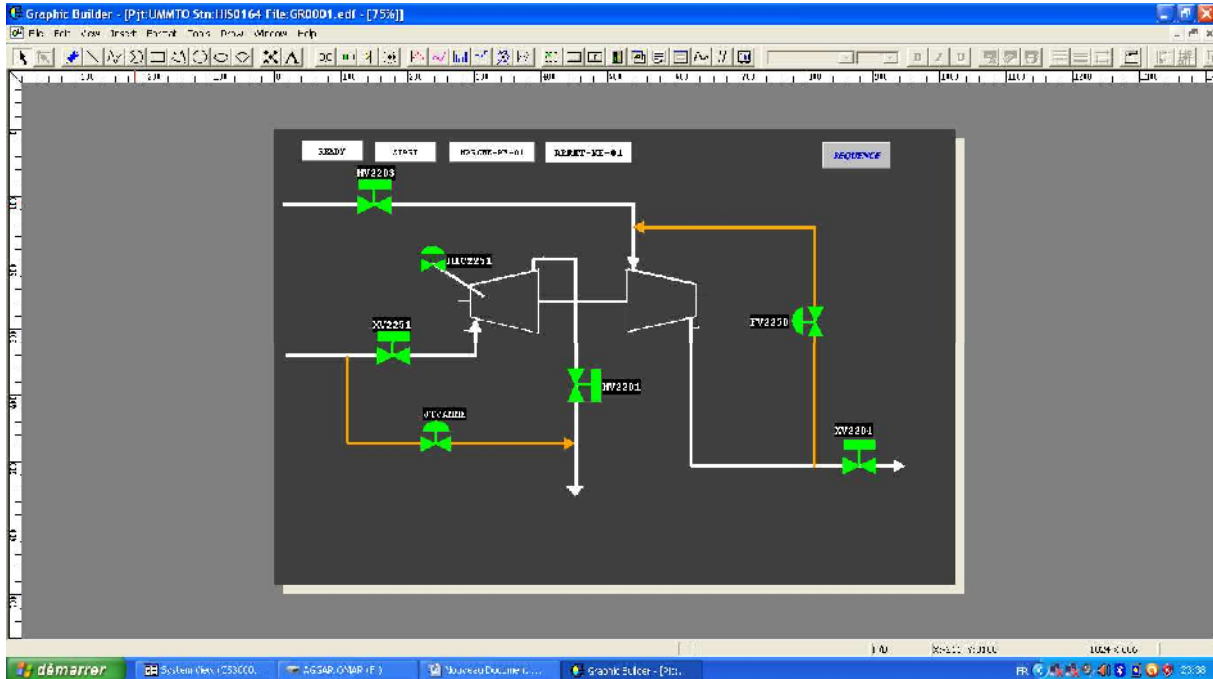


Figure V.4 : Fenêtre création du graphique.

V.5 les Résultat de la simulation du projet :

Cette supervision est l'étape la plus importante de notre projet, elle nous permet de visualiser le démarrage et l'arrêt de notre machine (Turbo-Expander).

✚ Les conditions avant le démarrage :

- La vanne d'admission de l'Expander XV2251 est fermée.
- La vanne de sortie de l'Expander HV2201 est fermée.
- La vanne d'aspiration du Compresseur HV2203 est fermée.
- La vanne de refoulement du Compresseur XV2204 est fermée.
- La vanne de charge de l'Expander HIC2251 commandée est fermée.
- La vanne de by-pass de l'Expander (J.T) est ouverte.
- La vanne anti-pompage FV2250 est ouverte.

Une fois toutes ces conditions sont réunies et aucun facteur de déclenchement n'est signalé, le voyant READY s'allume.

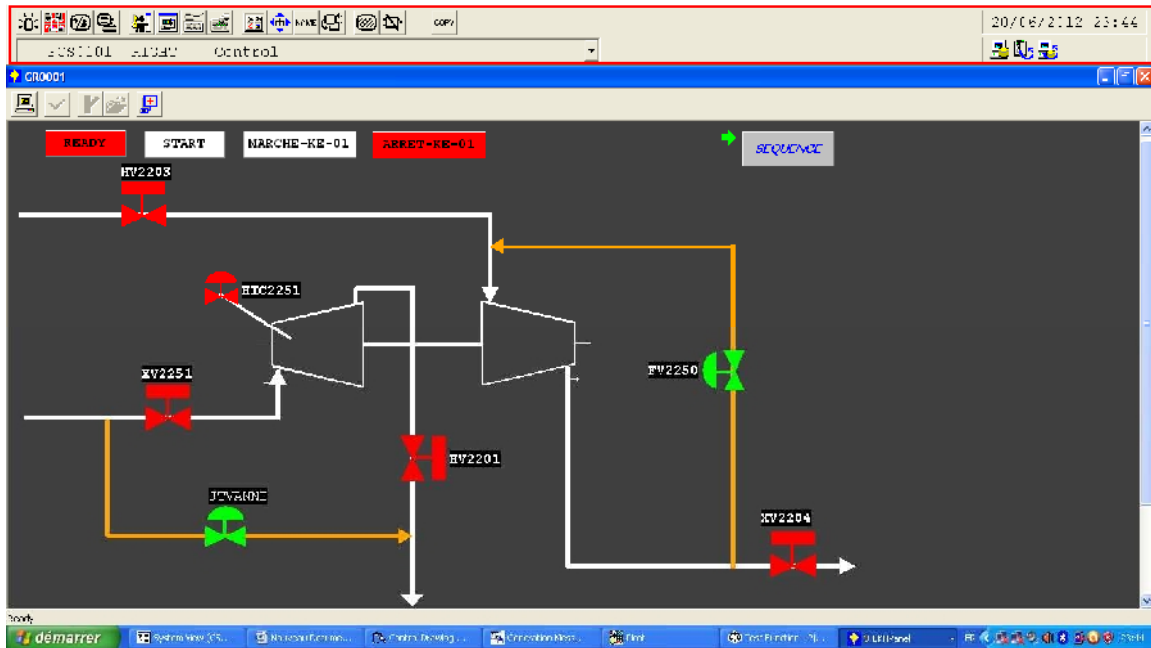


Figure V.5 : conditions avant démarrage.



Le démarrage du Turbo-Expander:

On met la machine en service en appuyant sur le bouton « START »

- Les vannes HV2203, XV2204, HV2201, XV2251, s'ouvrent.
- La vanne HIC2251 s'ouvre.
- Les vannes J.T et anti-pompage FV2250 se ferment.

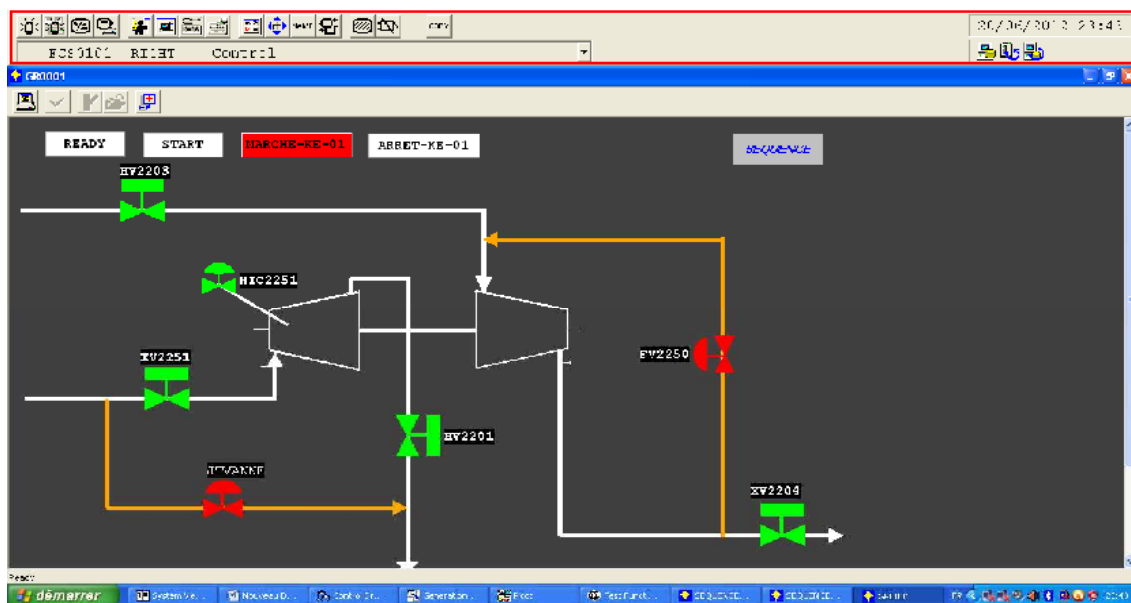


Figure V.6 : Turbo-Expander en marche.

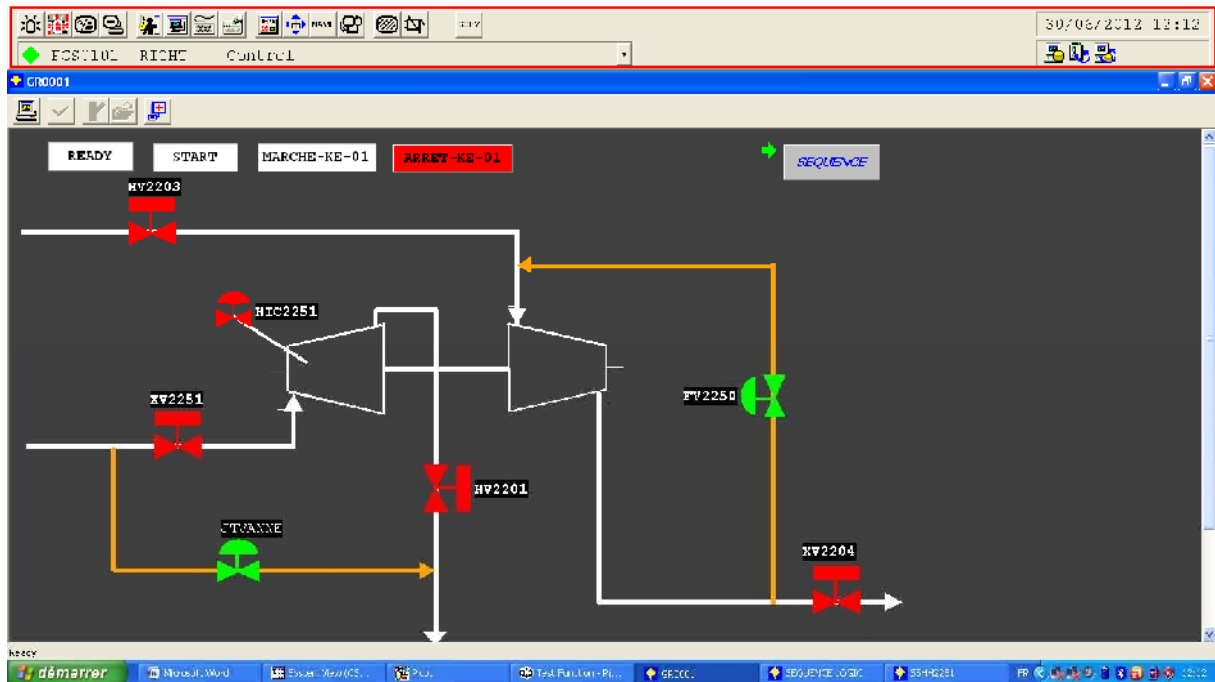


Figure V.7 : Arrêt du Turbo-Expander.

Un facteur (LL,HH) déclencheur active l'arrêt d'urgence de la machine.

✚ Conclusion :

- Le DCS permet l'optimisation de la commande du système et éviter toute fausse information (mauvais contact, fermeture de contact sans ordre,...)
- L'erreur humaine devient un événement rare grâce à l'autonomie du DCS.

Conclusion générale :

Ce mémoire est le résultat de notre stage pratique au sein de l'entreprise nationale SONATRACH, il nous a permis de nous imprégner de la réalité industrielle, et de nous mettre au fait des différentes techniques de l'instrumentation utilisées.

Pour cela, nous avons d'abord étudié le process de l'unité GPL en se focalisant sur le fonctionnement du Turbo-Expander, ainsi que ses différents systèmes (système d'équilibrage, système de lubrification, système de gaz d'étanchéité).

Ensuite nous avons étudié le système de contrôle DCS de YOKOGAWA le CENTUM CS 3000 dans sa constitution matérielle et logiciel. Ceci nous a permis de programmer les séquences de démarrage, d'arrêt normal et d'urgence du KE-01 (Turbo-Expander), et la validation de notre travail par une simulation sous le CS3000.

Tout au long de l'élaboration de la présente solution, on a été en contact avec des problèmes réels auxquels les opérateurs industriels sont toujours confrontés, choses qui nous a permis aussi de préconiser des solutions pratiques avec l'aide des ingénieurs de terrain.

En d'autres termes, le côtoiement quotidien des techniciens et ingénieurs de la maintenance, a contribué à l'évaluation objective et la validation de nos connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire.