

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE.**

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU.



**FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE**

**Mémoire De Fin D'études
Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état
en Electronique**

Thème :

***Etude d'une commande décentralisée et de supervision
d'unité de GAZ (Gassi Touil SONATRACH).***

***Proposé par :
D.FERRAS***

***Dirigé par :
Mr : M. LAGHROUCHE***

***Réalisé par :
DJAROUN Samia.
BENMECHDAL Ghania.
NECHAB Sofiane.***

Promotion 2010

REMERCIEMENTS :

Nous tenons avant tout à présenter nos remerciements et nos respects à notre promoteur Mr LAGHROUCHE pour nous avoir encadrés et soutenus pendant la réalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également au personnel de la division maintenance SONATRACH de la région GASSI TOUIL et particulièrement au Chef de division AIMOUR.R ,BENMAHDJOUR.C,DJ.FERRAS, ABD ELMADJID, ELKHAWA ,DILMI, DAHMANE, , DAHOU, MOUNIR , AICHI , KASRI et SINSERI ainsi que le personnel de la Société SCHNEIDER –ALGER et particulièrement à Mr TALBI pour leurs assistance et disponibilités qu'ils nous accordaient, ses remarques et leurs conseils avertis ce qui nous a permis de réaliser notre travail dans sa meilleure forme.

Sans oublier AZIZ ARAB et GHEMMOUR.R pour leur disponibilité.

Tous nos infinis remerciements vont à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre cursus universitaire, pour le riche savoir qu'ils nous ont transmis avec rigueur et dévouement.

Nous réservons un remerciement et notre gratitude particulièrement à BENSID DJAFFAR.

Enfin, nous tenons à remercier également toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de notre travail.

MERCI.

Sommaire

	Page
Introduction générale.....	1

Chapitre 1 : Présentation et description de l'unité traitement gaz de Gassi-Touil.

Introduction.....	3
1. Situation Géographique	3
2. Développement de la région.....	4
3. Organisation du site Gassi-Touil.....	5
4. Les activités de la région de Gassi Touil.....	7
5. Présentation de l'unité traitement gaz.....	7
5.1. Installation de traitement de gaz.....	8
5.2. Objectif de l'unité.....	9
5.2. Procédés de traitement de gaz.....	9
6. Fonctionnement de l'unité de traitement de gaz.....	9
6.1. Circuit gaz.....	9
6.2. Circuit condensat.....	10
6.3. Circuit DEG.....	10
Conclusion.....	11

Chapitre 2 : Etude de l'état de la chaine de traitement gaz.

Introduction.....	12
I. Etude de l'état actuel de la chaine.....	12
I.1. Description générale du séparateur.....	12
I.1.1. Définition d'un séparateur.....	12
I.1.2. Constitution du séparateur.....	12
I.2. Les instruments du séparateur S101	14
I.2.1. Les capteurs.....	14
I.2.2. Les organes de sécurité.....	17
I.2.3. Les actionneurs.....	18

Sommaire

II.	Choix des instruments pour l'intégration sous système numérique.....	20
II.1.	Transmission du signal de mesure.....	20
II.2.	Les instruments de mesures sur terrain.....	21
II.2.1.	Les transmetteurs intelligents.....	21
II.2.2.	Choix d'un transmetteur.....	22
II.3.	Les instruments proposés.....	23
II.3.1.	Transmetteurs de pression modèle 4600.....	23
II.3.2.	Transmetteurs de température modèle 644.....	24
II.3.3.	Transmetteur de débit multivariable modèle 3095.....	24
II.3.4.	Transmetteur de niveau modèle 2390.....	25
II.3.5.	Convertisseur électropneumatique.....	26
Conclusion.....		27

Chapitre 3 : Automatisation du système.

Introduction.....	28
1. Le Grafcet.....	28
1.1. Généralités.....	28
1.2. Règles d'évolution.....	30
1.3. Niveaux du Grafcet.....	31
1.4. Transcription du modèle GRAFCET en programme PLC.....	31
2. Cahier de charge de fonctionnement.....	32
2.1. Démarrage.....	32
2.1.1. Etape de balayage.....	32
2.1.2. Etape de pressurisation.....	33
2.1.3. Etape de mise en marche.....	34
2.2. Arrêt de la chaîne.....	34
2.2.1. Arrêt normal.....	34
2.2.2. Arrêt d'urgence avec dépressurisation partielle.....	35
2.2.3. Arrêt d'urgence avec dépressurisation totale.....	36
3. Les différents Grafcets de l'unité.....	36
3.1. Grafcet principal.....	37
3.2. Grafcet de balayage.....	38
3.3. Grafcet de pressurisation.....	39
3.4. Grafcet de mise en marche.....	40
3.5. Grafcet de l'arrêt normal.....	41
3.6. Grafcet de l'arrêt d'urgence avec dépressurisation partielle.....	42
3.7. Grafcet de l'arrêt d'urgence avec dépressurisation totale.....	43
Conclusion.....	44

Sommaire

Chapitre 4 : L'automate Modicon M340 et sa programmation.

Introduction.....	45
1. Les entrées/sorties générées par l'automate.....	45
2. L'automate M340.....	46
3. Configuration choisie.....	47
4. Langages d'automatisation (Unity Pro)	48
4.1. Langage séquentiel.....	48
4.2. Langage à contact.....	48
5. Les éléments de programme.....	49
5.1. Configuration de l'automate.....	49
5.2. Blocs fonction utilisateur DFB.....	49
5.3. Editeur des données.....	50
5.4. L'écran d'exploitation.....	51
6. Les interfaces développées sous Unity Pro.....	52
6.1. Mise à l'échelle.....	52
6.2. Commande ouverture/fermeture des vannes.....	52
6.3. Les défauts de déclenchement.....	53
6.4. Réinitialisation des Grafcets.....	53
6.5. Les Grafcets.....	53
Conclusion.....	53

Chapitre 5 : Supervision.

Introduction.....	54
1. Apports de la supervision.....	54
2. Communication entre le PC de supervision et l'automate.....	55
3. Les interfaces développées sous l'écran d'exploitation.....	55
3.1. Synoptique de la chaîne.....	55
3.1.1. La chaîne à l'étape de balayage.....	56
3.1.2. L'étape de balayage arrêtée.....	57
3.2. L'état d'un séparateur.....	58
3.3. Les défauts.....	59
3.4. Les vannes.....	60
Conclusion.....	61
Conclusion générale.....	62

Introduction générale

Introduction générale:

Le contrôle industriel a fortement évolué ces dernières années en accompagnant la progression de systèmes d'informations présents dans toutes les composantes de l'entreprise industrielle...

Ces dernières années l'entreprise SONATRACH a installé de nouveaux systèmes numériques de contrôle très performants assurant l'amélioration de la productivité et de la sûreté de fonctionnement des installations.

Les insuffisances en matière de sécurité, de rendement et de fiabilité rencontrés à l'unité de traitement de gaz de Gassi-Touil ont poussé SONATRACH à s'intéresser à la rénovation et à la modernisation de cette unité dont l'étendue des opérations sera :

- Le remplacement du système de contrôle pneumatique local en service actuellement par un système de contrôle numérique fiable, performant, et surtout compatible avec le système de contrôle- commande.
- Le remplacement des régulateurs pneumatiques locaux de débit, pression, niveau et température.
- Le remplacement et/ou la modification d'un lot d'instruments pneumatiques et des vannes automatiques existants avec l'ajout des capteurs et transmetteurs électronique,...etc.
- L'installation des postes opérateurs pour toutes les fonctions de conduite, supervision et archivage des données.
- La rénovation et le transfère du système à base de relais gérant le système d'arrêt d'urgence dans l'automate programmable industriel.

Dans ce contexte, le travail demandé consiste en la conception d'une commande d'automatisation à base d'un automate Modicon M340 de Schneider.

Pour ce faire, nous avons organisé le plan de notre mémoire de la façon suivante :

Le premier chapitre est consacré à la description générale de la région de Gassi Touil de l'unité traitement gaz.

Au deuxième chapitre, nous allons nous intéresser à l'amélioration de la chaîne de production.

Un troisième chapitre qui consiste à l'étude et l'automatisation du procédé par l'outil GRAFCET.

Dans le quatrième chapitre, nous allons introduire d'une façon générale un API Modicon M340 particulièrement ainsi que son langage de programmation Unity pro que nous avons implémenté dans le système de contrôle et de commande.

Au dernier et cinquième chapitre, on a réalisé des écrans de supervision en utilisant l'écran d'exploitation du logiciel Unity Pro.

Enfin, nous allons terminer notre travail par une conclusion générale et quelques perspectives.

Chapitre 1 :

Présentation et description de l'unité traitement gaz de Gassi-Touil

Introduction :

Le gaz naturel joue un rôle énergétique croissant dans le monde. Pendant longtemps il a été considéré comme un sous-produit du pétrole ; il était brûlé à la torche sur de nombreux gisements. Il a commencé à être utilisé aux Etats-Unis dans l'industrie d'abord, puis pour des usages domestiques en se substituant peu à peu au gaz manufacturé.

Son développement a ensuite été très rapide, grâce à l'abondance de ses réserves, à leur répartition sensiblement plus équilibrée que celle des réserves pétrolières et à son excellente qualité pour le consommateur final.

L'économie algérienne s'appuie sur un patrimoine énergétique où prédomine largement le gaz naturel, 61% des réserves récupérables contre 15% pour le pétrole.

Dans ce chapitre nous présenterons le site de Gassi-Touil, où nous avons effectué notre stage pratique, ainsi que le fonctionnement général de l'unité de traitement de gaz naturel.

1. Situation Géographique de la région:

La région de Gassi Touil est l'une des dix régions qui constituent actuellement la division production de la branche amont.

Cette région est à vocation pétrolière et gazière. Elle se situe à **1000 Km** au sud-est d'Alger et à **150 Km** sud de Hassi Messaoud.

Elle s'étend sur une superficie d'environ **17850Km²**.

Altitude moyenne : **200 m**.

Température maximale + **50 °C** en été

température minimale - **05 °C** en hiver

Pluviométrie faible en hiver et nulle pendant le reste de l'année.

Le paysage est constitué de plateau de sable avec des cordons de dunes.

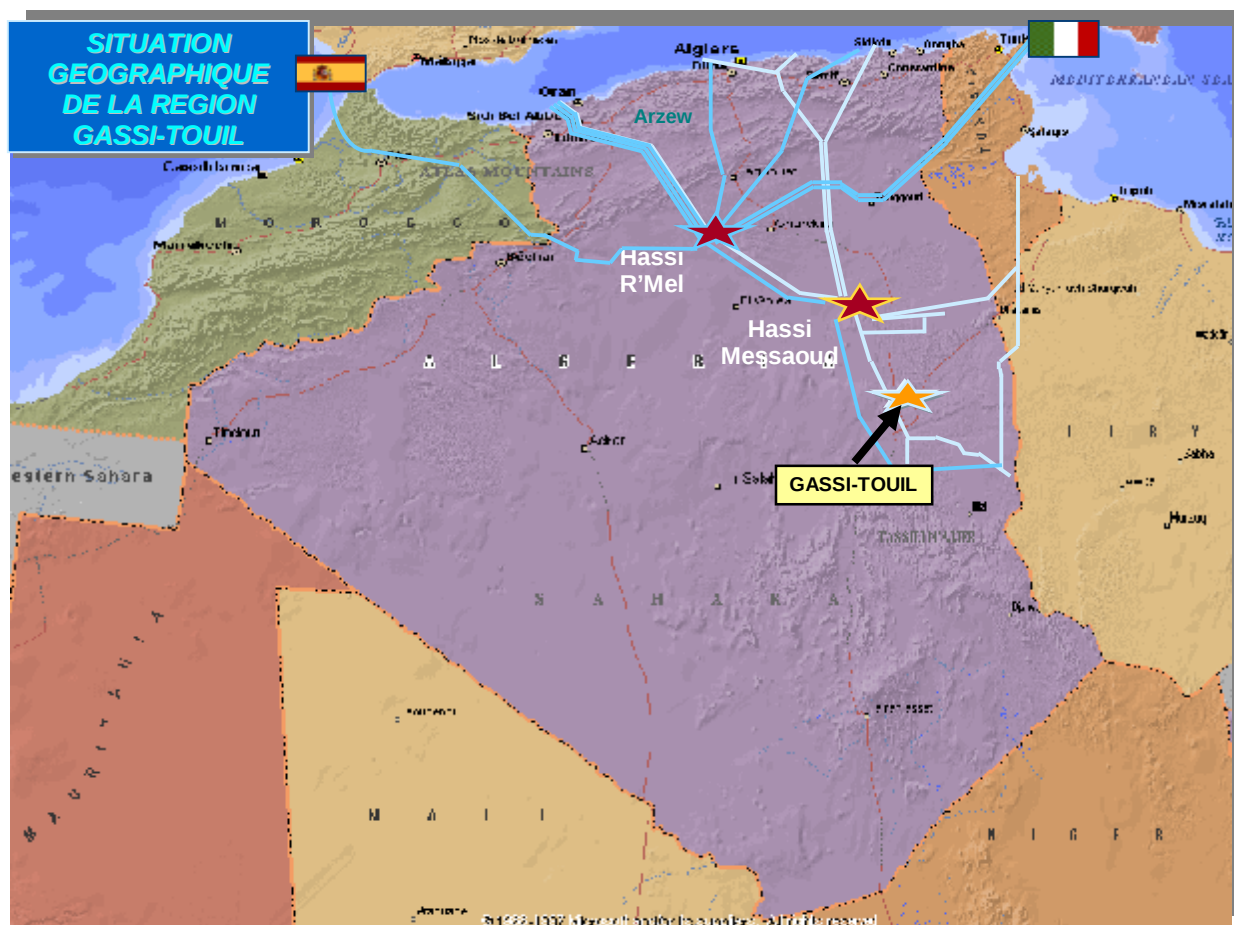


Figure I.1 : Situation géographique de Gassi-Touil.

2. Développement de la région :

La région de Gassi-Touil est composée de plusieurs champs dont les principaux sont représentés sur la figure suivante :

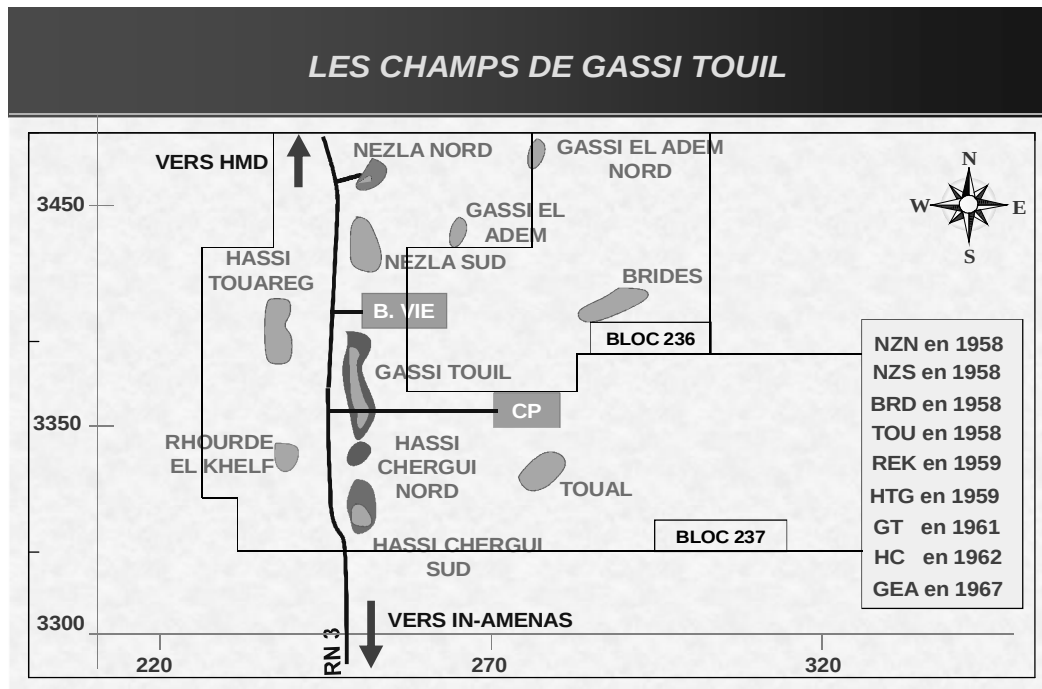


Figure I.2 : les différents champs de Gassi-Touil.

3. Organisation du site Gassi-Touil :

La direction régionale de Gassi Touil est composée de 9 divisions dirigées par un directeur régional. Dans ces 9 divisions, on s'intéresse seulement à la division maintenance et en particulier au service instrumentation.

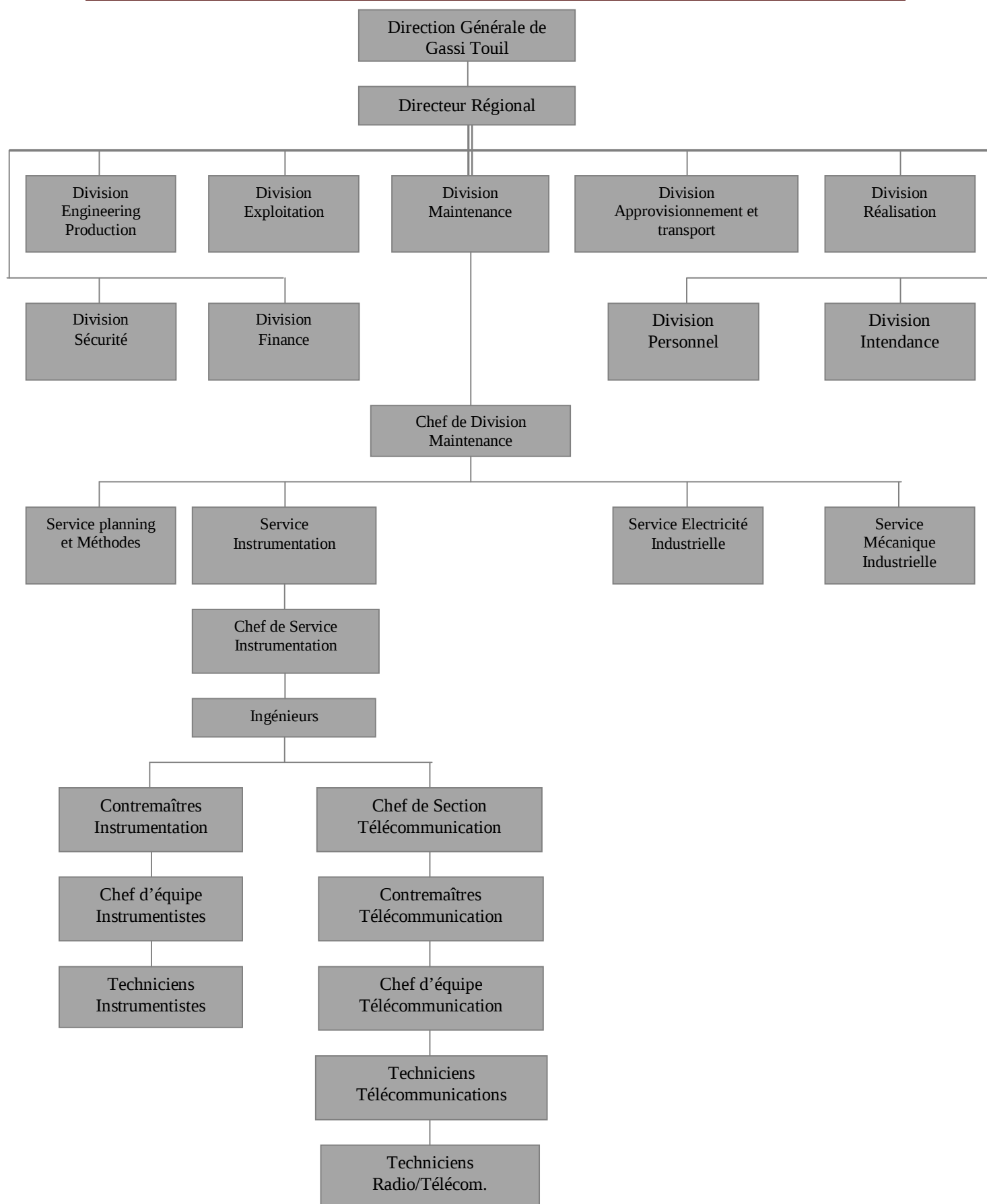


Figure I.3 : Organisation générale de la région Gassi Touil.

4. Les activités de la région de Gassi-Touil :

Cette région dispose de différentes installations de base, permettant d'assurer la production, le stockage et l'expédition des hydrocarbures, dont principalement :

- Ø Une unité d'expédition du brut;
- Ø Des chaînes de séparation ;
- Ø Des unités de stockage du brut ;
- Ø Une unité de traitements du GAZ ;
- Ø Une unité d'injection gaz pour le maintien de la pression dans le gisement ;
- Ø Une unité de déshuilage pour la protection de l'environnement ;
- Ø Laboratoire d'analyse.

5. Présentation de l'unité traitement gaz :

Cette unité a été installée pour traiter pendant deux ans, le gaz de Gassi-Touil dans un premier temps. Ensuite, le gaz des champs de Nezla et Hassi-Touareg après leur raccordement et mise en exploitation en 1980 et 1984.

L'unité se compose principalement de :

- Ø Quatre (04) trains de traitements identiques appelés chaînes : de capacité unitaire de 5millions de std m³/j ;
- Ø Un (01) manifold d'entrée où sont raccordées les arrivées des effluents des 04 champs de gaz (GT, NZ, HTG) ;
- Ø Deux (02) unités de régénération de diéthylèneglycol (DEG) ;
- Ø Deux (02) réchauffeurs de mélange condensât-DEG.

Chaque chaîne comprend :

- Ø Un (01) séparateur d'entrée appelé FWKO (Free Water Knock Out Drum) pour récupérer les liquides ;
- Ø Un (01) séparateur froid calorifugé, appelé LTS (Low Température Separator) ;
- Ø Un (01) échangeur de chaleur, type faisceau- calandre simple passe.

Chaque couple de chaîne partage en commun :

- Ø Un (01) séparateur commun pour recevoir les condensats récupérés dans les FWKO et les LTS des chaînes ;
- Ø Un (01) réchauffeur pour le mélange condensats-DEG afin de faciliter leur séparation.

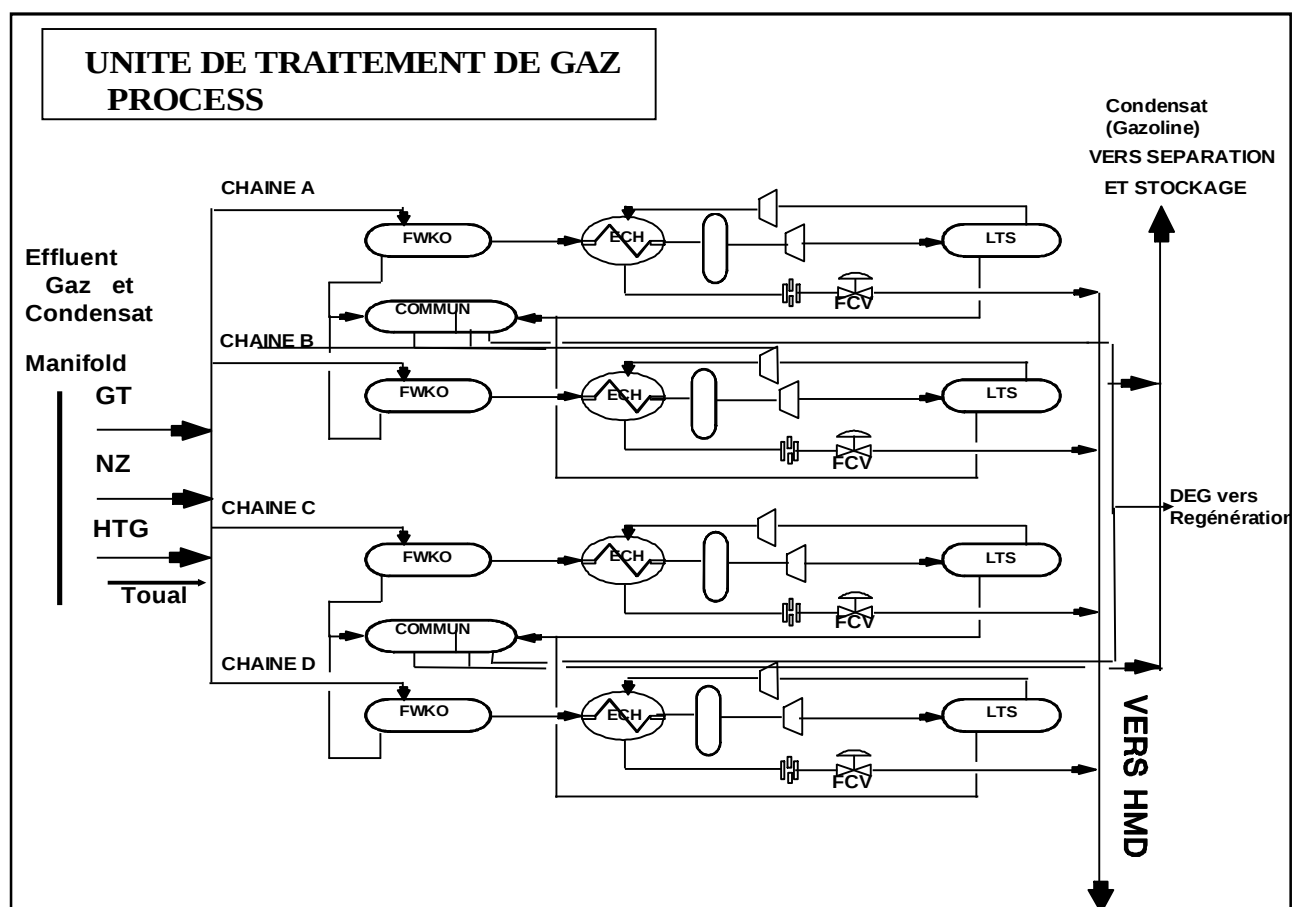


Figure I. 4 : schéma synoptique de l'installation.

5.1. Installation de traitement de gaz :

1976 : Réalisation de l'unité de traitement de gaz par la société française SOFREGAZ. Cette unité a été installée pour traiter pendant deux ans, le gaz de Gassi-Touil dans un premier temps. Ensuite, le gaz des champs de Nezla et Hassi-Touareg après leur raccordement et mise en exploitation en 1980 et 1984.

1988 : La déplétion des gisements de gaz a engendré une chute de pression qui s'est fait ressentir d'une manière cruciale à partir de 1988.

Le procédé de refroidissement, basé sur l'énergie potentiel propre de gaz, a atteint ses limites thermodynamiques et techniques (pression d'entrée limitée à 95 bars par le design).

1992 : Pour pallier à cette situation, une usine de traitement à basse pression a été prévue pour **1994**. Entre-temps, une solution rapide et provisoire a été adoptée en 1991. Elle consiste en une rénovation des installations existantes par l'adjonction de turbo-expanders (revamping) afin de pouvoir exploiter au maximum la pression du gaz d'entrée et assurer un refroidissement adéquat.

5.2. Objectif de l'unité :

Le gaz naturel de Gassi-Touil est saturé en hydrocarbures liquides et en eau dans les conditions initiales du gisement (à une pression de 80 bars et une température de 40°C). La présence de liquides en quantités plus ou moins importantes dans le gaz à expédier par pipe vers Hassi-Messaoud fait apparaître la nécessité de traiter ce gaz avant son évacuation dans le but de :

- Réduire les pertes de charge dues au régime d'écoulement bi-phasique (gaz + liquide) ;
- Réduire les charges de transport ;
- Eviter les difficultés d'exploitation du gazoduc GT-HMD occasionnées par la présence d'éventuels bouchons de liquides, la formation des hydrates et la corrosion de la pipe qui serait favorisée par la présence d'eau ;
- Respect des spécifications du gaz exigées par le design des unités de réinjection de Hassi-Messaoud.

6. Fonctionnement de l'unité de traitement de gaz :

Le gaz qui alimente l'unité doit être séparé de l'eau et de la fraction lourde d'hydrocarbures qui l'accompagne (condensat). Pour cela ce procès basé sur la séparation gaz / liquide par fractionnement des liquides.

6.1. Circuit gaz :

Le gaz provenant du manifold entre dans le séparateur S101-A(FWKO) sous régulation de pression à 60 bars quelle que soit la pression du manifold d'entrée (minimum 70 bars). Ce séparateur retient les liquides (condensats et eau libre). Le gaz humide sort par le haut du séparateur S101-A et entre dans l'échangeur de chaleur E400-A côté tube pour être pré refroidi par échange thermique avec le gaz traité sec 9°C sortant du séparateur froid S202-A jusqu'à une température de 24°C.

A la sortie de l'échangeur E400-A, le gaz humide ainsi refroidi pénètre dans un séparateur intermédiaire S200-A où les trois phases sont séparées, puis est admis à l'aspiration de la turbine M200-A de détente à 59,5 bars et en sort à 44 bars et 9°C. Le gaz pénètre ensuite dans le séparateur froid S202-A (LTS) où il dépose les condensats et l'eau formées à basse température pendant la détente, puis il sort par le haut du séparateur et retourne à l'échangeur E400-A du côté calandre pour refroidir le gaz humide entrant tout en se réchauffant à son tour de 9°C à la température ambiante (environ 24°C).

A la sortie de l'échangeur E400-A, le gaz traité réchauffé est comprimé dans le compresseur du turbo-expander K200-A de 42 à 50 bars, puis compté avant de passer vers Hassi Messaoud.

6.2. Circuit condensat :

Les condensats récupérés dans le premier séparateur S101-A et du séparateur intermédiaire S200-A sont acheminés vers le séparateur tri-phasique commun S300-AB dans le premier compartiment du séparateur, et ceux récupérés au niveau du séparateur S202-A et S202-B (condensat + DEG + eau) sont réchauffés de 9°C à environ de 30°C dans le réchauffeur à bain d'eau S900-AB pour faciliter la séparation condensat/DEG+eau. Le mélange chaud est envoyé vers le second compartiment du séparateur S300-AB.

Le condensat récupéré à la sortie inférieure de premier et second compartiment est expédié vers les installations existantes de séparation d'huile brute (Batterie 6).

La solution de (DEG + eau) récupérée du séparateur de second compartiment est dirigée vers la régénération de DEG.

6.3. Circuit DEG :

Le DEG (Di-éthylène glycol) est un produit chimique polarisé, à base d'alcool organique. En contact avec le gaz humide, le DEG polarisé accapare les molécules d'eau pour empêcher la formation d'hydrates. Il est injecté à l'entrée/ ou à la sortie de l'expander et à la sortie de la vanne Joule Thomson, puis récupéré dans le séparateur S202-A où il est mélangé avec les condensats à basse température.

Le mélange est dirigé vers un réchauffeur S900-AB puis est récupéré dans le séparateur triphasique commun S300-AB puis réacheminé vers les unités de régénération. Le DEG est passé dans l'un des deux filtres S01-AB, puis préchauffé dans un échangeur à plaque E501 par échange thermique avec le DEG chaud issu de rebouilleur F501-AB avant d'être injecté dans la colonne de distillation C501.

Le DEG reconcentré à 75 % descend dans le rebouilleur F501 où il est maintenu à 110°C par chauffage à l'aide de brûleurs disposés dans une chambre de combustion immergée dans la solution de DEG (appelée tube à feu). La température de 110 °c correspond au point d'ébullition de la solution aqueuse à 75 % de DEG sous la pression atmosphérique, la vapeur d'eau passant en tête de la colonne C501 est évacuée à l'atmosphère. Le DEG s'écoule par un système de déversoir dans une capacité tampon en charge de l'échangeur E501. après avoir refroidi, il est évacué via les pompes P01-AB vers le réservoir de stockage T500-AB duquel il est pompé par les pompes TEXTECDM pour être réinjecter de nouveau dans le procès.

Conclusion :

Une présentation du site ainsi qu'une description technique de l'unité de traitement de gaz permet de mieux comprendre son fonctionnement. Ceci est très important pour la modélisation du processus.

Chapitre 2 :

Etude de la chaine de traitement gaz

Introduction :

En raison d'une modernisation incessante des outils de production, les systèmes industriels deviennent de plus en plus complexes et sophistiqués. En parallèle, la fiabilité, la disponibilité, la sûreté de fonctionnement ainsi que la protection de l'environnement, sont devenues de véritables enjeux pour les entreprises actuelles. Des nouveaux instruments numériques sont apparus afin de prendre en compte et de résoudre ces problèmes.

L'objectif de ce chapitre est de définir et de donner les différents instruments proposés permettant d'intégrer l'unité de traitement de gaz sous le système numérique.

I. Etude de l'état actuel de la chaîne :**I.1. Description générale du séparateur:****I.1.1. Définition d'un séparateur :**

Un séparateur est une capacité sous pression incorporée à un circuit où elle provoque un ralentissement de la vitesse d'écoulement de l'effluent. A la faveur de cette tranquillisation, les fluides se trient par différence de densité. Les liquides s'accumulent vers le bas de la capacité ou ils sont soutirés. Le gaz plus léger s'échappe par le haut.

Des aménagements intérieurs de la capacité en améliorent l'efficacité. Des piquages pourvus de vannes et des appareils de mesure permettent le contrôle du fonctionnement.

La séparation consiste à éliminer le condensât, l'eau et les sédiments pour avoir un gaz sec, non agressif pour les ouvrages en acier et stabilisé par des raisons de sécurité, de stockage et de transport.

I.1.2. Constitution du séparateur :**Ø Section de séparation initiale :**

Les séparateurs horizontaux comportent des déflecteurs qui permettent de briser le jet à l'entrée ; les particules liquides tombent sous l'effet de leurs poids et le gaz s'échappe.

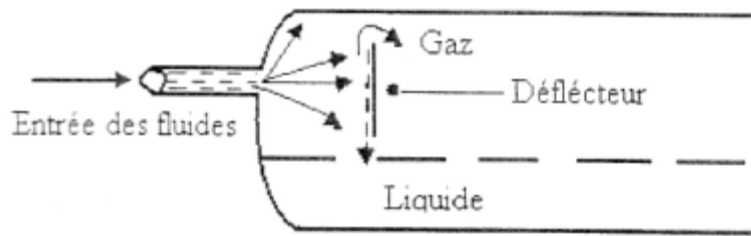


Figure II.1 : Effet de projection contre une paroi.

Ø Section de séparation secondaire :

Avec extraction de gaz du liquide. Ceci est obtenu par des chicanes sur lesquelles les gouttelettes liquides viennent butter et s'assembler en particules plus grosses.

Ø Section de sédimentation :

Par gravité, les fluides constituant les liquides se séparent, donc cette section utilise l'effet de la pesanteur.

Ø Section d'extraction :

Extraction des gouttelettes liquides du brouillard constitué par le gaz qui s'échappe par l'orifice de sortie, ceci est réalisé par un dispositif à maille fixe qui arrête dans le jet gazeux les fines gouttelettes de liquide.

Ø Section de collecte :

Recueille les divers fluides obtenus à partir d'un mélange initial c'est-à-dire le condensât, le gaz et l'eau avec les composés solubles.

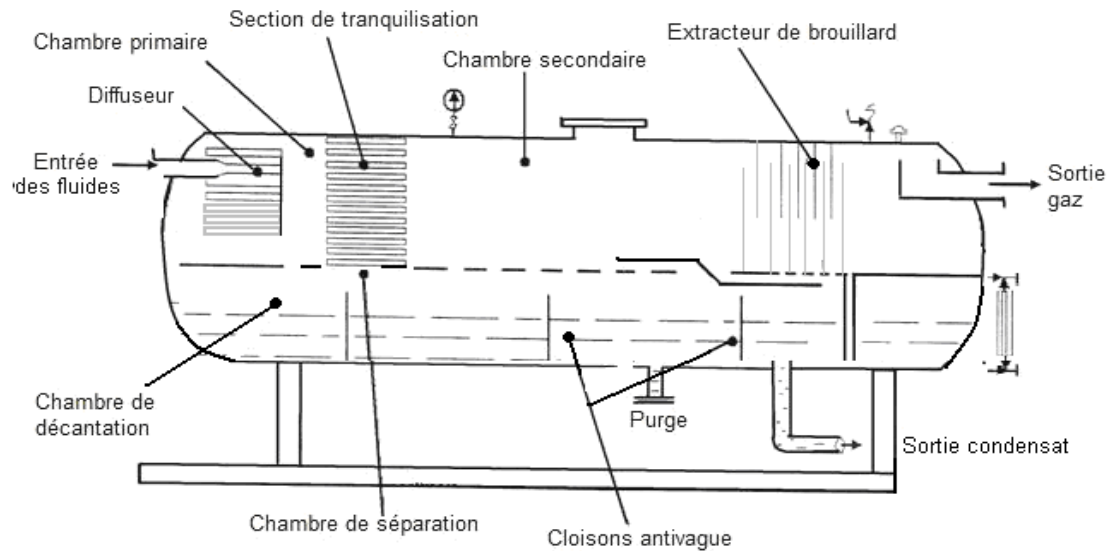


Figure II.2 : Schéma détaillé d'un séparateur triphasique.

I.2. Les instruments du séparateur :

I.2.1. Les capteurs :

- **Manomètre :**

Le capteur de pression utilisé dans l'unité de séparation est le manomètre à tube de Bourdon. Le tube de bourdon, sous sa forme plus simple est composé d'un tube hélicoïdal. Une extrémité du tube est scellée et libre de ses déplacements, l'autre extrémité est fixe et connectée à la chambre ou au conduit dont la pression doit être mesurée.

Fonctionnement :

Lorsque la pression à mesurer augmente, le tube a tendance à se dérouler, lorsqu'elle diminue le tube tend à s'enrouler davantage. Ce mouvement est transmis par une liaison mécanique à un système d'engrenages connecté à une aiguille. L'aiguille est placée devant un cadran portant les indications de valeur de la pression relative à la position de l'aiguille.

Le schéma interne d'un capteur de pression est donné par la figure suivante :

1. Organe moteur, tube de Bourdon ;
2. Support de tube ;
3. Capuchon du tube ;
4. Secteur denté ;
5. Bielle ;
6. Engrenage ;
7. Aiguille ;
8. Cadran.

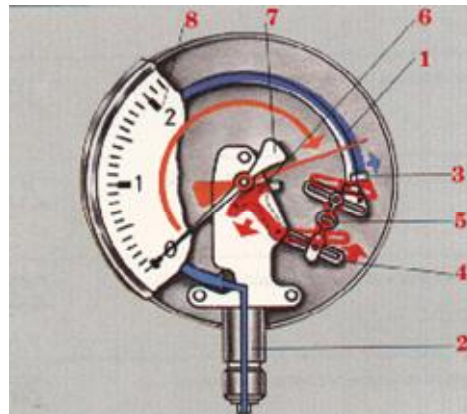


Figure II.3 : Manomètre à tube de bourdon.

- **Le capteur de niveau à plongeur type 249 :**

Ce capteur est destiné à mesurer le niveau de liquide dans le séparateur. La pièce principale du capteur est composée d'un tube de torsion creux à l'intérieur duquel se trouve un axe soudé à une extrémité. Cette extrémité ouverte est solidement fixée au bras du tube de torsion permettant à la partie dépassante de l'axe du tube de torsion de tourner et, par conséquent, de transmettre le mouvement de rotation de tube de torsion.

Une modification du niveau de liquide pousse le plongeur d'une force égale au poids du liquide déplacé. Le mouvement vertical correspondant du plongeur provoquera un mouvement angulaire du bras du plongeur autour du couteau, le tube de torsion détermine la quantité de mouvement du bras du plongeur pour une modification donnée du déplacement. Un régulateur ou un transmetteur est fixé à l'extrémité de l'axe tournant pour transformer le mouvement relatif en signaux pneumatiques ou électriques.

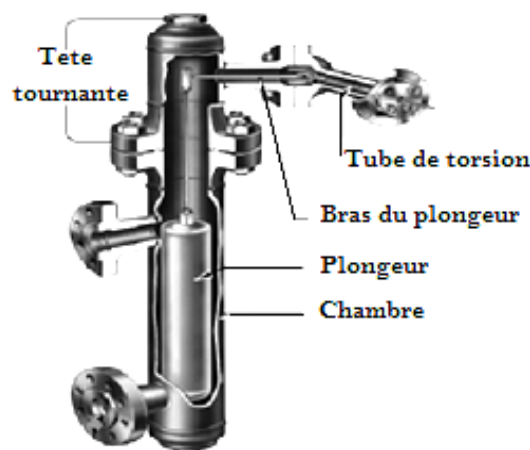


Figure II.4 : Vue en coupe du capteur de niveau type 249.

- **Le capteur de température :**

Dans le séparateur, il existe un capteur de température qui est le thermomètre.

La mesure des températures peut être fondée sur la dilatation et la pression des corps (solides, liquides ou gaz) ou toute autre propriété physique qui varie en fonction de la température. Ce principe général est mis en application de façons très diverses selon les besoins (plages de températures à mesurer, nature des matériaux à étudier, etc.).

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 (fig. II.5). Cette sonde est reliée par un tube capillaire de raccordement à l'extrémité (B) d'un tube de Bourdon, appelée spirale de mesure. Cette extrémité est fixe. La longueur du tube de raccordement ne doit pas excéder 100 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.

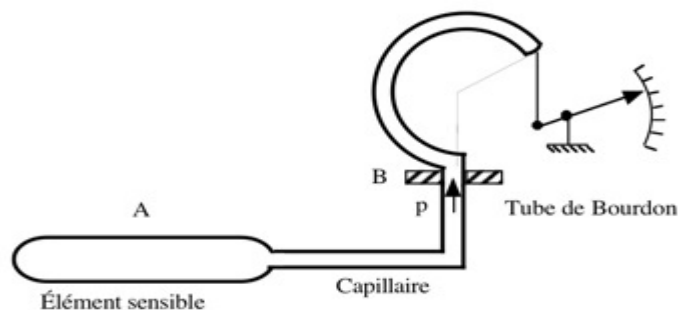


Figure II.5 : Thermomètre à gaz.

- **Les contacts de fin de course :**

Les fins de course sont des contacts intégrés sur les vannes qui nous indiquent la position du corps. Ce dispositif permet de signaler la fermeture ou l'ouverture complète de la vanne, ils peuvent aussi indiquer une position intermédiaire déterminée. Sur la commande à distance, il est souvent utile d'avoir une indication continue de la position de vannes de réglage.

I.2.2. Les organes de sécurité :

- **Les pressostats :**

Un pressostat est un organe de contrôle fonctionnant en tout ou rien qui peut être utilisé soit comme simple alarme sonore ou visuelle, soit comme organe de mise en sécurité sur une installation (échangeur, séparateur, . . .).

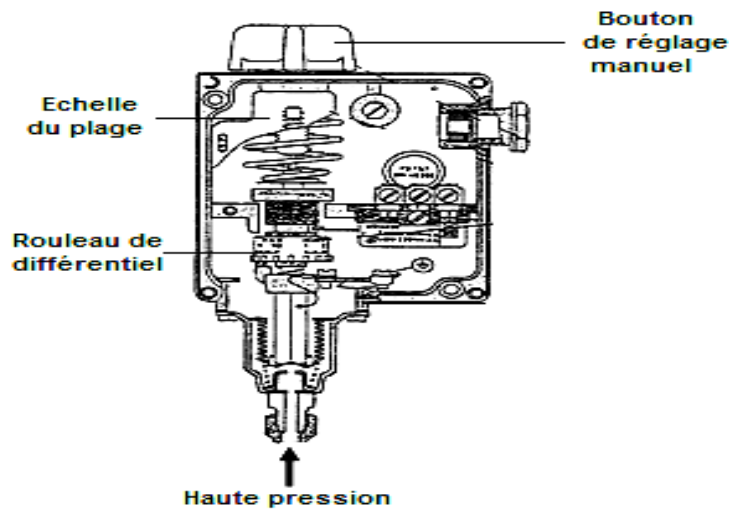


Figure II.6 : Pressostat à simple soufflet.

- **Les contacteurs de niveau :**

Les contacteurs de niveau sont des instruments de contrôle et de sécurité destinés à avertir et contrôler des écarts critiques sur un ou plusieurs niveaux prédéterminés. Ils commutent des circuits électriques, optiques, pneumatiques qui actionnent par des relais, des pompes, vannes...; ou directement des voyants lumineux ou sonores.

Le principe de fonctionnement est basé sur l'application directe du « principe d'Archimède », avec deux types d'éléments sensibles, flotteur ou plongeur (masse à déplacement), la fonction est contrôlée par une série de détecteurs divers : micro Switch, détecteur pneumatique, détecteur de proximité, détecteur optique.

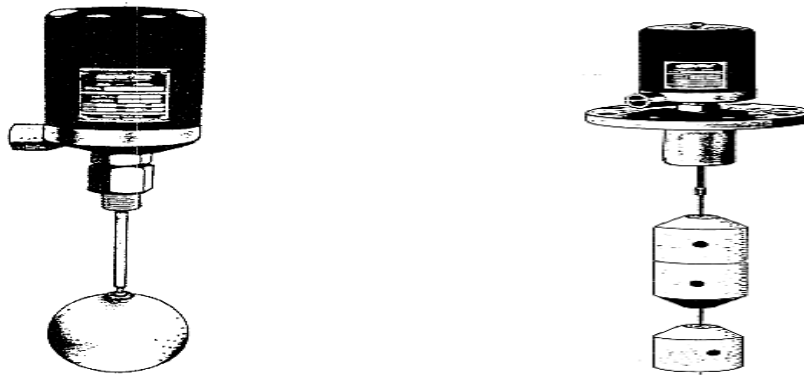


Figure II.7 : Contacteur à flotteur et à masse de déplacement.

- **Les thermostats :**

Les thermostats ou contacteurs de température sont des appareils capables de détecter le franchissement d'un seuil de températures utilisés pour protéger des systèmes, appareils contre les températures qui sont susceptibles de provoquer les anomalies. Ils sont de type à bulle sensible.

I.2.3. Les actionneurs :

- **Les vannes de régulations :**

Les vannes de régulations sont utilisées dans tous les domaines de la régulation industrielle qu'elles sont incontournables. La section de passage du fluide peut varier entre 0% et 100% de la section de passage à pleine ouverture.

Dans la chaîne de dégazolinage, il existe les vannes EZ de Fisher à savoir le type de l'actionneur (type1250 ou type1250R). Le premier type est à action directe par contre le deuxième est à action inverse. Ces deux types sont de type égal pourcentage.

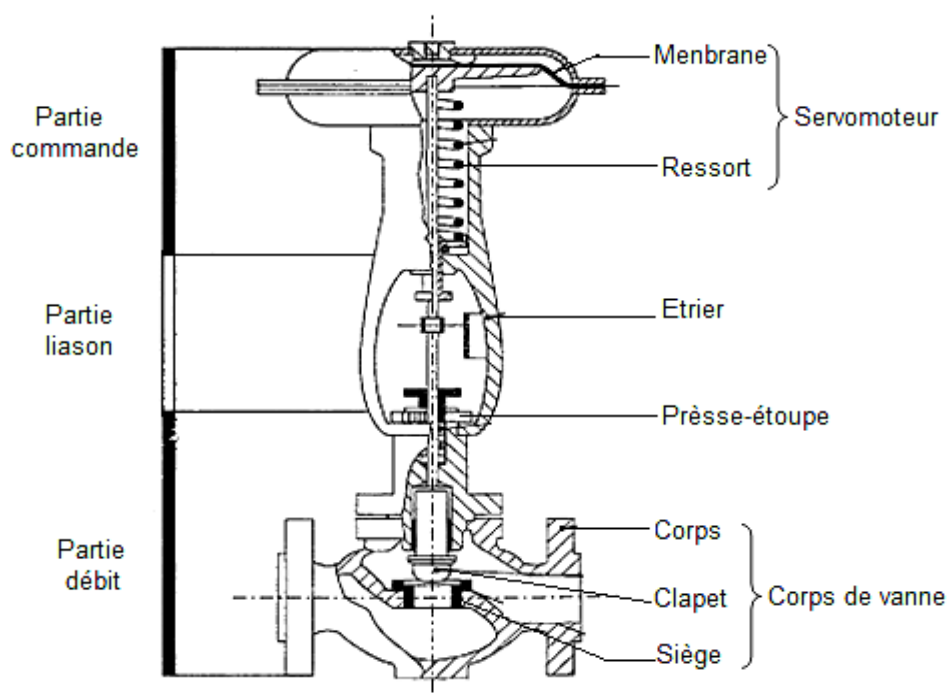


Figure II.8 : Schéma général d'une vanne de régulation.

La vanne de régulation présentée ci-dessus se compose :

- ü **D'un servomoteur :** Comprenant deux couvercles, dont l'un est percé d'un orifice pour permettre l'arrivée d'air-moteur, une membrane et son plateau support, un ressort de tension réglable et une tige de transmission. La fonction essentielle du positionneur est d'assurer un asservissement linéaire ou autre entre la course de l'obturateur et le signal pneumatique de commande.
- ü **D'un étrier :** Reliant le servomoteur au corps de vanne et muni d'une réglette indiquant la position du clapet.
- ü **D'un système d'étanchéité** (tresse, goujons et fouloir de presse étoupe) : Qui permet d'assurer l'étanchéité le long de la tige du clapet.
- ü **D'un corps de vanne :** Renfermant le clapet dont le mouvement guidé en translation est solidaire par une tige du mouvement de la membrane.

- **Les vannes Tout Ou Rien :**

Par opposition à la vanne régulation, la vanne tout ou rien ne peut prendre que deux positions, ouverte ou fermée. On traduit en termes de course du clapet 0% ou 100% d'ouverture.

Selon la forme du siège de vanne et la disposition du clapet, deux positions de sécurité sont possibles en cas de manque de pression sur la membrane ou de coupure d'alimentation :

- ü En cas de coupure d'alimentation la vanne se ferme, ce type est placé généralement à l'entrée et à la sortie de la chaîne.
- ü En cas de coupure d'alimentation la vanne s'ouvre, elle est utilisée comme vanne de torche et de purge.

- **Les électrovannes de déclenchement :**

Elle peut être intercalée dans le circuit pneumatique de liaison positionneur servomoteur. En fonctionnement normal, l'air passe du positionneur au servomoteur, la mise à l'atmosphère est fermée. Lorsque l'électrovanne est actionnée le servomoteur est mis en communication avec l'atmosphère et la liaison avec le positionneur est fermée. Ceci permet la mise en position de sécurité de la vanne.

II. Choix des instruments pour l'intégration sous système numérique :

II.1. Transmission du signal de mesure :

Selon le type de capteur, le signal électrique de mesure peut être de différentes natures, soit analogique, numérique ou logique.

- **Signal de mesure analogique :** Il est lié au mesurant par une loi continue, parfois linéaire, qui caractérise l'évolution des phénomènes physiques mesurés.

Il peut être :

Courant 0 – 20 mA, 4 – 20 mA ;

Tension 0 – 10 V, 0 – 5 V.

- **Signal de mesure numérique :** Il se présente sous la forme d'impulsions électriques générées simultanément (mode parallèle, sur plusieurs fils) ou successivement

(mode série, sur un seul fil). Cette transmission est compatible avec les systèmes informatiques de traitement.

- **Signal de détection logique :** Il ne compte que deux valeurs possibles, c'est un signal tout ou rien.

II.2. Les instruments de mesures sur terrain :

Les instruments communicants (transmetteurs) avec le centre de supervision ont besoin d'être placés dans des endroits parfois difficiles d'accès et en communiquant entre eux, la diffusion d'information se fait. Les besoins concernant ces objets sont :

- Une grande autonomie de fonctionnement ;
- La résistance à des conditions hostiles ;
- La fiabilité des informations fournies ;
- La rapidité de transmission.

II.2.1. Les transmetteurs intelligents :

Un transmetteur configurable peut être schématisé par la figure ci-dessous :

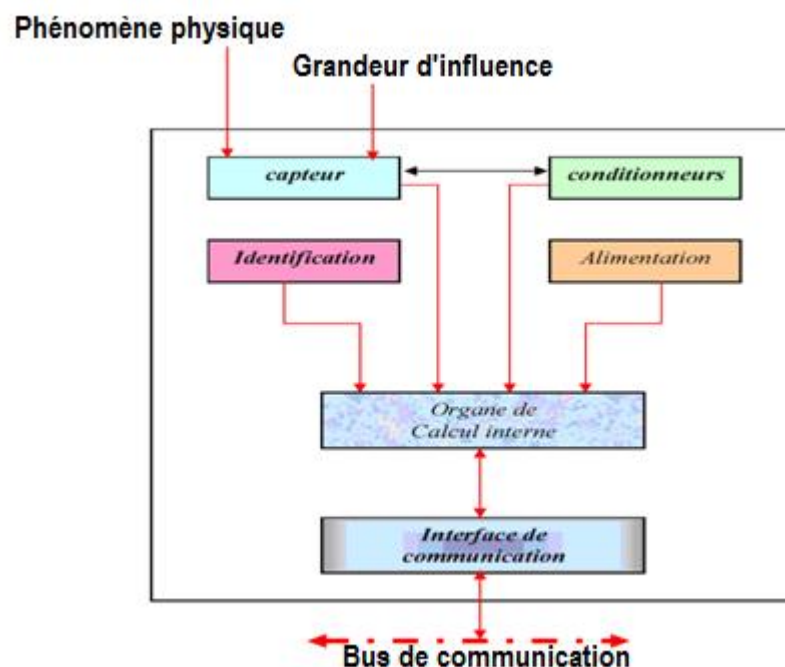


Figure II.10 : Schéma d'un transmetteur intelligent.

Ses constituants sont :

- Un ou plusieurs capteurs.
- Les conditionneurs associés.
- L'alimentation.
- Une identification interne.
- L'organe de calcul interne.
- Une interface de communication.

Ce type d'appareils permet :

- De fournir un signal numérique.
- D'élaborer la mesure de la grandeur physique directement.
- De mesurer et de contrôler les grandeurs d'influence.
- D'effectuer la configuration et l'identification locale ou à distance.

Les avantages de ce type d'appareil se résument de la manière suivante :

- Précision globale accrue.
- Etendues d'échelle beaucoup plus grandes.
- Un signal numérique superposé au 4 – 20 mA.
- Dialogue avec le capteur par contrôle portable.
- Identification interne du transmetteur.
- Possibilité de configuration en ligne.
- Expression directe de la grandeur physique mesurée, en numérique.
- Alarme, en cas de panne interne détectée.

II.2.2. Choix d'un transmetteur :

Parmi les considérations à prendre en compte dans le choix d'un transmetteur, nous citerons :

- **la température maximale du procédé** : l'exposition des électroniques à semi-conducteurs à des températures ambiantes élevées a pour effet de nuire à la longévité des composants.
- **la plage de pression de service et de la pression maximale** : les transmetteurs doivent pouvoir résister à une surpression égale à au moins 150 % de leur pression

maximale. Ce paramètre élimine un éventuel arrêt du procédé pour rééquilibrage ou réparation.

- **L'environnement** qui peut imposer parfois une humidité relative de 100 %.
- **La sortie** qui peut être 4-20 mA, 0-5V ...
- **La précision de référence** qui est un nombre définissant la limite que les erreurs ne vont pas dépasser lorsque le capteur est utilisé dans les conditions de service de référence.

II.3. Les instruments proposés:

A l'issue de la description des différents instruments, et sur la base de l'étude de la commande actuelle effectuée dans le chapitre précédent. Nous donnerons dans cette partie les instruments à installer.

Parmi les instruments intelligents existant, on peut proposer comme ceux utilisés dans l'unité de réinjection de gaz de Gassi Touil. Ces instruments, fabriqués par **Fisher Rosmount**, ont été testés et ont fait leurs preuves d'endurance et de fiabilité.

II.3.1. Transmetteurs de pression modèle 4600:

Spécialement conçu pour les applications « Production Pétrole et Gaz » :

Performances :

- Incertitude : +/- 0.25 % de la plage étalonnée.
- Rangeabilité : 30/1

Caractéristiques :

- Plage de mesure en pression absolue ou relative 0 –1.38 Bar à 0 -137.8 Bar
- Signal de sortie : 4-20 mA + protocole HART
- Conception hermétique, tout soudée, entièrement en Inox 316L



Figure II.11 : Transmetteur de pression modèle 4600.

II.3.2. Transmetteurs de température modèle 644:

- Entrées : sondes à résistance (2, 3 ou 4 fils : Pt 100, Pt 200, Pt 500, Pt 1000) ; thermocouples.
- Incertitude nominale: 0,1°C ou 0,1 %.
- Signal 4-20 mA HART passif / Entrée 12 et 32 Vcc en Fieldbus.
- L'indicateur local LCD indique par défaut les valeurs de la sonde et les informations de diagnostic du transmetteur.
- Plage de mesure : -200 à 850°C.
- Entrée en mV : -10 à 100 mV.



Figure II.13 : Transmetteur de température modèle 644.

II.3.3. Transmetteur de débit multivariable modèle 3095:

Ce transmetteur mesure la pression absolue ou relative, la pression différentielle et la température procédée.

- **Plage de mesure :** 0 – 250 Bar

- **Signal de sortie :** 4-20 mA + protocole HART ou FIELDBUS FOUNDATION.

Le signal de sortie (4 – 20 mA) peut être affecté aux variables suivantes : débit corrigé, pression différentielle, pression statique (absolue ou relative), température procédé, débit totalisé

- **Incertitude typique :** +/- 1% du débit massique sur une rangeabilité de 8:1

- **Matériaux disponibles pour la membrane :** Inox 316L, Hastelloy-C

- **Exemples d'agréments :** Antidéflagrant CENELEC/ATEX,



Figure II.14: Transmetteur de débit multivariable modèle 3095.

II.3.4. Transmetteur de niveau modèle 2390:

Construction durable et résistant à la corrosion : une enveloppe robuste, un plongeur en matériaux résistant à la corrosion et un anticorrosif sur le circuit imprimé protègent le transmetteur contre les environnements et les procédés difficiles

Sensible aux petites variations.

Signal d'entrée:

Les variations du niveau de liquide, du niveau d'interface ou de la densité font monter ou descendre le plongeur, ce qui imprime un mouvement rotatif à l'axe du tube de réaction.

Signal de sortie:

Courant de 4 à 20 mA cc (mode direct : la croissance du signal d'entrée provoque une croissance du signal de sortie ; ou mode inversé : la croissance du signal d'entrée provoque une décroissance du signal de sortie).

Précision de référence du signal de sortie du transmetteur : $-0,5\%$ de la valeur de sortie pleine échelle.

Tension d'alimentation du transmetteur: 11 à 30 volts avec protection contre inversion de polarité.



Figure II.15 : Transmetteur de niveau type 2390.

II.3.5. Convertisseur électropneumatique :

Le convertisseur reçoit un signal d'entrée de 4 à 20 mA et transmet une pression de sortie pneumatique proportionnelle et configurable à un élément de contrôle final. Les plages de sortie pneumatique s'étendent généralement de 0,4 à 2,0 bars (de 6 à 30 psi).

On propose le convertisseur modèle **i2P-100** :

- **Signal d'entrée :** 4 - 20 mA.
- **Signal de sortie :** 6 à 30 psi.
- **Alimentation :** 35 psi (2.4 Bar).
- **Limites de Température :** - 40 à 85 °C.



Figure II.16 : Convertisseur électropneumatique modèle i2P-100.

Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons présenté quelques notions sur les instruments utilisés dans notre installation, ensuite, nous avons présenté une description détaillée des différents instruments intelligents.

L'étude de la rénovation de la chaine a aboutit à la proposition de la mise en place de nouveaux instruments, lesquels sont non seulement disponibles sur le marché mais sont aussi fiables et assurent plus de sécurité que les instruments obsolètes utilisés jusqu'ici.

Chapitre 3 :

Automatisation du système

Introduction:

Un système automatisé se compose de deux parties qui coopèrent:

- une **partie opérative** constituée du processus à commander, des actionneurs qui agissent sur ce processus et des capteurs permettant de mesurer son état.
- une **partie commande** qui élabore les ordres pour les actionneurs en fonction des informations issues des capteurs et des consignes. Cette partie commande peut être réalisée par des circuits câblés, ou par des dispositifs programmables (automates, calculateurs).

1. Le GRAFCET :

La création d'une machine automatisée nécessite un dialogue entre le client qui définit le cahier des charges (qui contient les besoins et les conditions de fonctionnement de la machine) et le constructeur qui propose des solutions. Ce dialogue n'est pas toujours facile : C'est pourquoi l'ADEPA (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie) a créé le GRAFCET.

1.1. Généralités :

Le GRAFCET (GRAPhe Fonctionnel de Commande des étapes et Transitions) est l'outil de représentation graphique d'un cahier des charges. Il a été proposé par l'ADEPA (en 1977 et normalisé en 1982 par la NF C03-190).

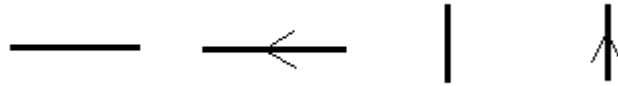
Le Grafcet décrit les interactions entre la partie commande et la partie opérative à partir de l'interface. Il établit une relation entre:

- Les entrées, correspondant aux transferts d'informations de la partie opérative vers la partie commande.
- Les sorties, correspondant aux ordres transmis de la partie commande vers la partie opérative.

Un Grafcet est composé d'étapes, de transitions et de liaisons :

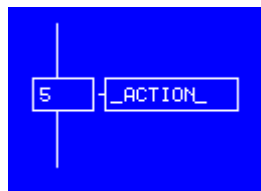
ü Une **LIAISON** est un arc orienté (ne peut être parcouru que dans un sens). A une extrémité d'une liaison il y a UNE (et une seule) étape, à l'autre UNE transition. On la représente par un trait plein rectiligne, vertical ou horizontal. Une verticale est parcourue de haut en bas,

sinon il faut le préciser par une flèche. Une horizontale est parcourue de gauche à droite, sinon le préciser par une flèche.

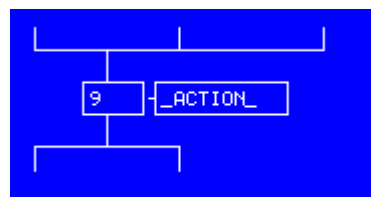


ü Une **ETAPE** correspond à une phase durant laquelle on effectue une **ACTION** pendant une certaine DUREE (même faible mais jamais nulle). L'action doit être stable, c'est à dire que l'on fait la même chose pendant toute la durée de l'étape, mais la notion d'action est assez large, en particulier composition de plusieurs actions, ou à l'opposé l'inaction (étape dite d'attente).

On représente chaque étape par un carré, l'action est représentée dans un rectangle à gauche, l'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas. On numérote chaque étape par un entier positif, mais pas nécessairement croissant par pas de 1, il faut simplement que jamais deux étapes différentes n'aient le même numéro.



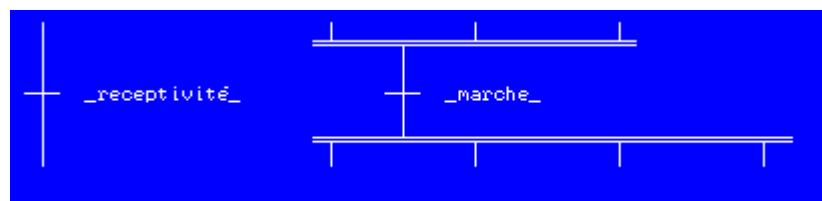
Si plusieurs liaisons arrivent sur une étape, pour plus de clarté on les fait arriver sur une barre horizontale, de même pour plusieurs liaisons partant de l'étape. Cette barre horizontale n'est pas une nouvelle entité du Grafset, elle fait partie de l'étape, et ne représente qu'un "agrandissement" de la face supérieure (ou inférieure) de l'étape.



Une étape est dite active lorsqu'elle correspond à une phase "en fonctionnement", c'est à dire qu'elle effectue l'action qui lui est associée. On représente quelquefois une étape active à un instant donné en dessinant un point à l'intérieur.

ü Une **TRANSITION** est une condition de passage d'une étape à une autre. Elle n'est que logique (dans son sens Vrai ou Faux), sans notion de durée. La condition est définie par une **RECEPTIVITE** qui est généralement une expression booléenne (c.à.d avec des ET et des OU) de l'état des CAPTEURS.

On représente une transition par un petit trait horizontal sur une liaison verticale. On note à droite la réceptivité. Dans le cas de plusieurs liaisons arrivant sur une transition, on les fait converger sur une grande double barre horizontale, qui n'est qu'une représentation du dessus de la transition. De même pour plusieurs liaisons partant sous une transition.



1.2. Règles d'évolution:

La modification de l'état de l'automatisme est appelée évolution, et est régie par 5 règles :

Règle 1 : Les étapes initiales sont celles qui sont actives au début du fonctionnement. On les représente en doublant les côtés des symboles. On appelle début du fonctionnement le moment où le système n'a pas besoin de se souvenir de ce qui c'est passé auparavant.

Règle 2 : Une transition est soit validée, soit non validée (et pas à moitié validée). Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle ne peut être franchie que lorsqu'elle est validée et que sa réceptivité est vraie. Elle est alors obligatoirement franchie.

Règle 3 : Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement suivante et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

Règle 4 : Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies (ou du moins toutes franchies dans un laps de temps négligeable pour le fonctionnement). La durée limite dépend du "temps de réponse" nécessaire à l'application.

Règle 5 : Si une étape doit être à la fois activée et désactivée, elle reste active. Une temporisation ou un compteur actionné par cette étape ne seraient pas réinitialisés.

1.3. Niveaux du Grafcet:

- **GRAFCET Niveau 1**

C'est le GRAFCET littéral. Il explique, en vocabulaire courant le fonctionnement d'une machine.

- **GRAFCET Niveau 2**

C'est le GRAFCET codifié, utilisant les symboles des automaticiens : actionneurs, fins de course

1.4. Transcription du modèle GRAFCET en programme PLC :

Dans les API ne possédant pas l'implantation directe de GRAFCET, Le LADDER permet de traduire le Grafcet en langage compréhensible par l'API, on fait la transcription du modèle GRAFCET en programme PLC Ladder (LD) ou logigramme (LOG).

Dans notre cas l'API choisi (**Modicon M340**) permet l'implantation directe du GRAFCET à l'aide du logiciel UnityPro. Ce dernier sera décrit dans le prochain chapitre.

2. Cahier de charge de fonctionnement:

La description du fonctionnement et des instruments utilisés dans le système nous permettra d'établir le cahier de charge de l'installation.

2.1. Démarrage:

Les conditions initiales pour débiter la phase du démarrage sont représentées sur le tableau suivant :

Les vannes ouvertes	Les vannes fermées
HV1001-A. SDV101-A, SDV102-A. Tout les robinets d'isolement coté fluide procès des instruments. Toutes les vannes d'isolement des vannes régulatrices.	SDV1001-A, SDV1002-A. SDV451-A, SDV452-A. BDV10-A, Toutes les vannes de by-pass des vannes régulatrices.

Tableau III.1 : Positions des vannes avant le démarrage.

2.1.1 Etape de balayage :

Cette étape consiste à purger l'air contenu dans le circuit. Après s'être assuré que les vannes et robinets sont dans les positions rappelées dans le tableau précédent. On suit les étapes suivantes :

- Ouverture de by-pass SDV1002-A de la vanne d'entrée principale SDV1001-A, ce qui permet de faire pénétrer le gaz dans l'ensemble des lignes et équipements du séparateur.
- La pression dans le séparateur augmente progressivement, dès qu'elle atteint 5 bars la vanne de purge BDV10-A, s'ouvrent, ce qui permet l'échappement de gaz et l'air vers la torche.
- Lorsque la pression diminue à 1 bar environ dans le séparateur, la vanne de purge BDV10-A, se ferment. Le réseau ayant été purgé, la mise en pression proprement dite va pouvoir être effectuée.

NB : L'étape de purge est arrêtée si :

- ü L'arrêt d'urgence (AU) est enclenché.
- ü La discordance d'une vanne est constatée.

2.1.2 Etape de pressurisation :

L'opération de pressurisation peut se décomposer en deux étapes :

a. Pressurisation de la partie basse pression :

C'est la pressurisation de la chaîne depuis le manifold jusqu'à la vanne d'expédition SDV451-A à la pression de pipe Hassi Messaoud (44 bars).

Il convient d'exécuter les opérations suivantes :

- Ouverture de by-pass SDV1002-A pour augmenter la pression dans le séparateur.
- Lorsque la pression du séparateur dépasse de 1 bar environ la valeur de pression de pipe d'expédition, le pressostat PDSL451-A placé à la sortie de la chaîne se déclenche. Ce qui permet l'ouverture de la vanne d'expédition SDV451-A.

A ce niveau la chaîne est pressurisée jusqu'à 44 bars.

b. Pressurisation de la partie haute pression :

Dès l'ouverture de la vanne d'expédition SDV451-A on effectue les opérations suivantes :

- La vanne SDV1002-A reste ouverte, la pression monte progressivement dans le séparateur, lorsque la pression atteint 60 bars, on dit que la pressurisation de la partie haute pression est effectuée.
- Fermeture de by-pass SDV1002-A.

La pressurisation des parties basse pression et haute pression est maintenant effectuée.

NB : Cette étape sera bloquée si :

- ü L'arrêt d'urgence (AU) est enclenché.
- ü L'arrêt procès (PSD-A) est enclenché.
- ü La discordance d'une vanne.

2.1.3 Etape de mise en marche :

La pressurisation de l'installation étant effectuée, la mise en marche peut être réalisée, pour cela il convient d'opérer comme suit :

- Ouverture de la vanne d'entrée principale SDV1001-A.
- Le gaz traité au début de production est de mauvaise qualité, qui nécessite l'ouverture de la vanne de torche SDV452-A pour acheminer ce gaz vers les torches.
- Fermeture de la vanne de by-pass SDV1002-A, et la vanne de torche SDV452-A. Le gaz traité est injecté dans le pipe d'expédition à travers la vanne de sortie SDV451-A. Le séparateur est en fonctionnement.

NB : La mise en marche est arrêté si :

- ü L'arrêt d'urgence (AU) est enclenché.
- ü L'arrêt procès (PSD-A) est enclenché.
- ü La discordance d'une vanne.

2.2 Arrêt de la chaine :

On peut distinguer trois types d'arrêt :

2.2.1 Arrêt normal :

Le but de l'arrêt normal est souvent pour un réseau de maintenance. Dès que la chaine est en marche, et à n'importe quel moment l'opérateur peut mettre la chaine en arrêt, puis il ajuste la pression de la chaine suivant les réparations qu'il veut effectuer (graissage des vannes, démonter les instruments pour la révision et l'étalonnage...etc.). Il en résulte les conséquences :

- Fermeture de la vanne d'entrée principale SDV1001-A.
- Fermeture de la vanne de sortie SDV451-A.

On dit que la chaine est à l'arrêt normal pressurisé. C'est-à-dire elle est prête à redémarrer.

NB : l'arrêt normal de la chaine est inopérant si :

- ü L'arrêt d'urgence (AU) est enclenché.
- ü L'arrêt procès (PSD-A) est enclenché.

2.2.2 Arrêt d'urgence avec dépressurisation partielle :

En présence d'un des facteurs de déclenchement, l'arrêt procès PSD-A sera enclenché et la production arrêtée.

Ces facteurs sont classés en deux grandes parties selon la nature et la source de chaque paramètre.

Les facteurs propres au séparateur :

Ce sont les facteurs internes, on cite :

- ü **PSHH101-A** : c'est la haute pression dans le séparateur S101-A.
- ü **LSHH101-A** : le haut niveau condensat dans le séparateur S101-A.
- ü **PSLL101-A** : basse pression dans le séparateur S101-A.

Lorsque le PSD-A est enclenché, la chaîne est arrêtée. Cela est dû à :

- La fermeture des vannes d'entrée SDV1001-A et de sortie SDV451-A.
- L'ouverture des vannes de purge BDV10-A, pour diminuer la pression dans le séparateur.
- La diminution de la pression dans le séparateur S101-A, S200-A jusqu'à 44 bars, et dans le séparateur, la vannes de purge sera fermé.

Le séparateur est en arrêt pressurisé. Le redémarrage de la chaîne est possible, lorsque le PSD-A est déclenché.

NB : Cette séquence d'arrêt peut être bloqué si l'arrêt d'urgence (AU) est enclenché.

2.2.3 Arrêt d'urgence avec dépressurisation totale :

L'arrêt d'urgence de la chaîne peut se produire en appuyant sur le bouton AU, il en résulte :

- La Fermeture de la vanne d'entrée principale SDV1001-A et de sortie SDV451-A.
- Ouverture de la vanne torche SDV452-A.
- Ouverture de toutes les vannes de purge BDV10-A.
- Fermeture de toutes les vannes de sortie liquide.
- Les vannes de purge et de torche seront fermées après la diminution de pression dans le séparateur à 1bar.
- La fermeture manuelle de la vanne HV1003-A.

3. Les différents Graficets technologiques de l'unité :

Pour tous les Graficets suivants on cite :

- ü **O-SDV...-A** : L'action d'ouverture d'une vanne.
- ü **F-SDV...-A** : L'action de fermeture d'une vanne.
- ü **ZSH...-A** : La fin de course de la vanne (vanne ouverte).
- ü **ZSL...-A** : La fin de course de la vanne (vanne fermée).
- ü **DIS...-A** : La discordance de la vanne.
- ü **PT...-A** : Transmetteur de pression.

La situation initiale du procédé, indiquée par la première étape « 1 » est décrite comme suit :

- Toutes les vannes et robinets d'isolement sont aux positions indiquées dans le tableau précédent (tableau III.1).
- Présence de courant.
- L'alimentation en air instrument est assurée, avec une pression suffisante.

3.1 Graficet principal :

L'installation peut être modélisée par le Graficet suivant, où chacune des actions 1, 2, 16, 23, 33, 39 et 58 est modélisée par une macro étape qui va être détaillée par la suite.

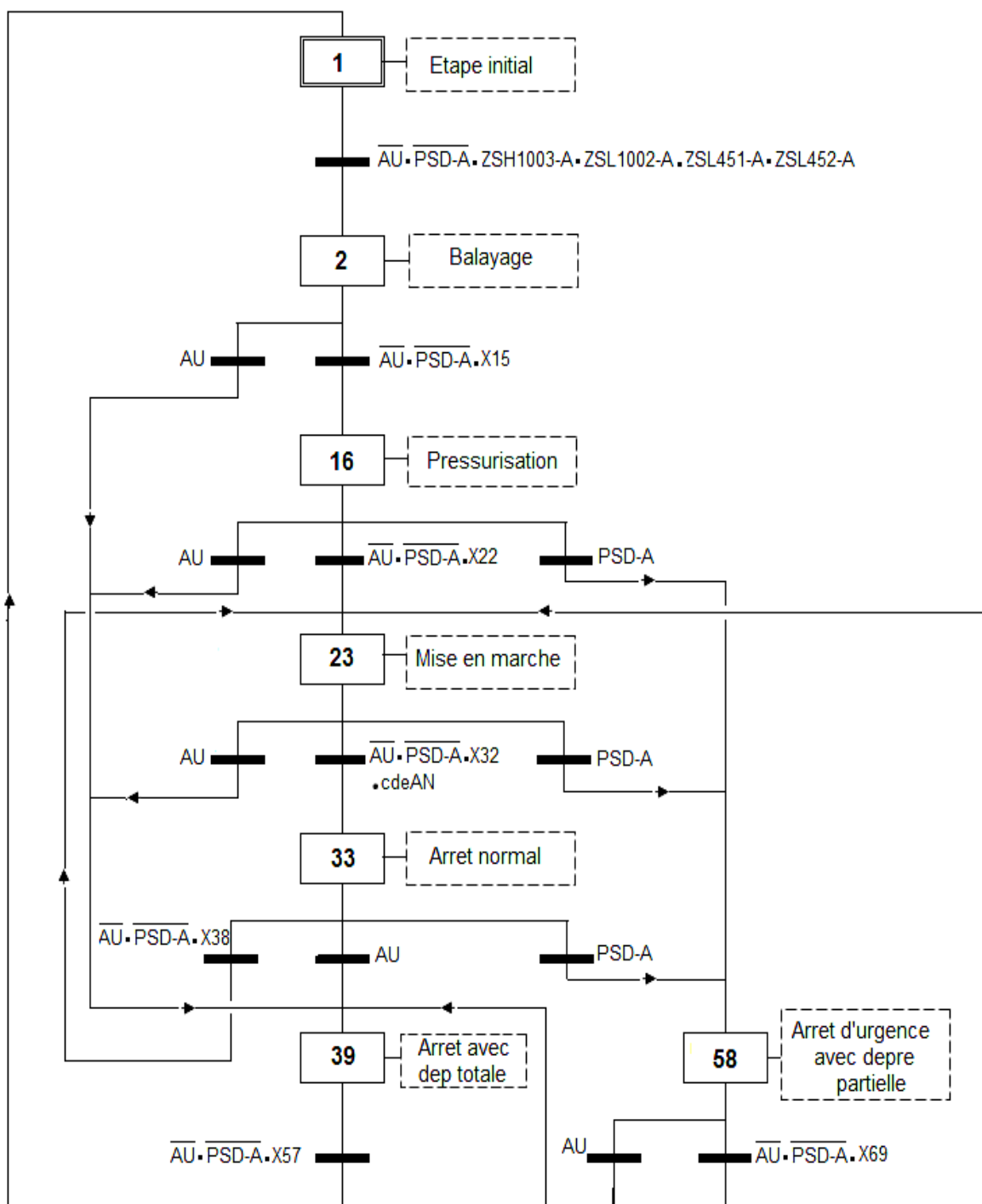


Figure III.1 : Grafcet principal.

3.2 Grafcet de balayage :

Le balayage est la première étape lors de la préparation de la chaîne pour le démarrage. Cette partie est représentée dans la figure (III.2).

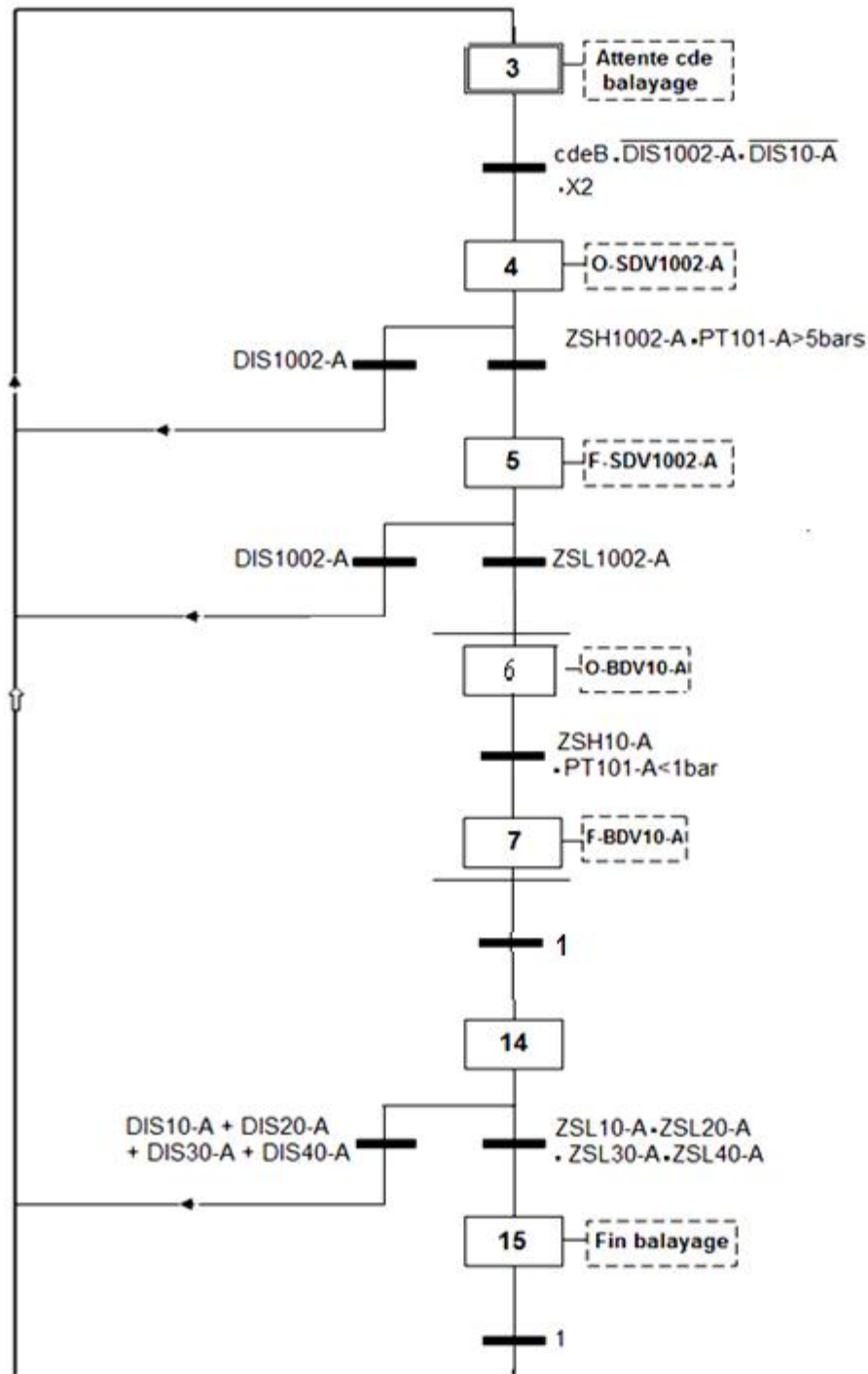


Figure III.2 : Grafcet de balayage.

3.3 Grafcet de pressurisation :

La pressurisation est la deuxième étape de démarrage de la chaîne de dégazolinage. Elle sert à maintenir la chaîne sous une pression égale à la pression de fonctionnement normal. Son grafcet est illustré en figure (III.3).

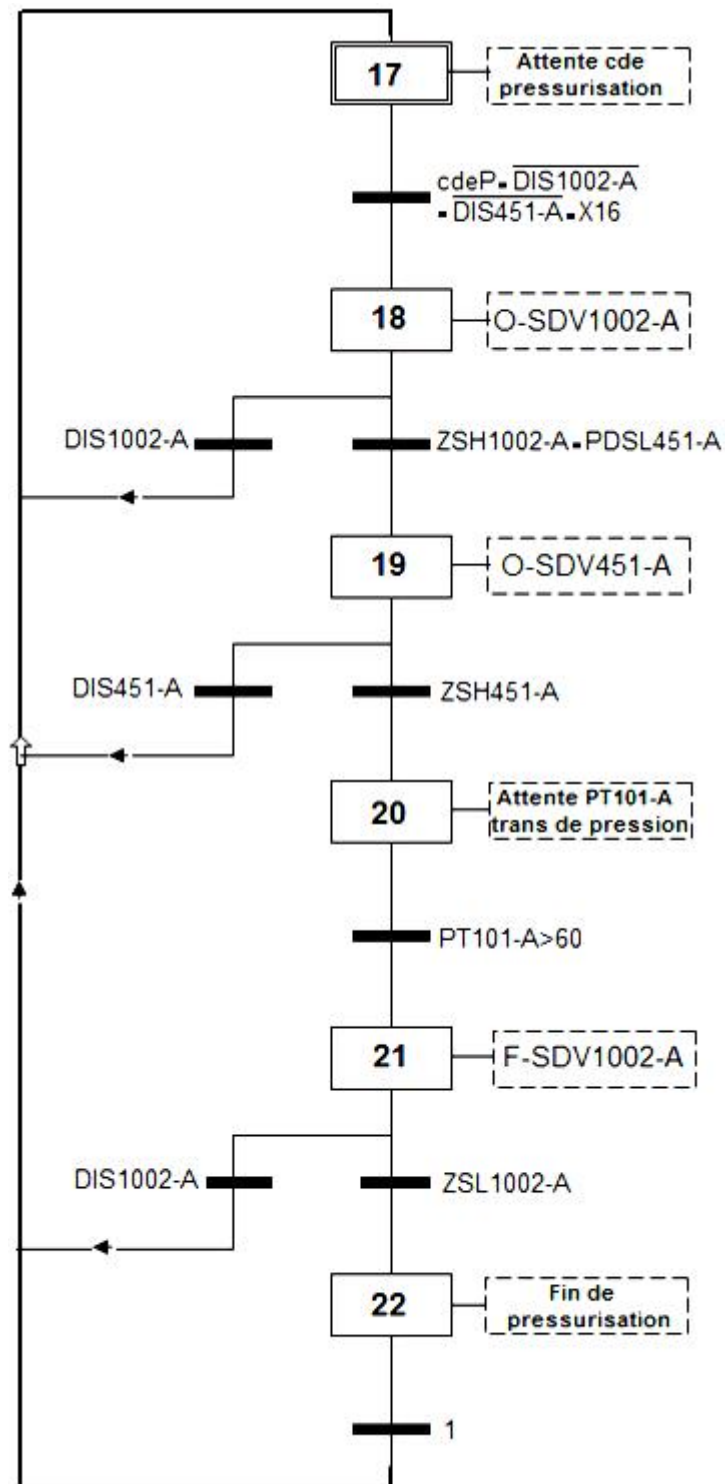


Figure III.3 : Grafcet de pressurisation.

3.4 Grafcet de mise en marche :

La mise en marche est la dernière étape du démarrage de la chaîne de traitement. On dit que la chaîne est en fonctionnement normal quand la vanne de torche SDV452-A est fermée. Son grafcet est illustré en figure (III.4).

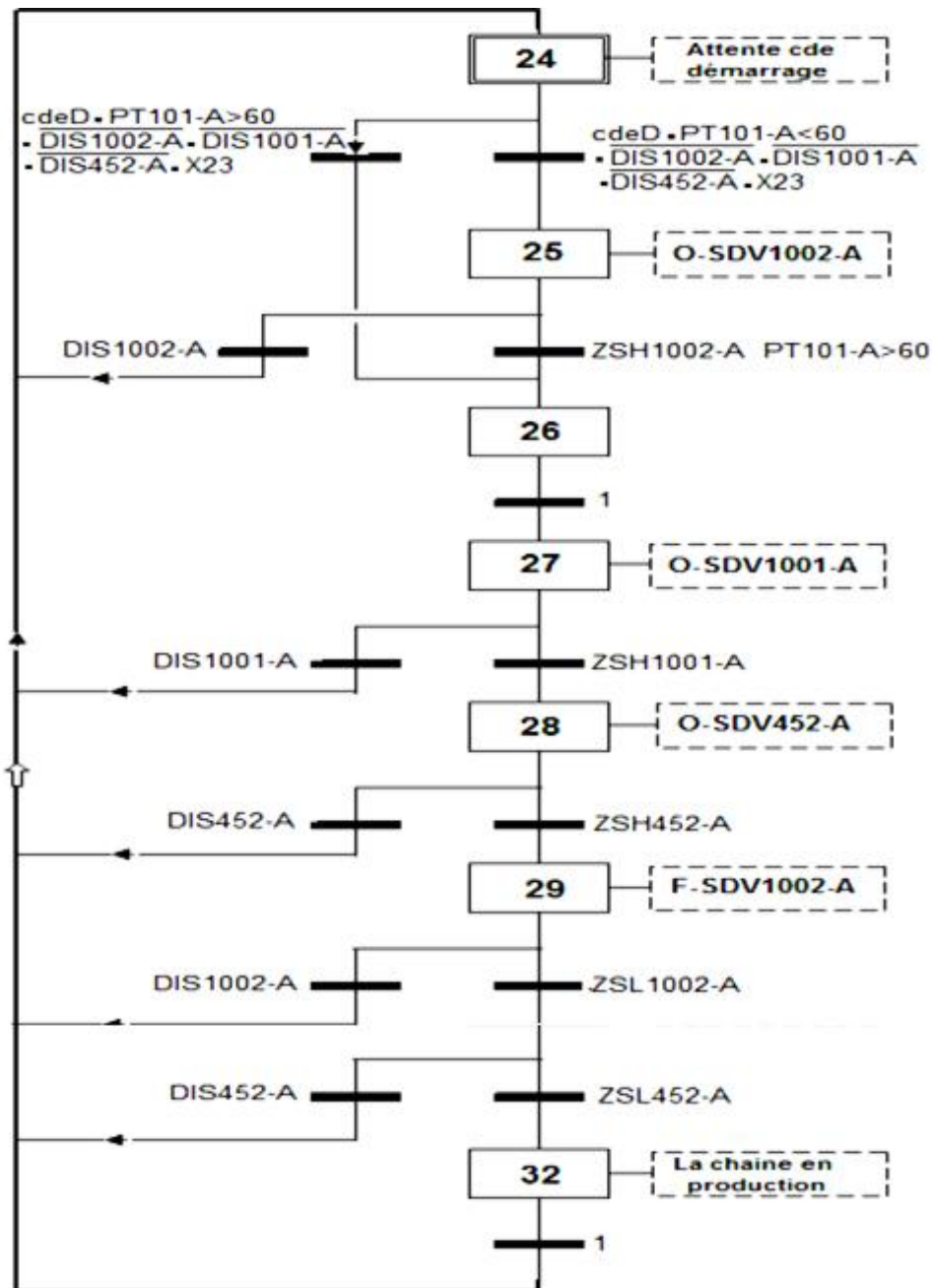


Figure III.4 : Grafcet de mise en marche.

3.5 Grafcet de l'arrêt normal :

Le but de l'arrêt normal est effectué souvent pour une raison de maintenance. Dès que la chaîne est en marche, et à n'importe quel moment l'opérateur peut mettre la chaîne en arrêt, puis il ajuste la pression manuellement de la chaîne suivant les réparations qu'il veut effectuer (graissage des vannes, démonter les instruments pour la révision et l'étalonnage...etc.). Son grafcet est illustré en figure (III.5).

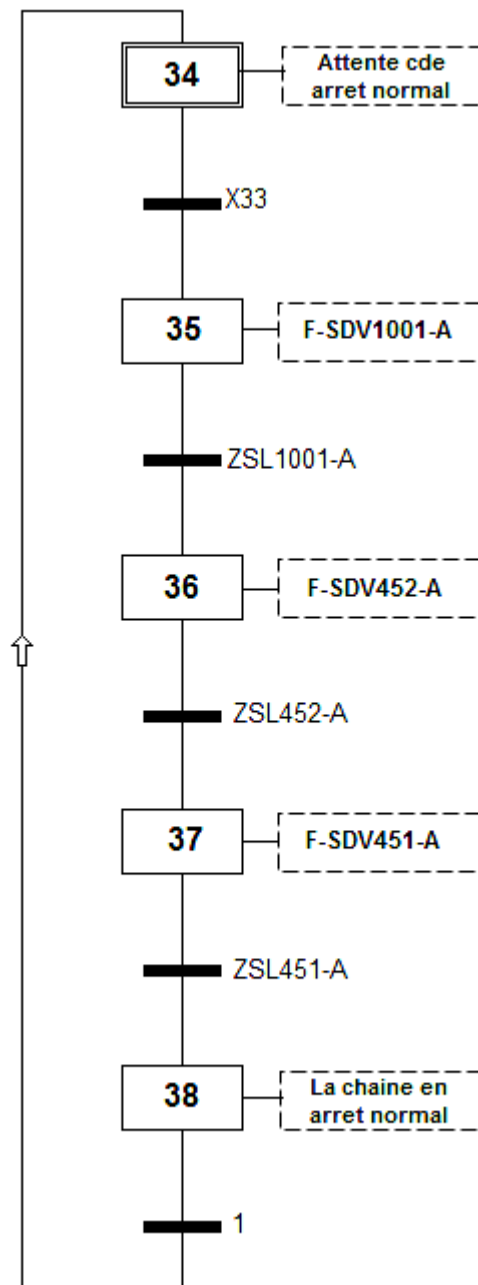


Figure III.5 : Grafcet de l'arrêt normal.

3.6 Grafcet de l'arrêt d'urgence avec dépressurisation partielle :

Ce grafcet est actif lorsque l'une des conditions de déclenchement citées précédemment est vraie. Il est illustré en figure (III.6).

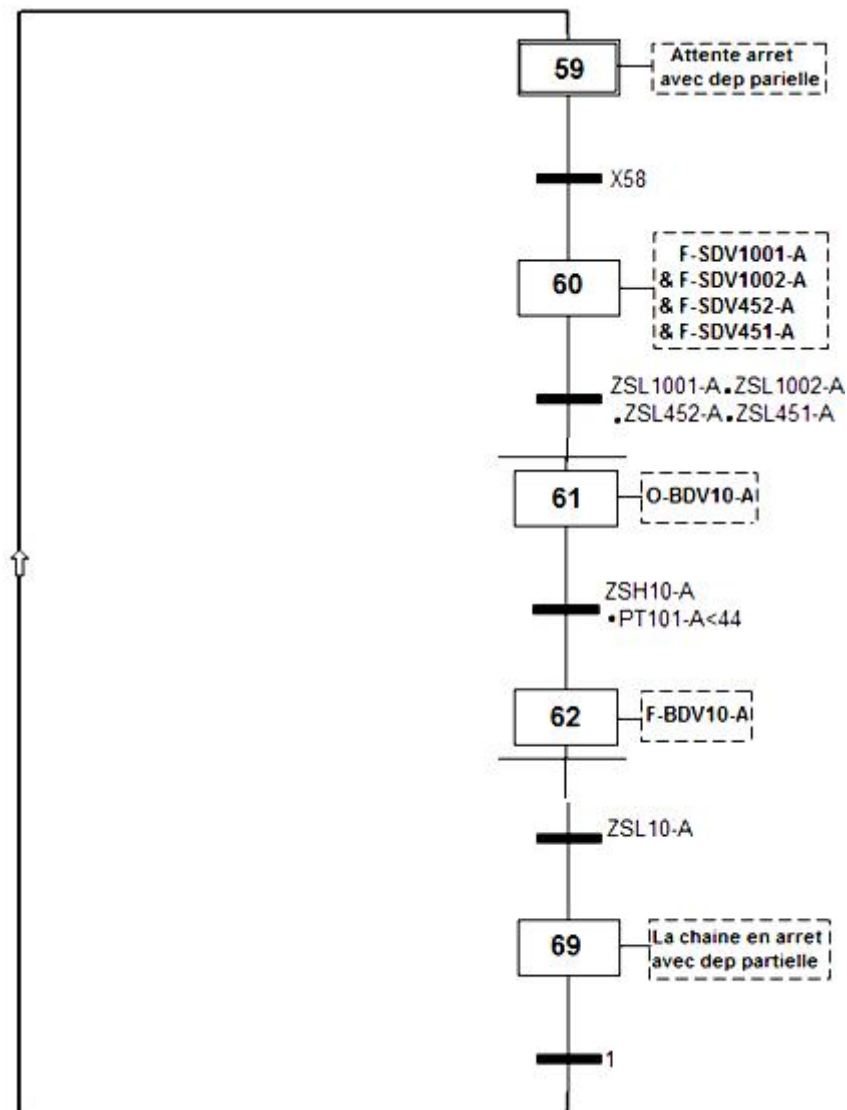


Figure III.6 : Grafcet de l'arrêt d'urgence avec dépressurisation partielle.

3.7 Grafcet de l'arrêt d'urgence avec dépressurisation totale :

Le Grafcet de l'arrêt d'urgence avec dépressurisation totale est active en appuyant sur le bouton **AU**. Il ferme toutes les vannes de sortie liquide, d'entrée principale et de sortie. Il ouvre aussi toutes les vannes de purges et de torches. Il est illustré sur la figure (III.7) :

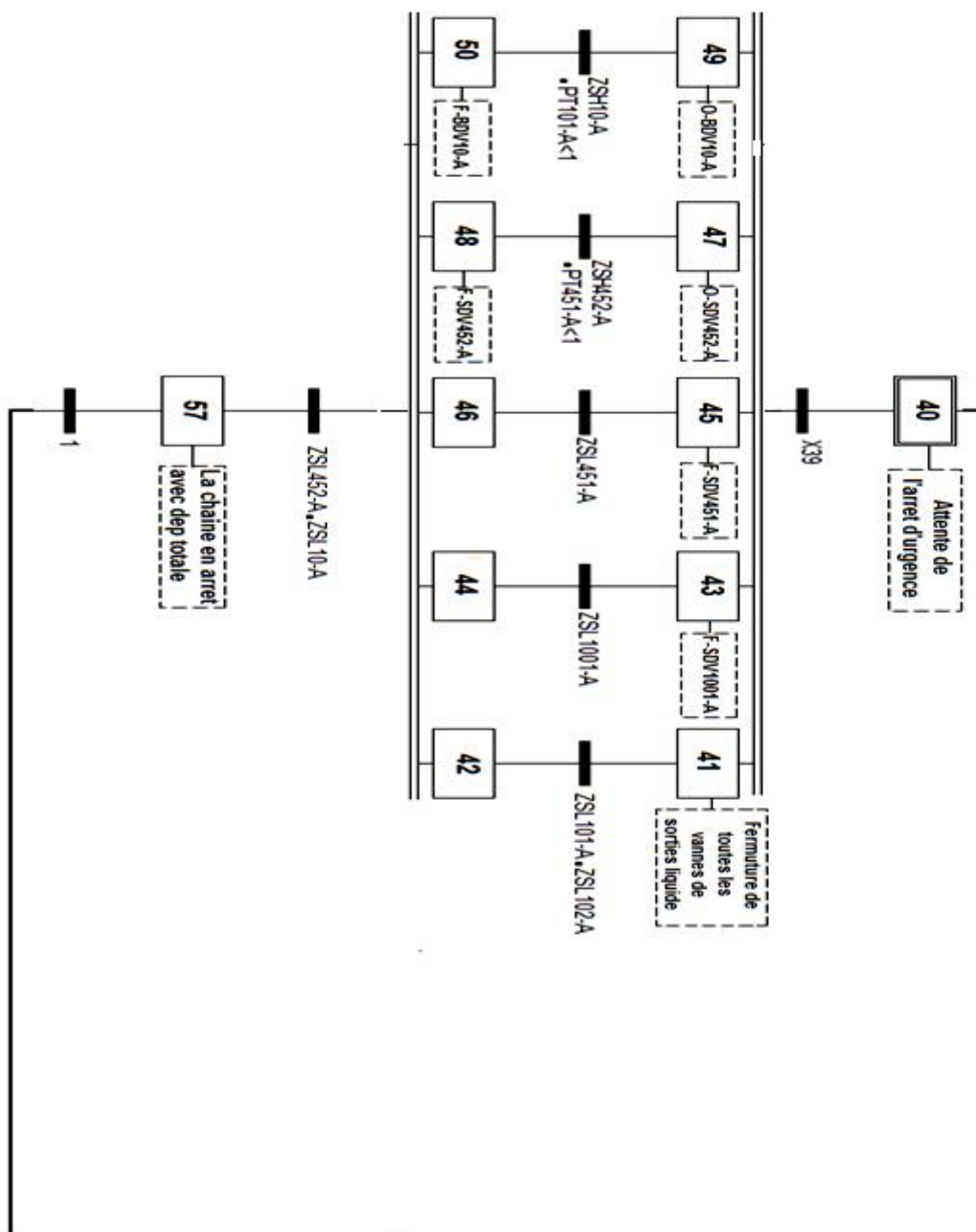


Figure III.7 : Grafcet de l'arrêt d'urgence avec dépressurisation totale.

Conclusion

Une bonne analyse du problème nous permettra de déduire une base des entrées et des sorties qui nous aidera par la suite à réaliser un choix de l'automate programmable, de sa CPU et de tous les types des modules qui vont être associés.

Chapitre 4 :

L'API Modicon M340 et sa programmation

Introduction:

La compétition mondiale industrielle, la pression sur les prix, l'évolution de la demande et d'autres contraintes telles que la sécurité, la production et la qualité, obligent les entreprises à rechercher en permanence « l'excellence opérationnelle ». Cet objectif a conduit à des évolutions majeures dans le monde des automatismes et s'est traduit par la création d'Unity Pro. Avec les logiciels et les plateformes « matériels » qui composent cet environnement de développement, les utilisateurs bénéficient des avantages de nouvelles technologies pour toutes les étapes de leur projet d'automatisme, avec l'assurance du meilleur potentiel d'évolution. Unity Pro, outil de programmation, de mise au point et d'exploitation des automates Modicon M340, Premium, Quantum et Atrium, permet d'aborder ce changement tout en préservant les investissements.

Pour répondre à toutes ces exigences dans l'installation présentée précédemment, la mise en place d'un automate programmable est nécessaire afin d'assurer un bon fonctionnement de l'unité de traitement gaz de GASSI-TOUIL (SONATRACH).

1. Les entrées/sorties générées par l'automate :**Les entrées :**

On a deux types d'entrées : **ANALOGIQUES** et **TOR**.

- Les entrées analogiques sont celles des signaux électriques élaborés par les transmetteurs de niveaux, de pression et ceux des débits. Ces signaux sont de type courant normalisé entre : [4mA, 20mA] ; donc ils sont directement reliés dans les modules d'entrée analogique de l'automate. Ces modules vont réaliser la conversion de ces signaux issus du processus en signaux numériques pour le traitement interne de l'automate Modicon M340.
- Les entrées TOR conviennent aux raccordements d'appareils à contacts et détecteurs de sécurité pression, et celles des signaux élaborés par les autres capteurs tout ou rien, tel que la détection de la pression différentielle (PDSL) du condensât ou par les différents défauts qui peuvent se produire au cours du fonctionnement.

Les sorties :

Les sorties existantes dans la configuration de l'automate sont des sorties **TOR**. Leurs destinations soit vers les actionneurs : électrovannes, contacteurs, système anti-incendie ou bien vers les différentes alarmes ou voyants.

2. L'automate M340 :

Vu les conditions requises pour l'automatisation de notre partie de l'unité traitement gaz, ainsi que les entrées/sorties, notre choix c'est basé sur l'automate de la gamme **Modicon M340** de Schneider qui existe au centre de production de Gassi-Touil.

Les critères qui nous amènent à choisir cet API sont les suivants :

- Les capacités de traitement du processus (vitesse, taille du programme, opération, temps réel, ...).
- Le nombre d'entrées/sorties.
- La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques ou booléennes).
- La nature de traitement (temporisation, comptage, etc. ...).
- La communication avec d'autres systèmes.
- Une grande résistance contre les chocs, les vibrations, la température, l'altitude et tenue aux perturbations électriques.
- Architecture rack permettant l'embrochage et le débrochage des modules sous tension et en fonctionnement (Hot-swap).



Figure IV.1 : L'automate Modicon M340.

Cet automate est adapté aux environnements sévères ou aux plages de température de fonctionnement élargie de -25 °C à +70 °C. Les cartes électroniques reçoivent une application de vernis afin d'augmenter l'isolement ainsi que la résistance à la condensation, aux atmosphères poussiéreuses, à la corrosion chimique plus particulièrement lors d'un usage en atmosphère soufrée ou atmosphère halogène. Cette protection permet une utilisation dans des environnements chimiquement agressifs.

3. Configuration choisie :

Le nombre de capteurs et actionneurs qui existent dans la chaîne et que nous avons proposé dans le chapitre précédent, nous permet d'établir la configuration d'automate suivante :

- **Le Rack** : Rack BMX XBP à 08 positions.
- **Module d'alimentation** : Module BMX CPS 24 à 48Vdc forte puissance.
- **Module E/S** :
 - **Deux** modules d'entrées TOR : 32 voies, 24Vdc Sink.
 - **Deux** modules de sorties TOR : 32 voies, 24Vdc Trans source.
 - **Un** module d'entrée ANA : 4 voies, (4 – 20) mA.
- **Module processeur** : CPU BMX P34 2000, il dispose d'un emplacement équipé de sa carte mémoire Flash BMX RMS 008P pour la sauvegarde de l'application, un connecteur type RJ45 liaison série Modbus.

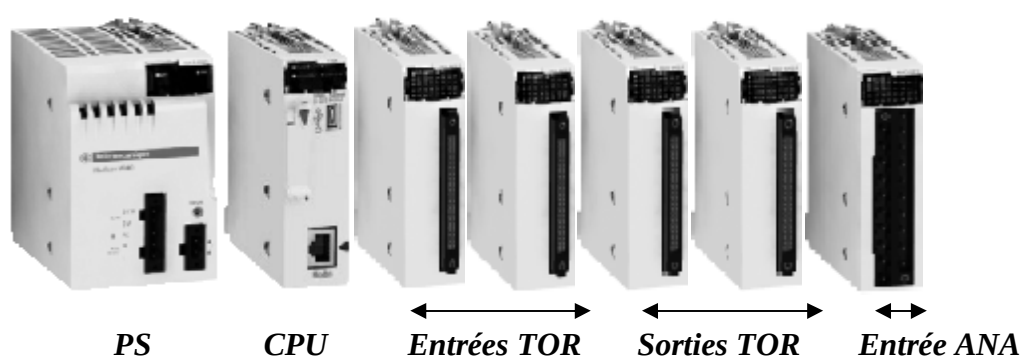


Figure IV.2 : Configuration d'automate M340.

4. Langage d'automatisation (Unity Pro) :

Le logiciel Unity Pro est un atelier logiciel destiné à programmer les automates Télémécanique Modicon M340, Premium, Atrium ou Quantum, il dispose en standard des cinq langages IEC 61131-3. Chaque section de code peut être programmée dans le langage de votre choix, le mieux adapté à chaque traitement, l'ensemble des outils d'édition, mise au point et d'exploitation est accessible quel que soit le langage utilisé. Dans notre projet on a choisit la programmation avec le langage séquentiel « SFC » et le langage à contact « LD ».

4.1.Langage séquentiel :

Le langage séquentiel SFC c'est un langage à Diagramme fonctionnel en séquence. Un diagramme fonctionnel en séquence conforme à IEC se compose dans Unity Pro de sections SFC (niveau supérieur), de sections de transition et de sections d'action. Ces sections SFC ne sont admises que dans la tâche maître du projet. Dans d'autres tâches ou DFB, les sections SFC ne peuvent pas être utilisées.

Une section SFC est une "machine d'états", c.-à-d. que l'état est déterminé par les étapes actives et les transitions renvoient le comportement de commutation/modification entre les états. Les étapes et transitions sont reliées les unes aux autres par des liaisons dirigées. Deux étapes consécutives sont toujours séparées par une transition. Chaque transition est associée une condition de transition. La dernière transition de la séquence est toujours reliée à une autre étape de la séquence (par une liaison graphique ou un symbole de "saut") de manière à obtenir une boucle fermée. Les séquences d'étapes se déroulent donc de façon cyclique.

Le principal avantage du langage SFC est de pouvoir suivre en temps réel l'exécution de l'application grâce à son animation graphique.

4.2.Langage à contact :

C'est un langage graphique, très utilisé en milieu industriel, car il s'inspire des circuits de commande basé sur la logique électrique, les équations combinatoires étant câblées à l'aide des contacts et de relais. Un programme est décrit par un diagramme sous forme d'échelle. Chaque échelon de l'échelle contient un ensemble de symboles graphiques qui peuvent être des contacts ou des bobines. Un contact permet la lecture d'une variable booléenne tandis qu'une bobine permet d'affecter une valeur à une variable booléenne.

5. Les éléments de programme :

5.1. Configuration de l'automate:

La fenêtre ci-dessous présente la configuration des différents modules choisis de notre automate M340, tels que :

- La CPU BMX P34 2000 Modbus.
- Les modules d'entrées TOR : 2 x BMX DDI 3202K.
- Le module de sortie TOR : 2 x BMX DDO 3202K.
- Le module d'entrée ANA : BMX AMI 0410
- Le module d'alimentation : CPS 2000.

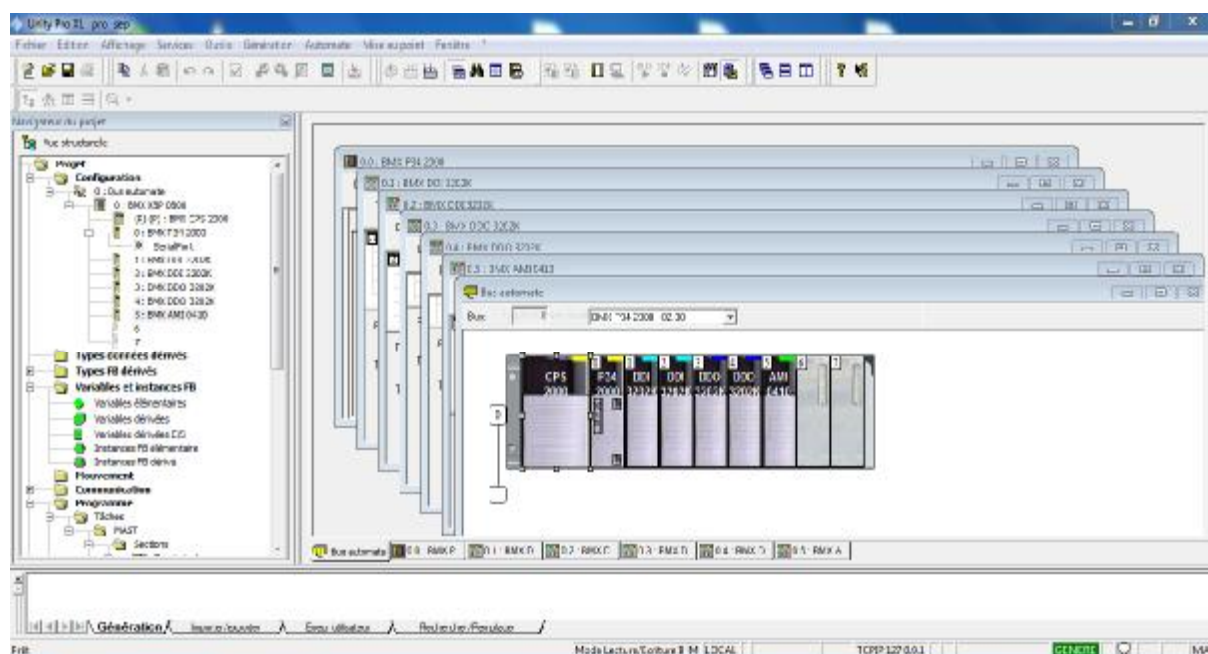


Figure IV.3: Interface Unity Pro – configuration automate.

5.2. Blocs fonction utilisateur DFB :

Le logiciel Unity Pro nous permet de créer des blocs fonction utilisateur DFB, en utilisant les langages d'automatismes. Les DFB sont des sous programmes programmés dans un bloc, qu'on peut l'appeler à partir d'un programme.

Ils contiennent les sous programmes pour :

- Le défaut de discordance des vannes.
- Mise à l'échelle des valeurs analogiques de pression et de température.

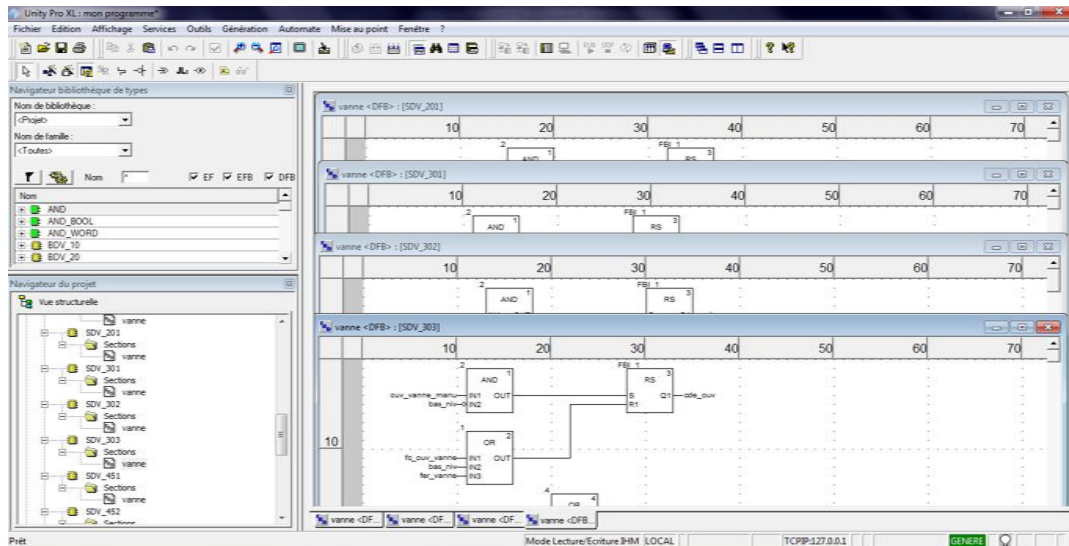


Figure IV.4 : Interface de programmation des DFB.

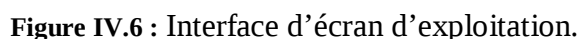
5.3. Editeur des données :

La fenêtre suivante représente les différentes variables et instances FB, tels que :

- Les variables d'entrées/sorties :
- Type DFB précité.



Les écrans d'exploitation sont très utiles lors des mises aux points mais aussi en maintenance, ils remplacent avantageusement les superviseurs, très facile à utiliser, on peut définir toutes sortes de formes, de textes, de boutons, les animer très facilement. On peut aussi utiliser les objets de "bibliothèque des écrans d'exploitations" ou créés à l'aide de l'éditeur graphique.



6. Les interfaces développées sous Unity Pro :

Ces interfaces présentent la structure du programme élaboré par le logiciel Unity Pro, dans le but de gérer le fonctionnement de la chaîne, cette structure organise le programme d'une manière à faciliter la compréhension et à faire des modifications en cas de besoin, elle comporte les sections suivantes :

- Mise à l'échelle des valeurs analogiques.
- La commande des vannes.
- Les défauts de déclenchement.
- Réinitialisation des Grafsets.
- Les Grafsets.

6.1.Mise à l'échelle :

Cette section englobe la mise à l'échelle des valeurs analogiques de pression et de température.

6.2.Commande ouverture/fermeture des vannes :

Cette section inclut le test des conditions de l'ouverture et la fermeture des vannes, ainsi la détection de défaut de discordance des vannes.

Dans cette section on a utilisé le bloc DFB (VANNE), illustré par la figure suivante :

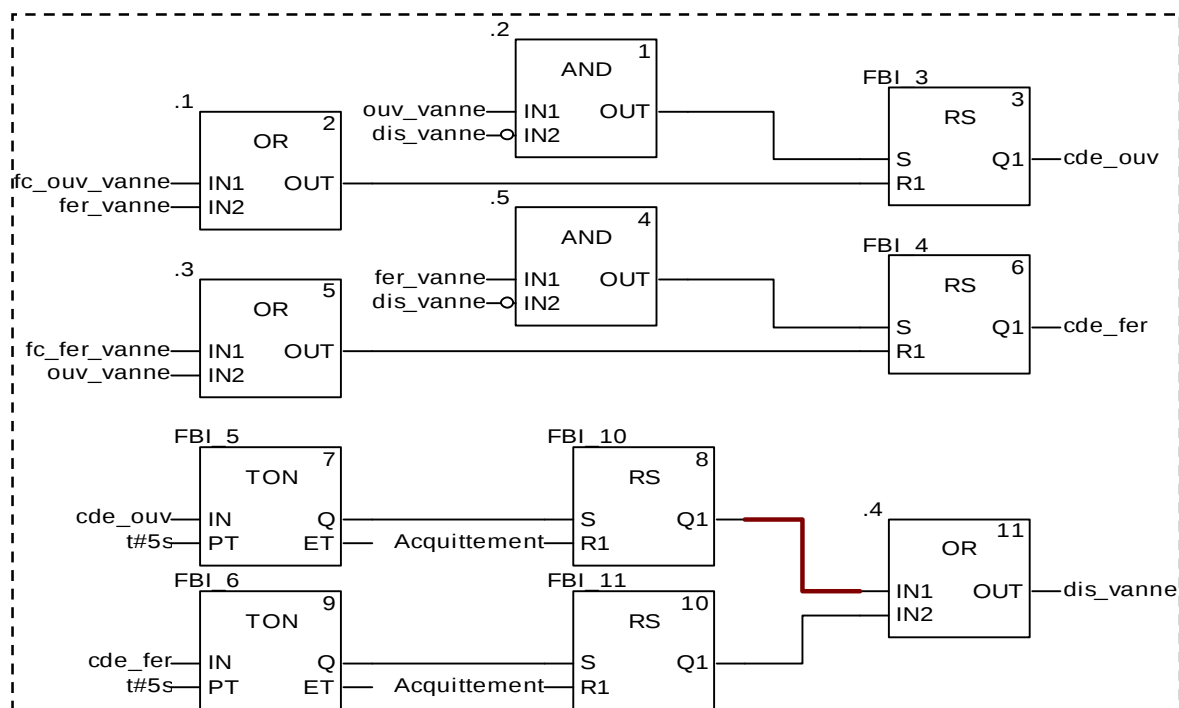


Figure IV.7 : Structure interne de bloc DFB.

Ce DFB autorise la commande de l'ouverture de la vanne (**Cde_ouv**) lorsque les entrées fermer la vanne (**Fer_vanne**) et fin de course de l'ouverture (**Fdc_ouv_vanne**) sont à "0". Et s'il n'y a pas une discordance de la vanne (**dis_vanne**). Le principe est le même pour la fermeture.

Afin de surveiller le temps d'ouverture et de fermeture on utilise le temporisateur TON pour retarder le déclenchement d'une discordance. Dès que l'ouverture de la vanne est validée (**Cde_ouv** = 1) le temporisateur se déclenche. Si dans les cinq secondes (**Fc_ouv_vanne**) n'est pas à "1" la variable de sortie **dis_vanne** monte à "1" et la fermeture/ouverture de vanne est interdite.

Après la disparition du défaut, l'opérateur doit acquitter le défaut (**acquitterment**).

6.3.Les défauts de déclenchement :

Cette section englobe tous les facteurs de déclenchement de la chaîne.

6.4.Réinitialisation des Grafcets :

Cette section sert à réinitialiser et démarrer les différents Grafcets de l'installation.

6.5.Les Grafcets :

Les Grafcets de la chaîne occupent sept sections :

- Grafcet principal de l'unité.
- Grafcet de balayage.
- Grafcet de pressurisation.
- Grafcet de mise en marche.
- Grafcet de l'arrêt normal.
- Grafcet de l'arrêt d'urgence avec dépressurisation partielle.
- Grafcet de l'arrêt d'urgence avec dépressurisation totale.

Conclusion :

Après avoir opté pour une configuration de l'automate, nous procéderons au chargement du programme dans ce dernier. Cette programmation est déduite d'après le cahier des charges et le grafcet établis précédemment. Ce travail nous permettra d'aboutir à la simulation et à la supervision de notre projet que nous expliciterons au chapitre V.

Chapitre 5 :

Supervision

Introduction:

Dans un projet industriel, il est toujours nécessaire de faciliter le contrôle des différentes entités de l'usine et ceci en introduisant des interfaces de communication et de supervision par le moyen des PC ou des écrans tactiles programmés par des logiciels d'interface homme machine. Dans notre cas la supervision de l'unité se fait avec le logiciel Unity Pro sur un PC.

1. Apports de la supervision:

La supervision a eu un impact considérable sur le monde industriel, tant pour les exploitants que pour l'entreprise.

- **Apport pour le personnel:**

La supervision permet de dégager les exploitants des tâches répétitives, surtout dans des milieux hostiles et de ne les réserver que pour des tâches importantes. Elle permet de rendre le travail moins contraignant pour celui qui l'exécute et améliore les conditions de travail.

Elle permet à l'opérateur de suivre le fonctionnement du procédé et d'effectuer des tâches de routines (vérification des paramètres, inspection de l'installation...).

En situation d'exception (incendie, danger, situations à risque...), la localisation des défauts et les actions à entreprendre prennent du temps à concevoir, dans ce cas le système de supervision sert d'interface entre le procédé et l'exploitant pour le diagnostic et l'aide à la décision.

- **Apport pour l'entreprise:**

L'effet de la supervision sur l'entreprise entre autre est de:

- § Respecter les délais en diminuant le nombre de pannes et en réduisant le nombre de dépannage car le suivi de l'entreprise dépend du respect des délais.
- § Améliorer et maintenir la qualité, ceci se fait par le maintien des équipements dans un bon état de fonctionnement.
- § Réduire les coûts en diminuant les pertes de production.

Un système de supervision donne de l'aide à l'opérateur dans la conduite du process, son but est de présenter à l'opérateur des résultats expliqués et interprétés et son avantage principal est :

- Surveiller le process à distance.
- La détection des défauts.
- Le diagnostic et le traitement des alarmes.

2. Communication entre le PC de supervision et l'automate :

La communication entre le PC de supervision et la machine ou le processus est réalisé par l'intermédiaire de l'automate, au moyen de "**variables**". La valeur d'une variable est écrite dans une zone mémoire (adresse) de l'automate où elle est lue par le PC de supervision. La structure générale est illustrée dans la figure suivante :

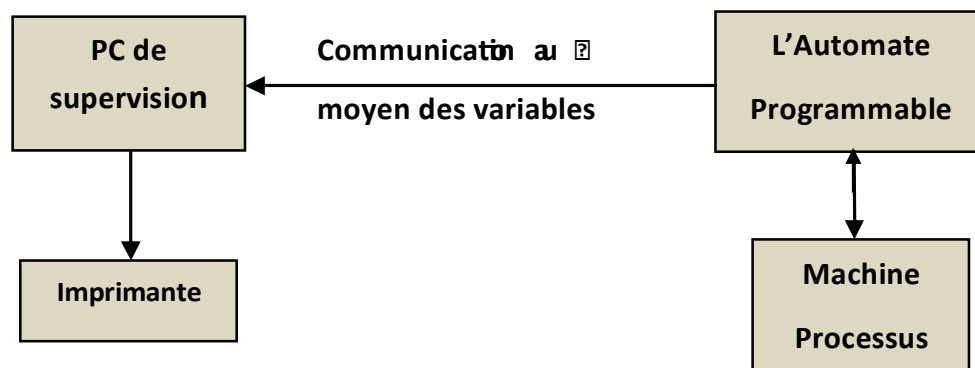


Figure V.1 : Structure générale de communication entre le PC de supervision et l'automate.

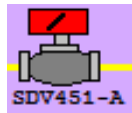
3. Les interfaces développées sous l'écran d'exploitation :

3.1. Synoptique de la chaine :

Cette première figure est considérée comme l'image d'accueil de notre projet puisque elle centre l'ensemble de l'installation et elle nous permet l'accès à toutes les autres images.

On a configuré des afficheurs de pression et de température sur les séparateurs puisque cette information est importante pour l'opérateur.

Pour bien illustrer l'état réel des vannes de cette figure, on a fait de tel sorte que ces vannes ont des couleurs différentes à l'état d'ouverture ou de fermeture.



Rouge indique la vanne fermée.



Vert indique la vanne ouverte.

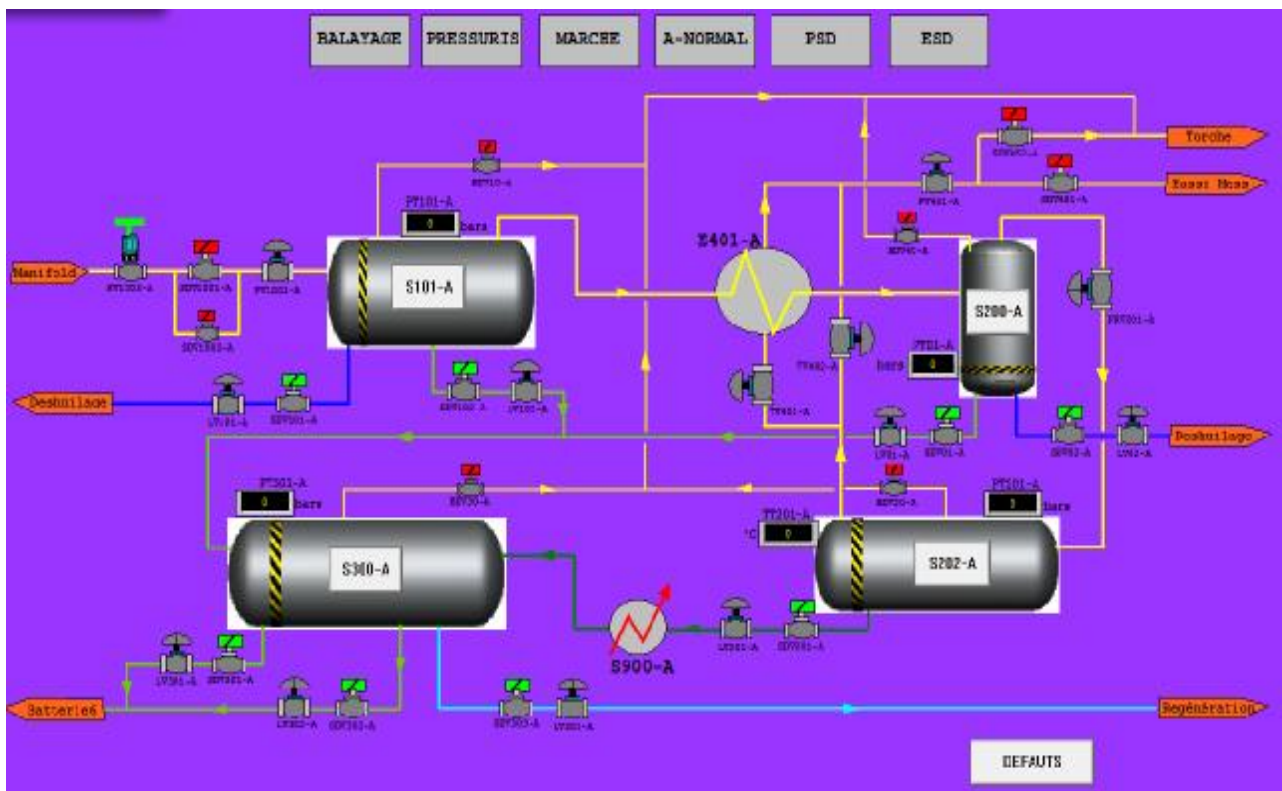
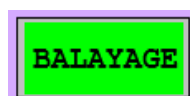


Figure V.2 : Synoptique de la chaîne (image d'accueil).

Les interfaces suivantes présentent les différents états de la chaîne :

3.1.1. La chaîne à l'étape de balayage :

Dans la figure suivante la chaîne est à l'étape de balayage, la vanne de by-pass est ouverte. Cette étape est signalée sur l'écran.



Vert indique la chaine à l'étape de balayage.

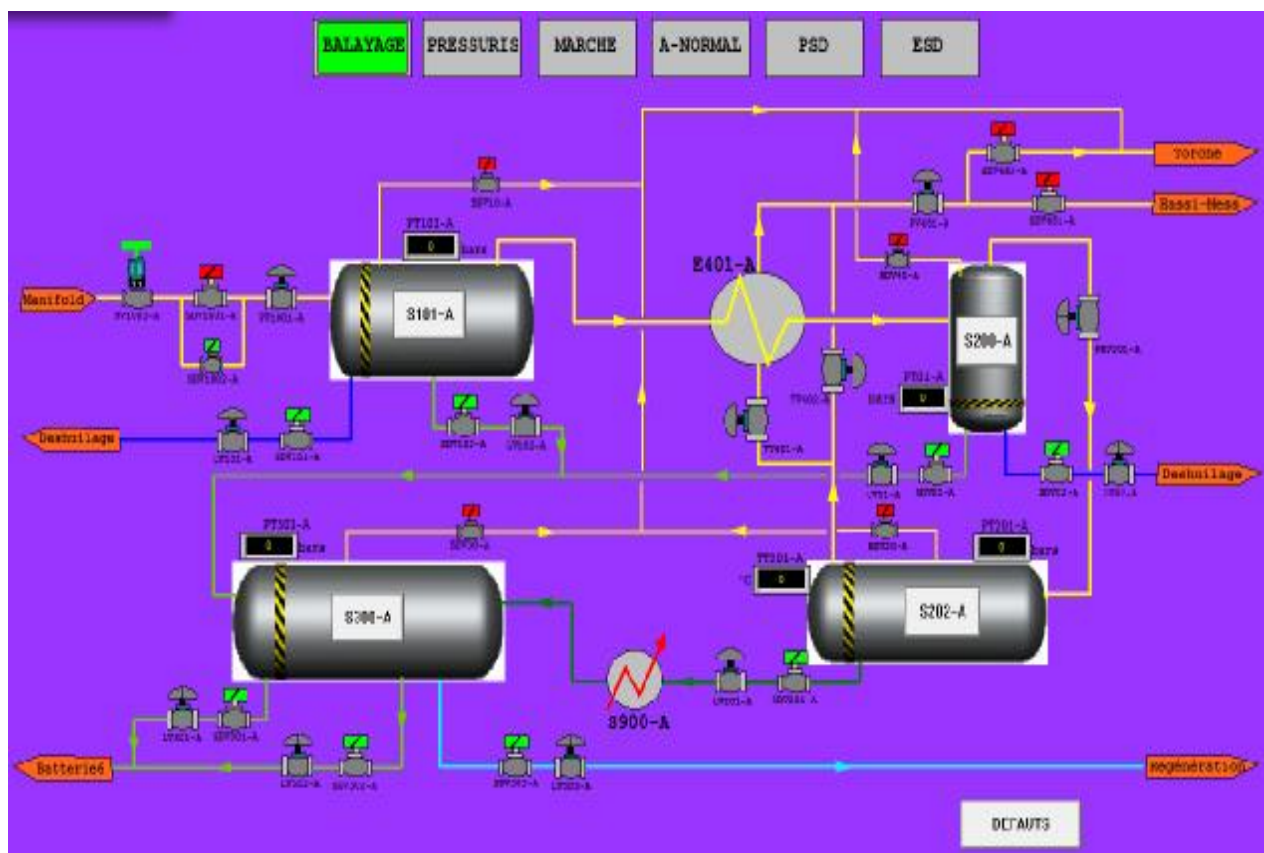
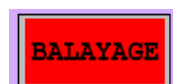


Figure V.3 : La chaine à l'étape de balayage.

3.1.2. L'étape de balayage arrêtée :

La figure ci-dessous représente l'arrêt de l'étape balayage à cause d'une discordance de la vanne.



Rouge indique l'étape de balayage est arrêtée.



Indique une discordance de la vanne.

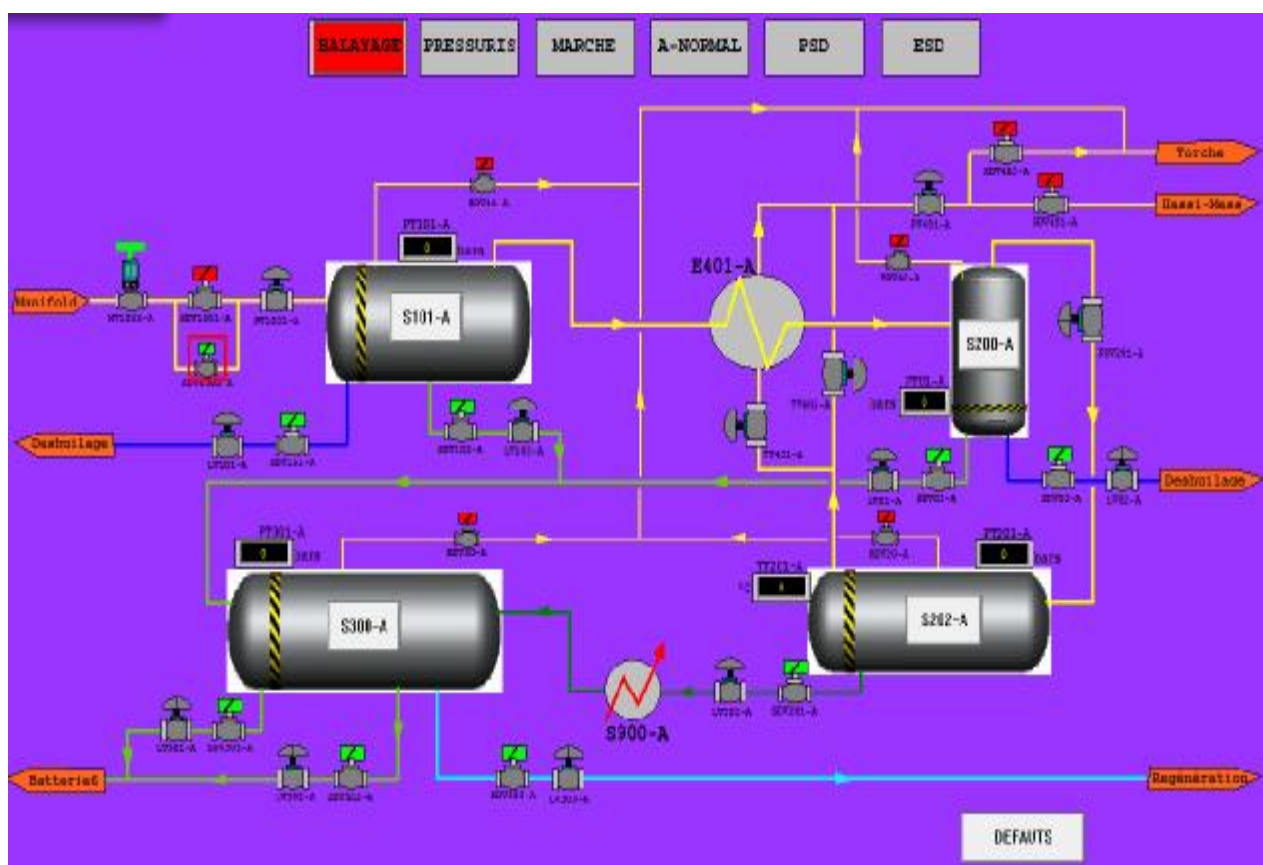


Figure V.4 : L'étape de balayage est arrêtée.

3.2. L'état d'un séparateur :

La fenêtre suivante représente l'état du séparateur S101-A, elle contient un afficheur de pression pour donner plus d'information sur son état. On a inclus des alarmes de niveau et de pression, et on a fait de telle sorte que le texte et la couleur de l'afficheur soient différents à la présence d'une anomalie.

La structure de cette fenêtre est la même pour les autres séparateurs à l'exception de l'adressage ; pour cela on n'a représenté qu'une seule fenêtre.

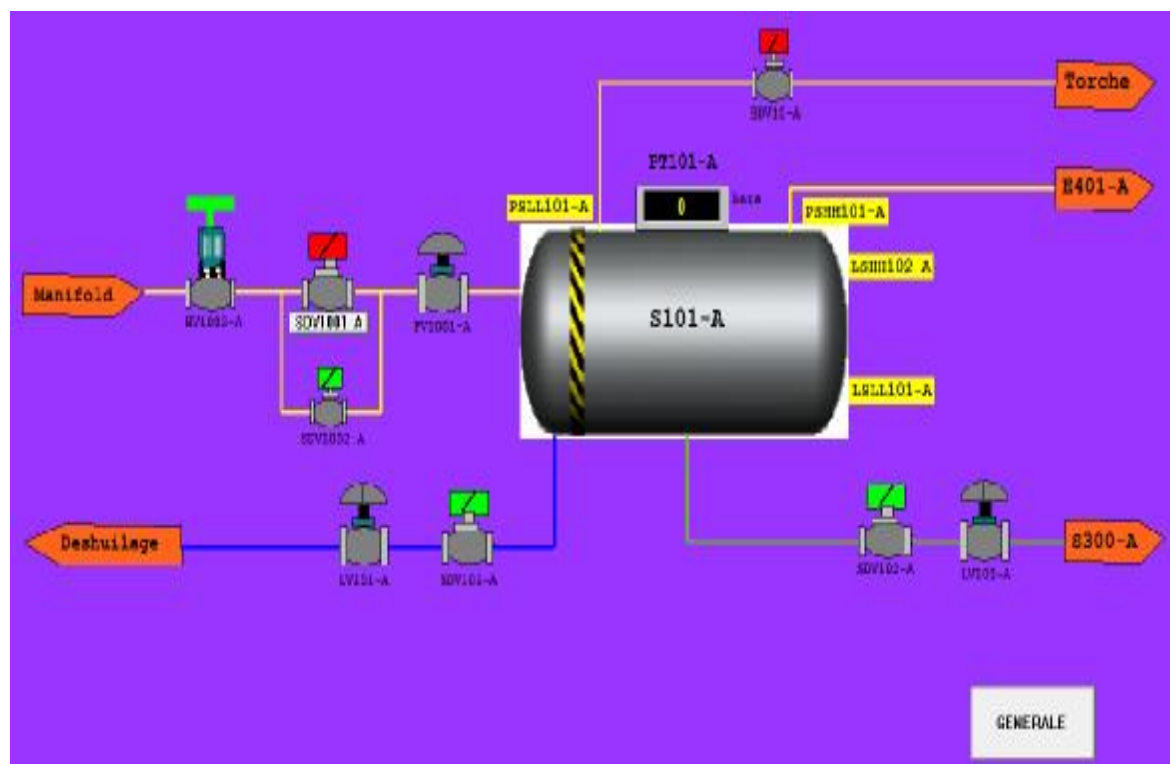


Figure V.5 : L'état d'un séparateur.

3.3. Les défauts :

Cette fenêtre représente les différentes anomalies et les défauts du séparateur S101-A.

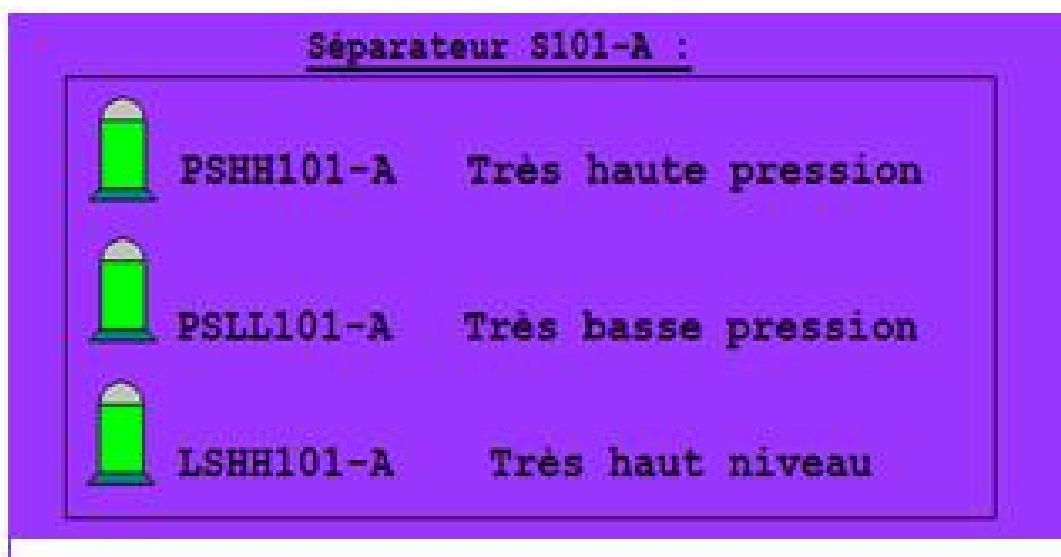


Figure V.6 : l'interface des défauts de séparateur.

3.4. Les vannes :

L'illustration ci-dessous représente toutes les informations concernant la vanne, telles que :

- Fermée.
- Ouverte.
- Discordance.
- Acquittement.

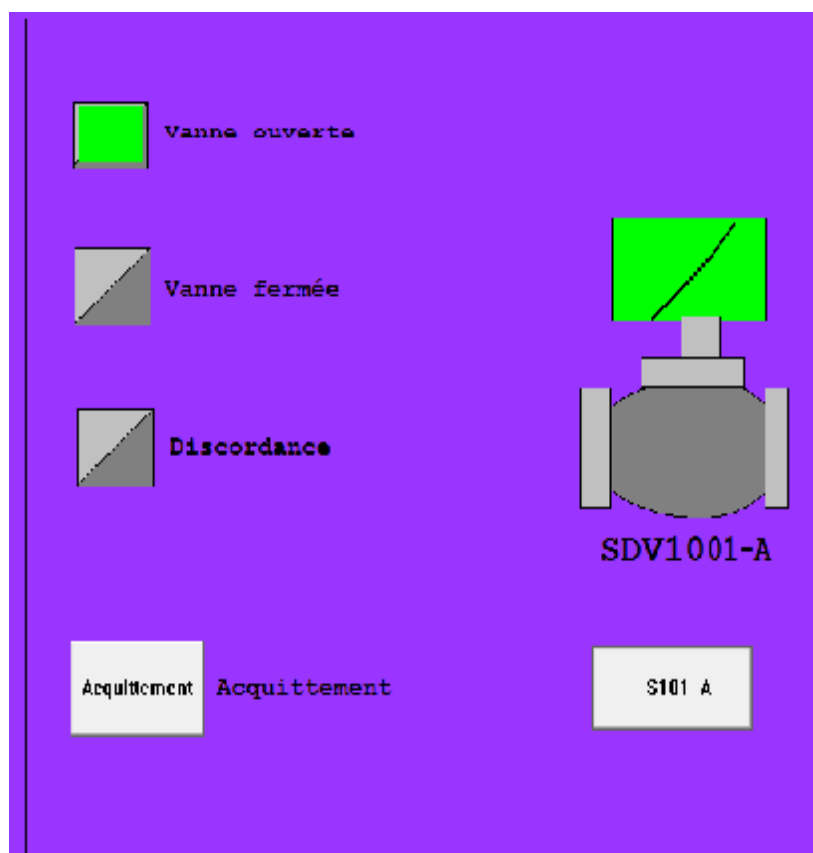


Figure V.7 : L'interface de l'état de la vanne.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons réalisé des écrans de supervision en utilisant l'écran d'exploitation du logiciel Unity Pro. Nous avons trouvé cet écran très riche en options et en propositions. Il suffit d'imaginer le design de l'installation et tous les effets d'animations qui seront nécessaires pour bien montrer l'état réel de l'installation à l'opérateur avec plus d'informations à partir des messages configurés et l'attribution des couleurs différentes pour les états différents objets.

Conclusion générale

Conclusion générale :

A l'heure actuelle l'automatisation joue un rôle dans l'obtention des méthodes de travail évoluées et offre des solutions de communication universelles et peu coûteuses.

Toute personne ayant à maintenir des équipements automatisés doit connaître ses bases nécessaires et maîtriser les principes de l'automatisme et les bases de programmation.

Ce travail a été réalisé au sein des entreprises SONATRACH et SCHNEIDER ELECTRIC dans le cadre de notre projet de fin d'études. Dans ce contexte, nous avons étudié le fonctionnement actuel de la chaîne de traitement de gaz afin de pouvoir l'automatiser avec un automate programmable industriel (API). Cette migration a nécessité plusieurs modifications que nous avons étudiées et proposées. Le changement principal étant la modification de l'ensemble du staff de l'instrumentation qui était pneumatique et proposée maintenant en électronique. La programmation de l'automate Modicon M340 a été réalisée à l'aide du logiciel Unity-Pro. Ce logiciel permet la programmation directe en langage graphique GRAFCET ce qui a principalement facilité notre tâche et nous a permis d'aborder une autre manière de programmer.

Ce travail nous a permis aussi de comprendre et de maîtriser la programmation sous le logiciel Unity Pro. Ce logiciel comporte également un système de supervision intégré afin de garantir l'interface Homme-Machine et assurer le contrôle et la surveillance de l'unité.

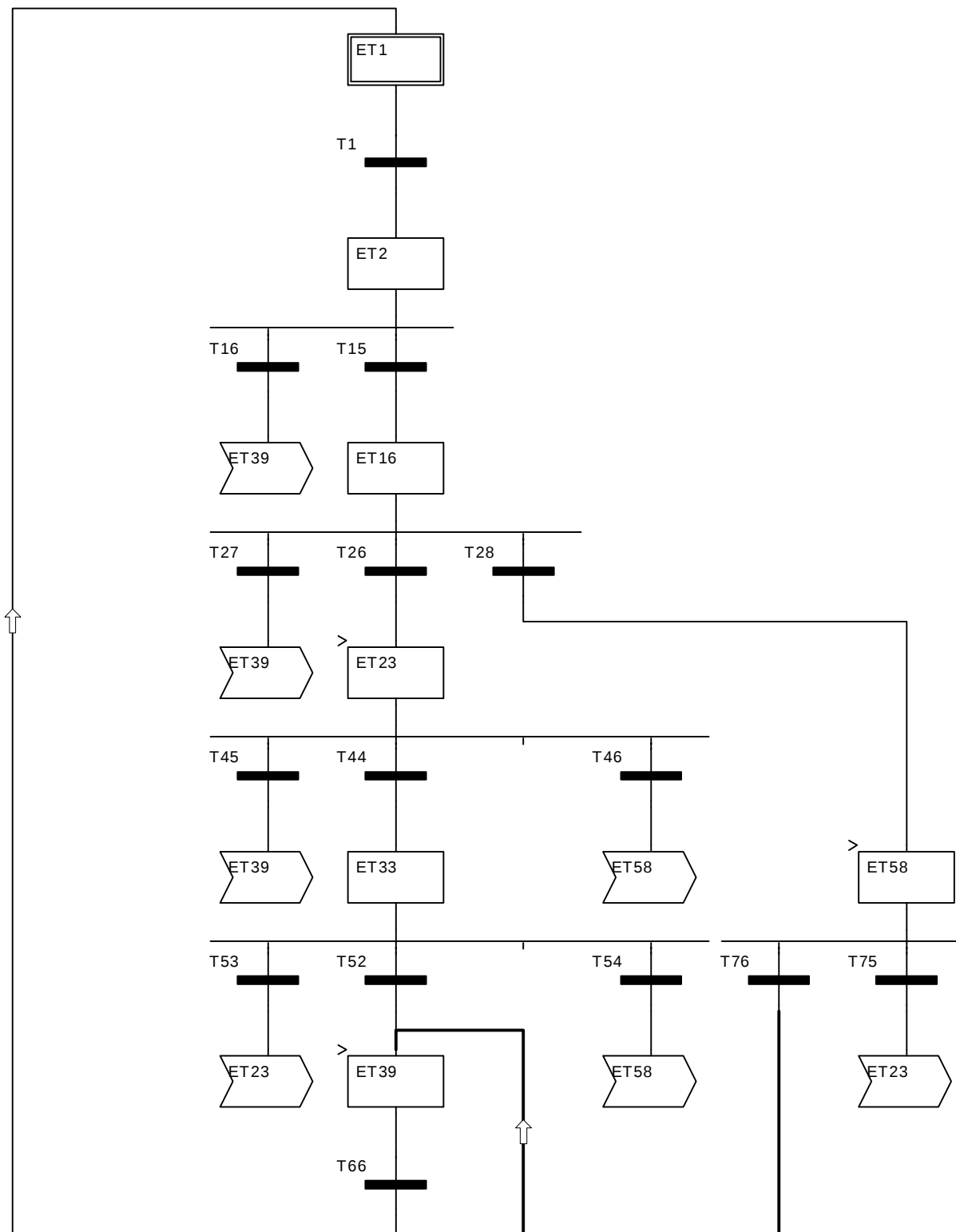
Ce projet était une occasion formidable d'appliquer nos connaissances acquises durant notre formation et de les confronter à la réalité industrielle. Cela nous a permis d'acquérir une expérience importante dans le domaine de la pratique et de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine. D'autre part, cela nous a permis aussi d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour l'élaboration des projets d'automatisation.

Enfin, nous espérons que notre travail sera utile à toutes personnes intéressées par le monde d'automatisation.

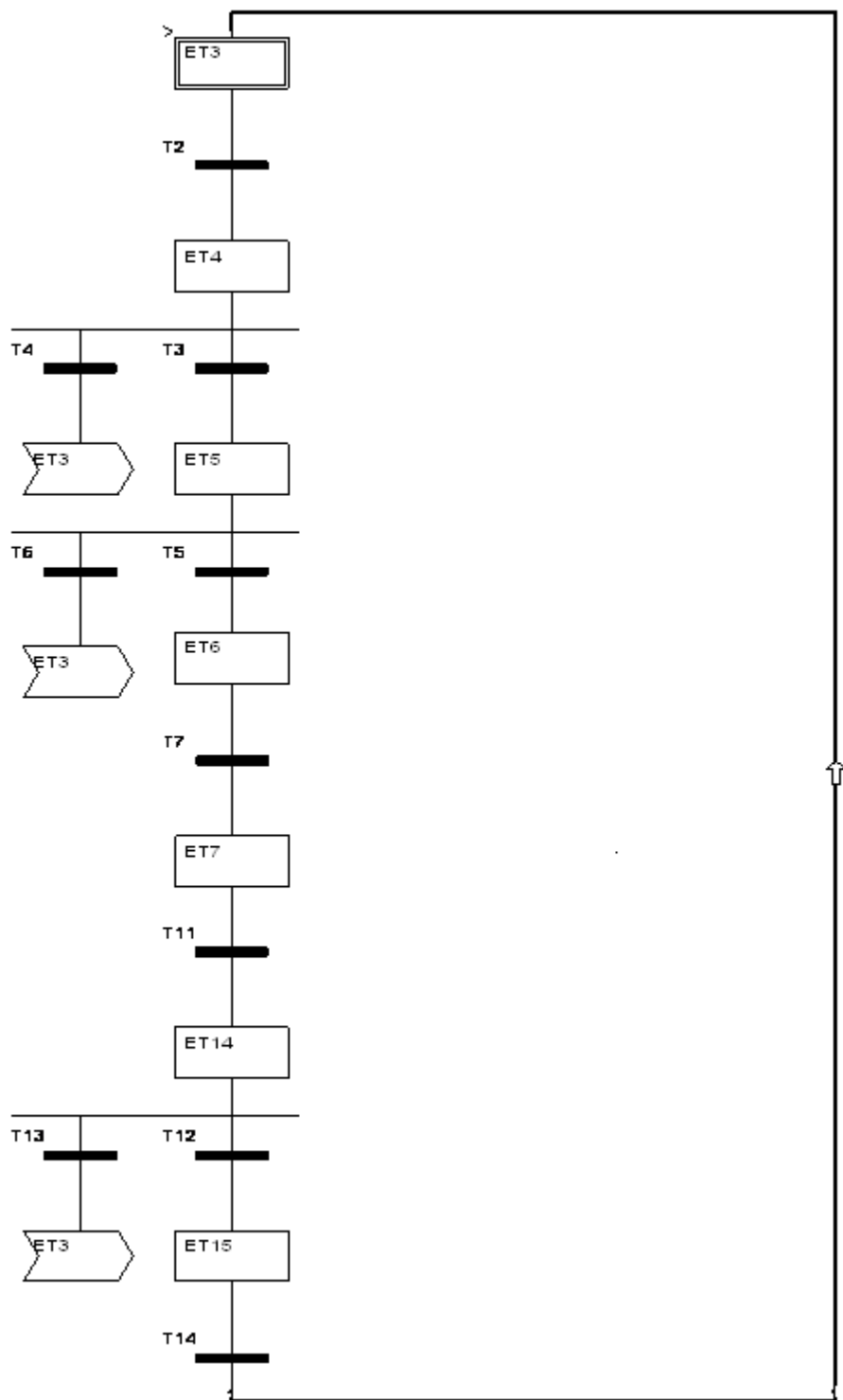
1. **Emerson Process Management**, *Electro-Pneumatic Transducers*, Bulletin 62.1:646, September 1999.
2. **Emerson Process Management**, *Rosemount 4600 Absolute and Gage Pressure Transmitter*, Product Data Sheet 00813-0100-4690, Rev GA, August 2004.
3. **Emerson Process Management**, *Rosemount 3090S Series Product*, Data Sheet 00813-0100-4801, Rev FA, August 2004.
4. **Emerson Process Management**, *Rosemount 3144P Transmetteur de Température*, Bulletin 00813-0100-4021, Rév DA, Août 2004.
5. **Emerson Process Management**, *Sondes de Température et Accessoires*, Bulletin 00813-0200-2654, Rév FB, Octobre 2003.
6. **Emerson Process Management**, *Transmetteurs et capteurs de niveau Série 2390-249*, Bulletin 11.2:2390-249:F, Avril 1996.
7. **Emerson Process Management**, *Type 1250 and 1250R Diaphragm Actuators Product*, Bulletin 61.1:657, June 2002.
8. **Fisher Rosemount**, *Régulateurs et Transmetteurs Pneumatiques de Niveau Series' 2500-249*, Bulletin 34.2:2500:F, Mars 1997.
9. **Manuelle** de l'unité de traitement de gaz (Gassi-Touil).
10. **Help** du logiciel Unity Pro.
11. **Manuelle** de la société SCHNEIDER ELECTRIC.
12. **Documentation techniques de Schneider**, aide Unity Pro. CD ROM Unity Pro.
13. J -M Bleux . J.-L Fanchon. **"Automates Industriels."** Collection Etapes.
14. **CERR M.** ; *Instrumentation Industrielle*, vol 2, Technique et Documentation, Paris 1980.
15. **Data Sheet : Les Transmetteurs** : <http://www.sts-ag.ch/sw414.asp>

ANNEXE

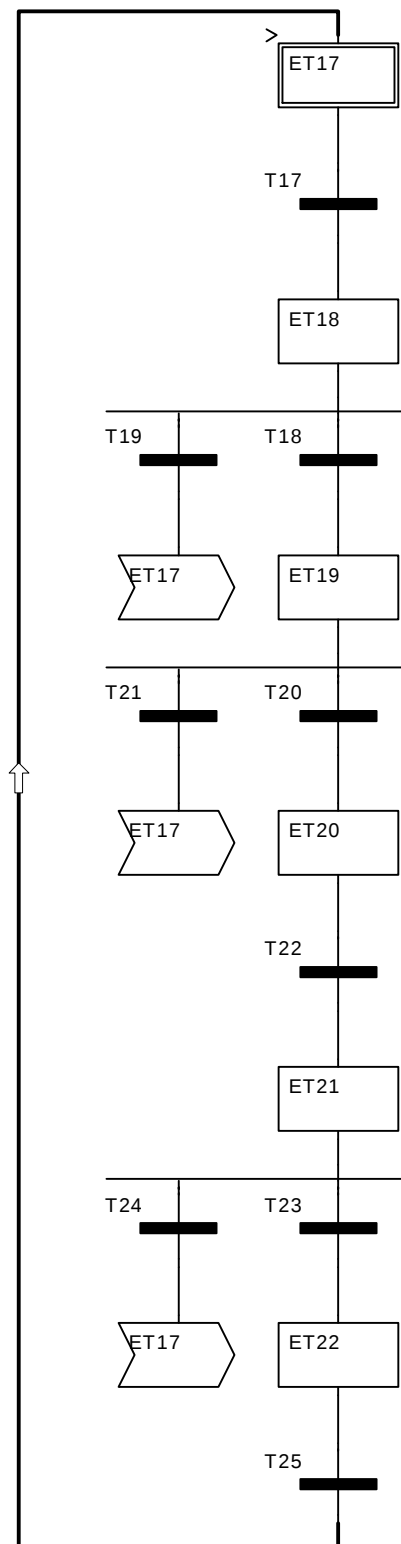
Grafcet_principal



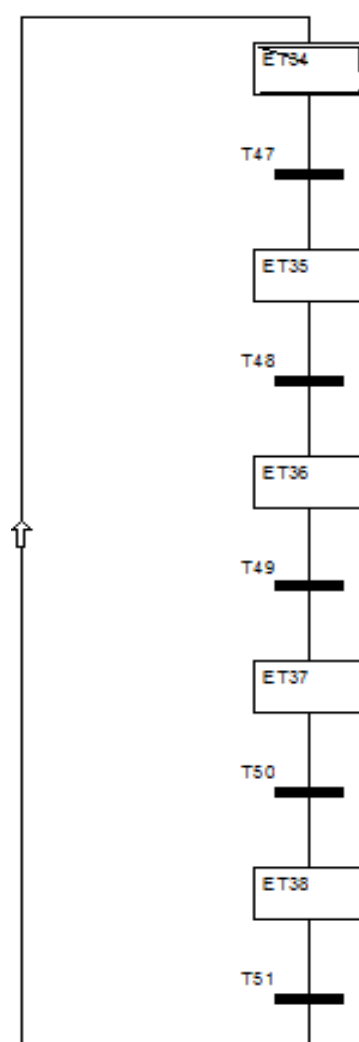
Grafcet_balayage



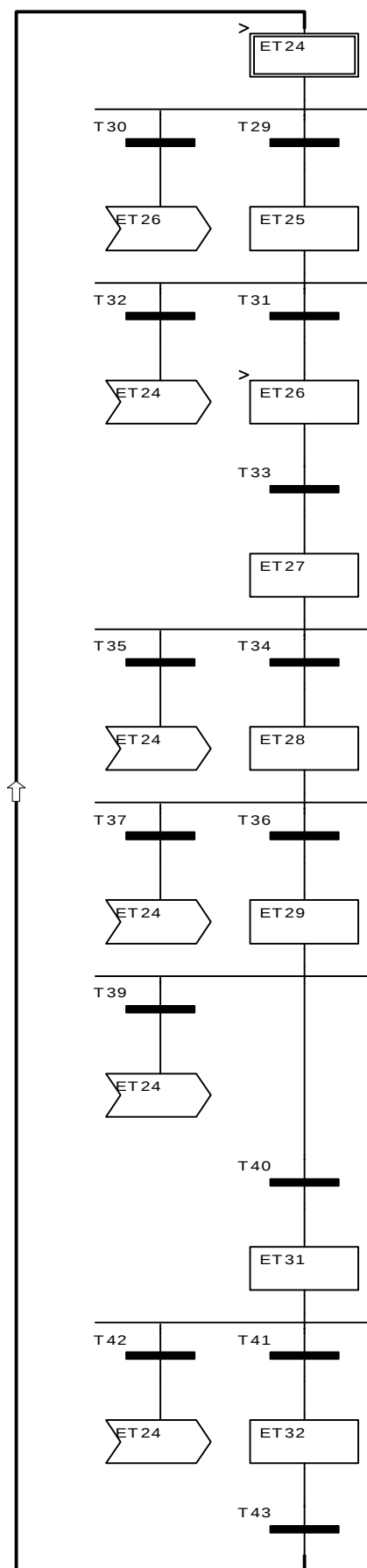
Grafcet_pressurisation

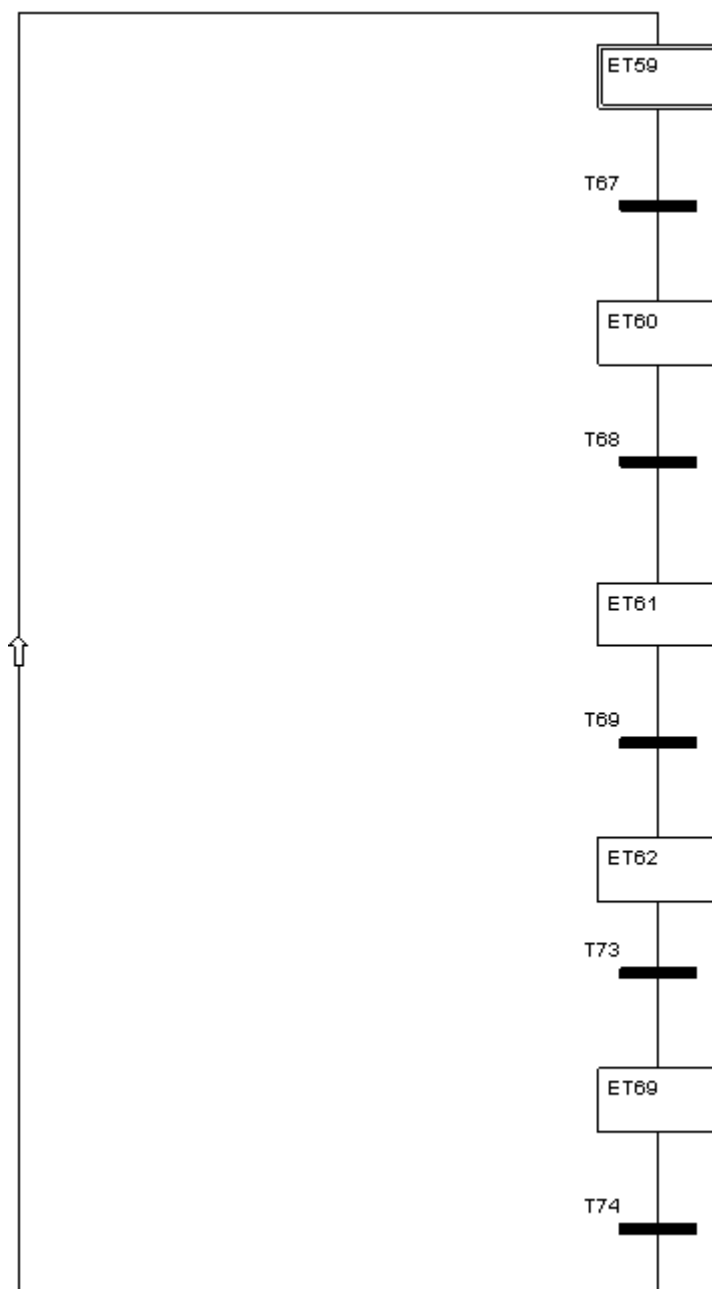


Gracet_marche

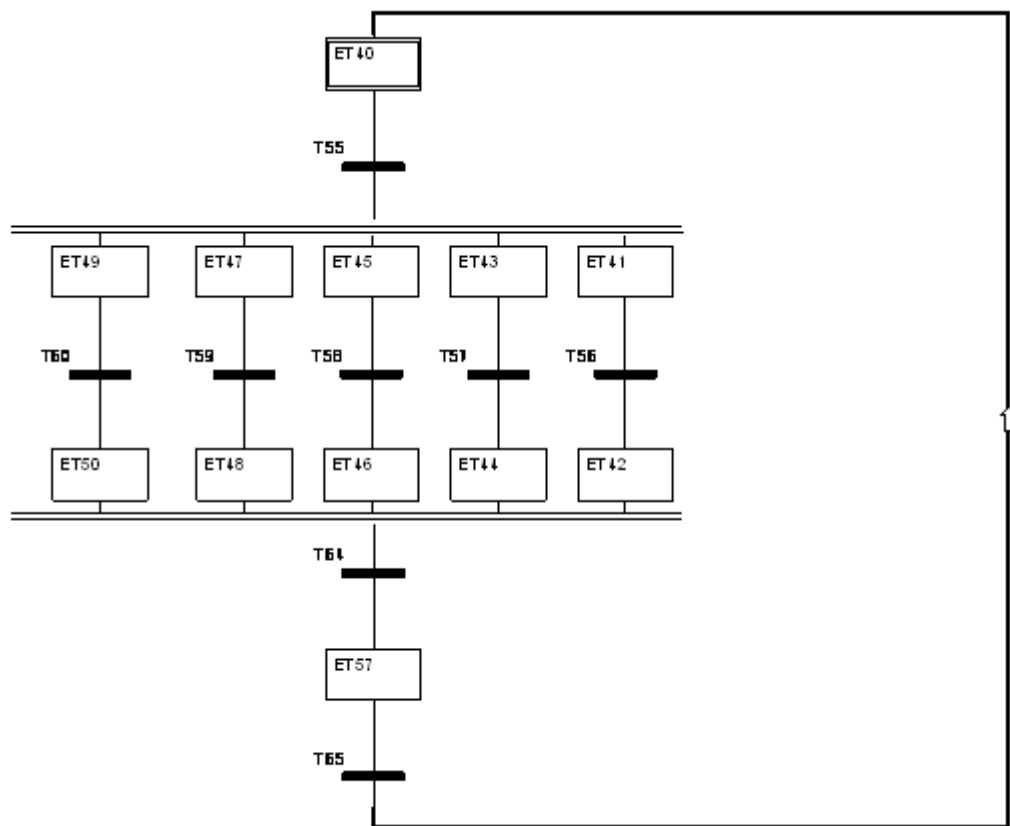


Grafcet_arret_normal

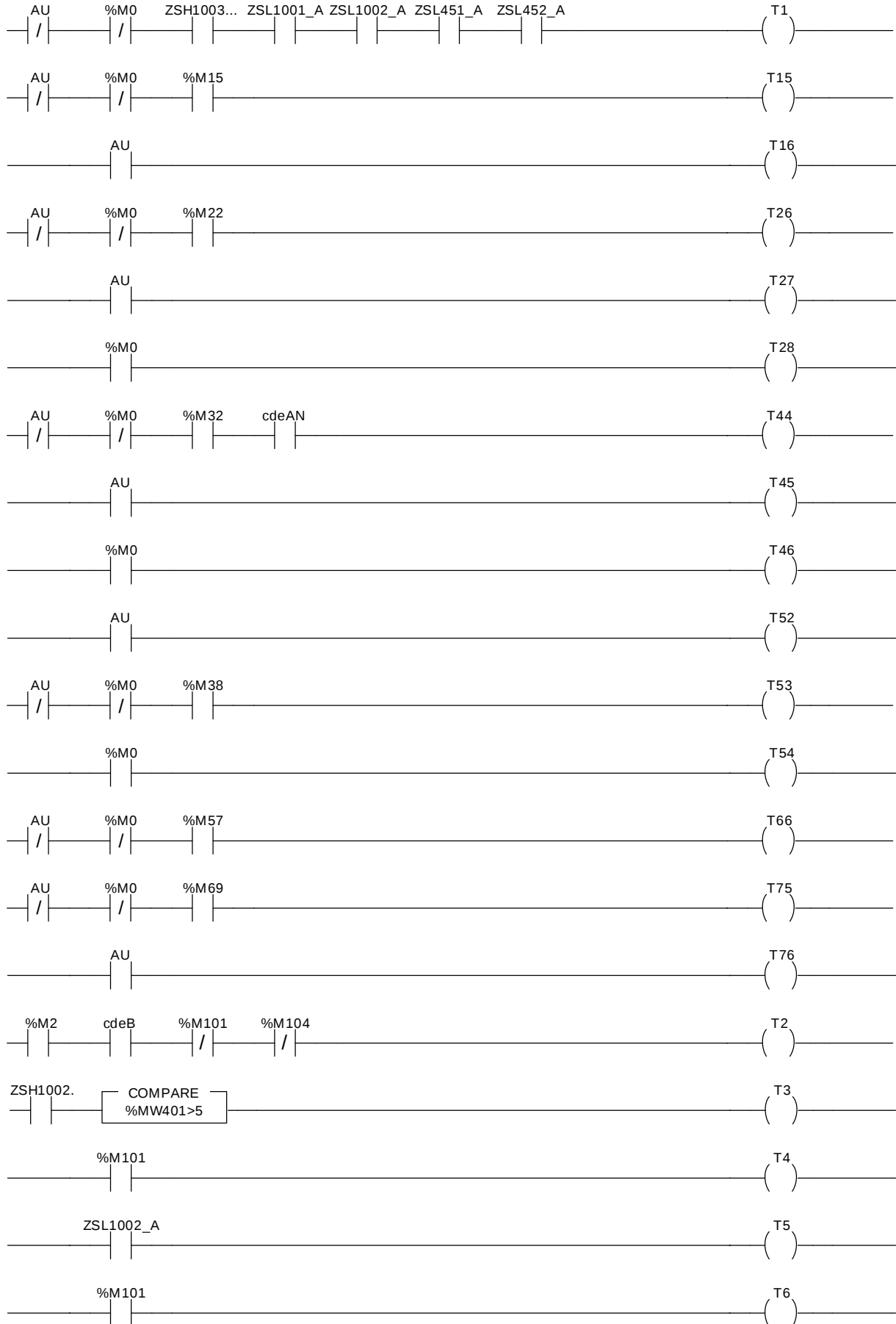


Grafcet_arret_depress_partielle

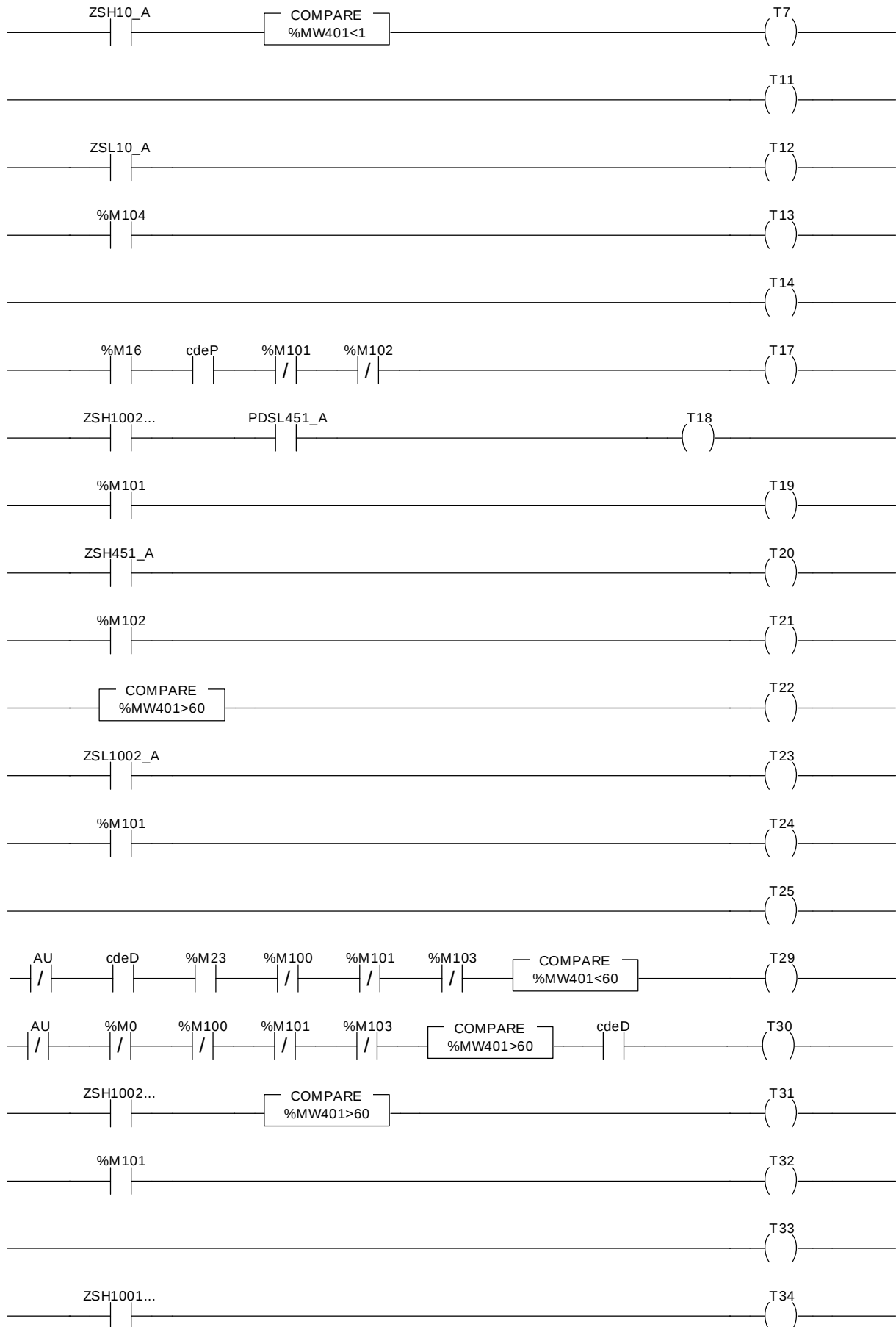
Grafcet_arret_depressur_totale



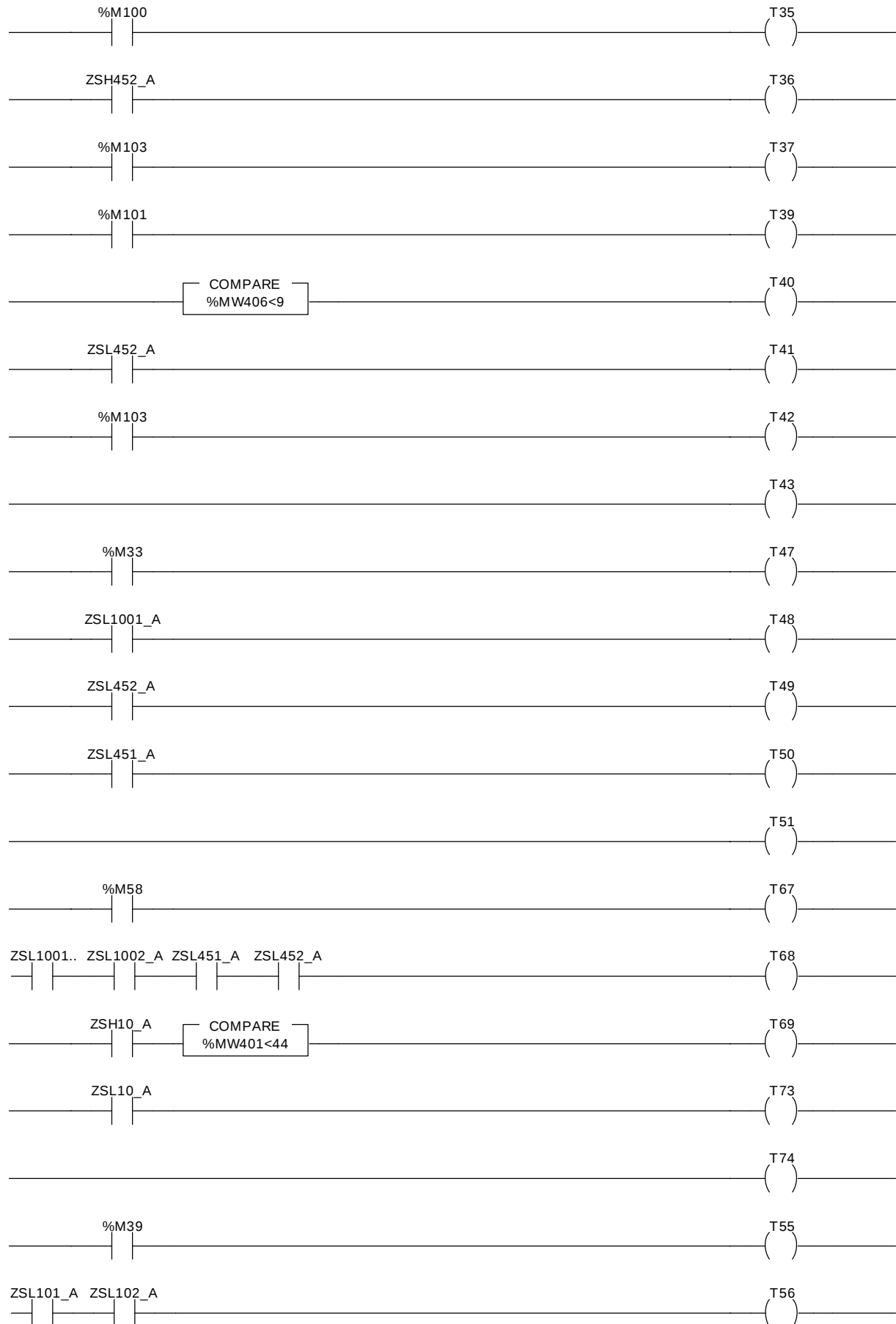
Programmes des transitions :



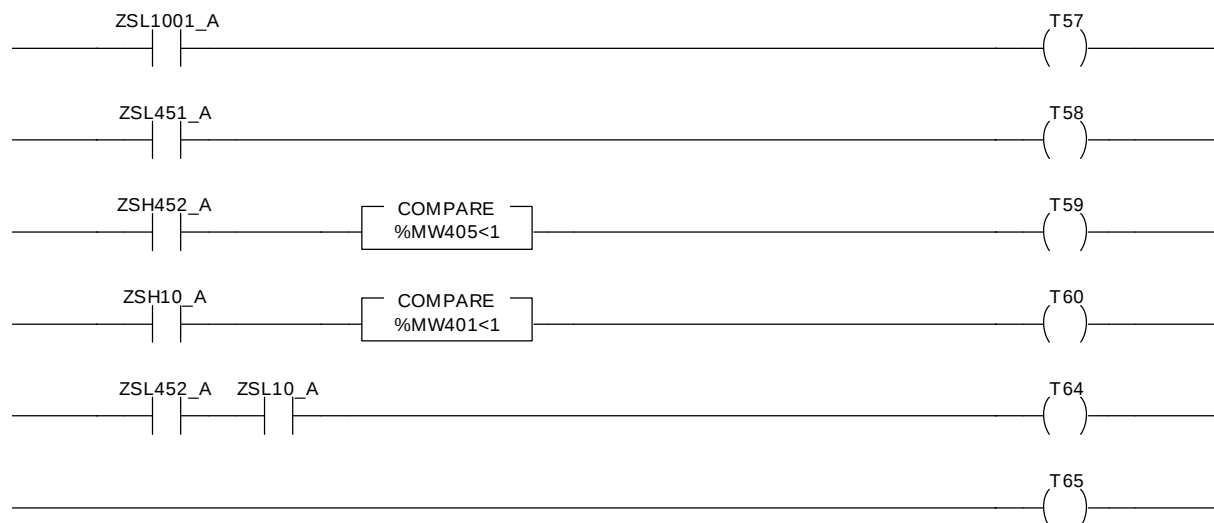
ANNEXE



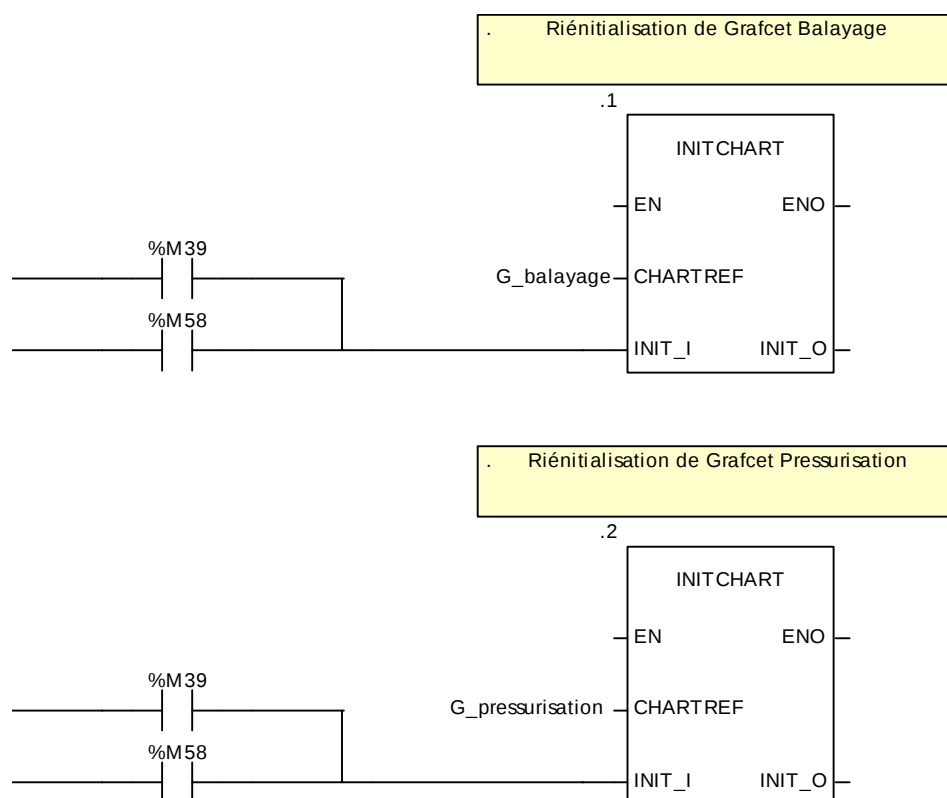
ANNEXE



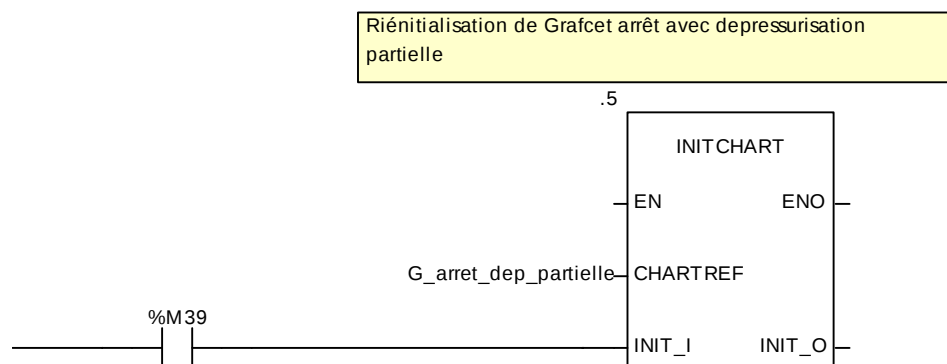
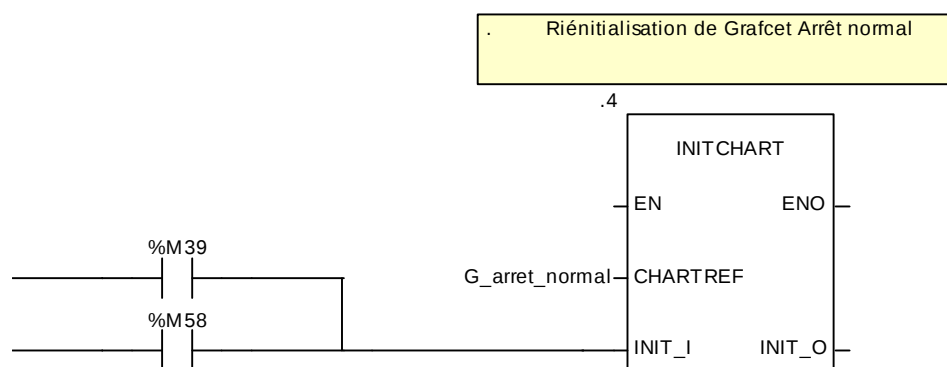
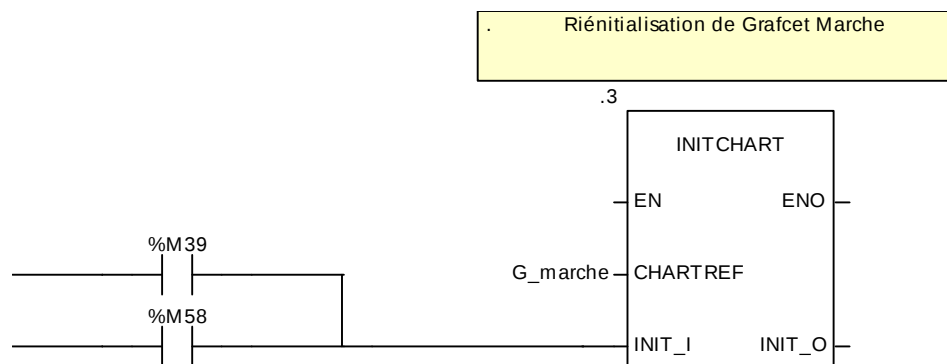
ANNEXE



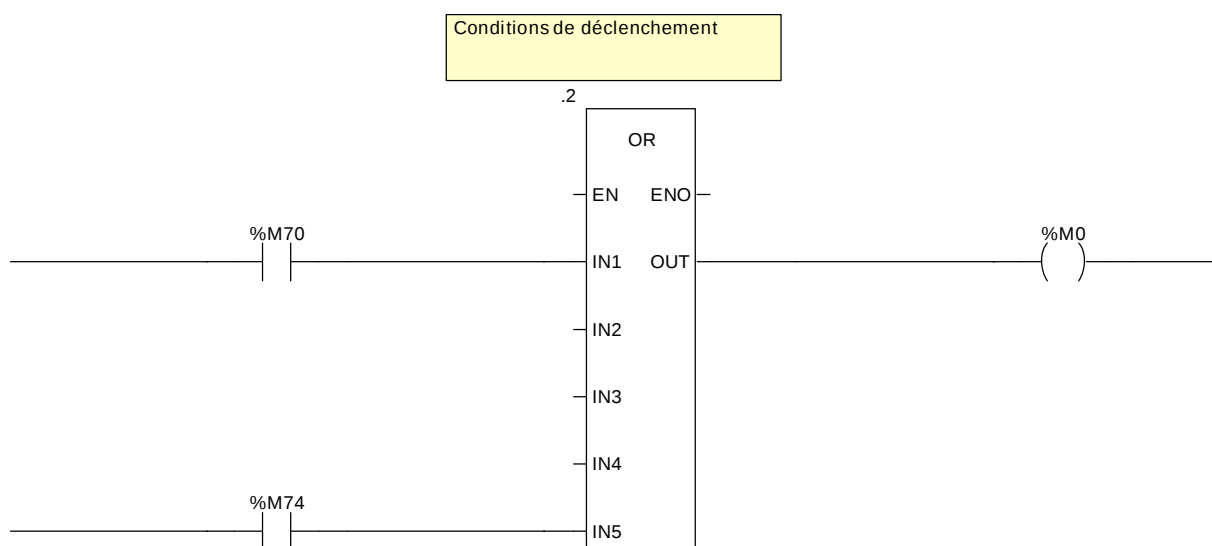
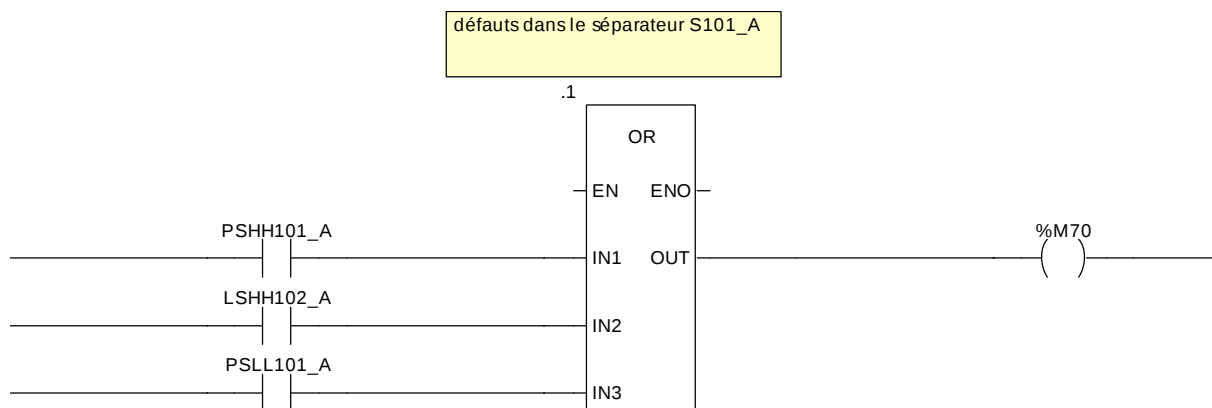
REINITIALISATION DU GRAFCET :



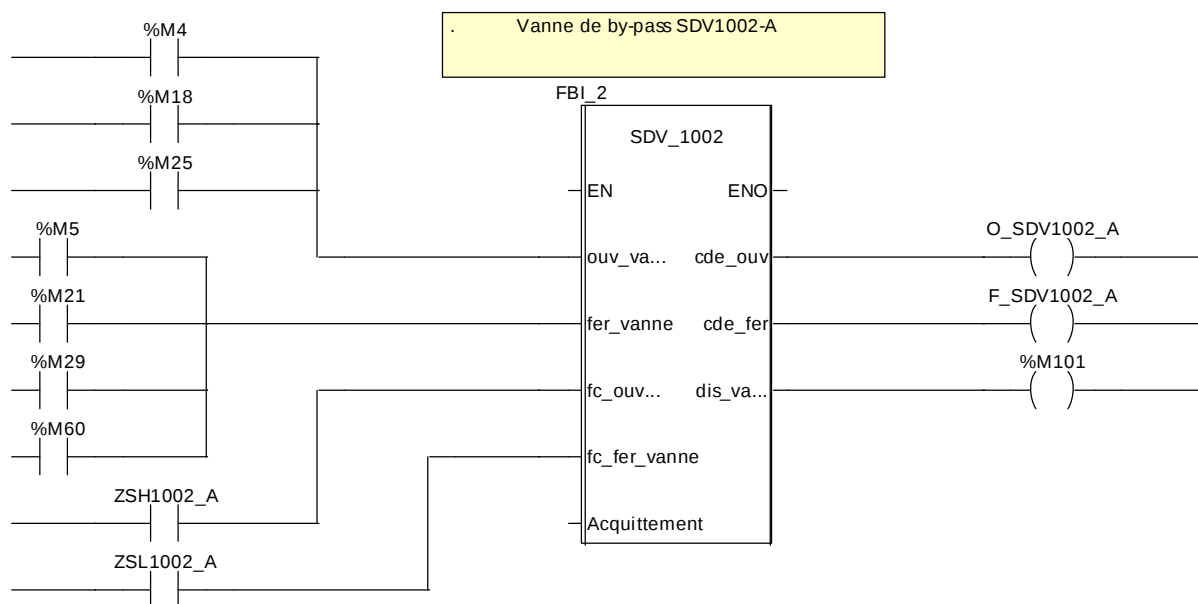
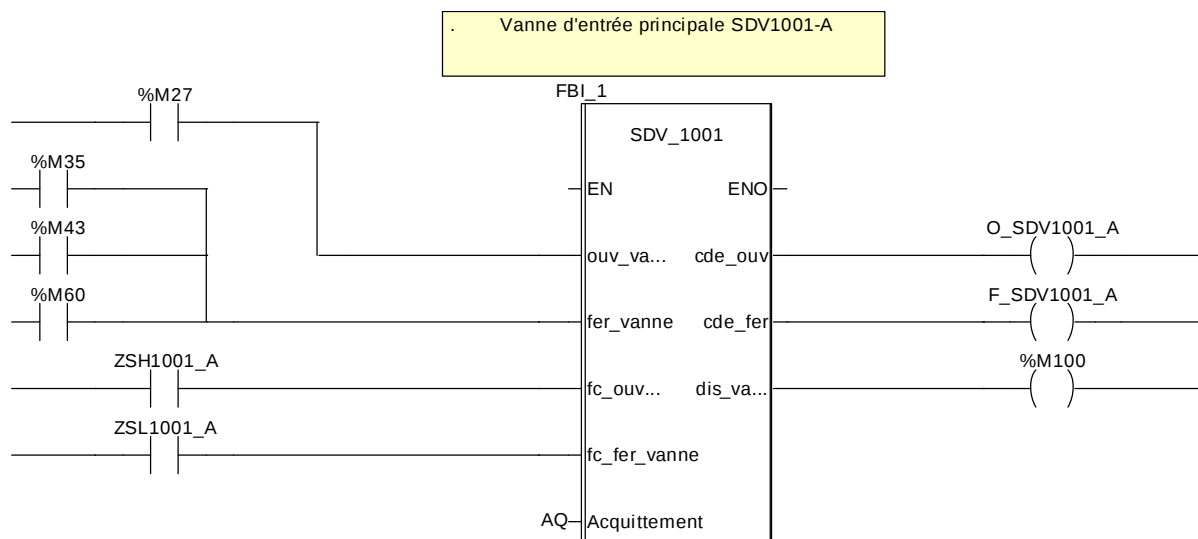
ANNEXE



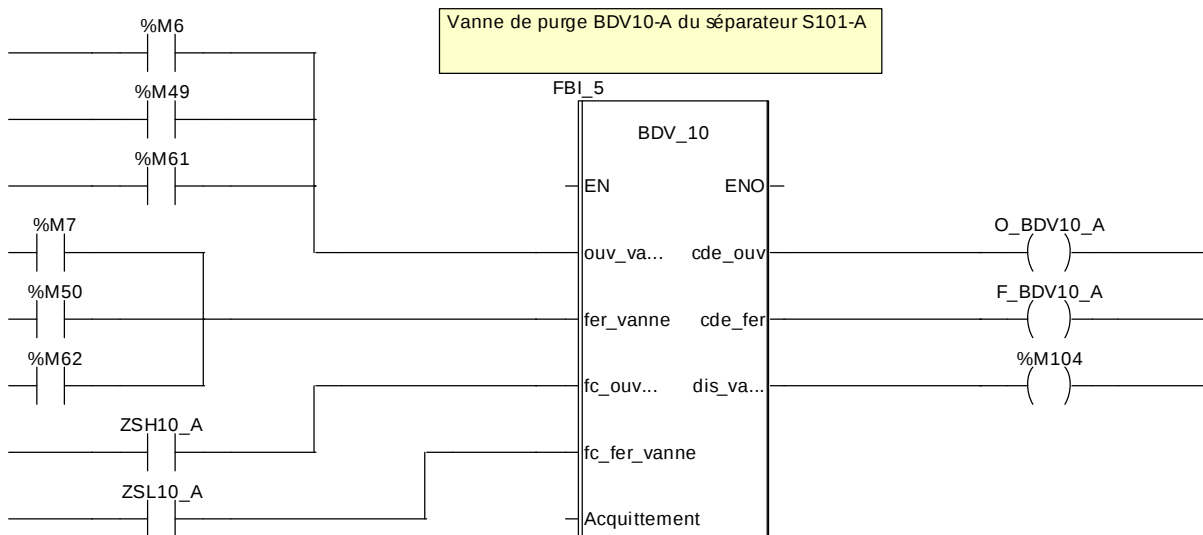
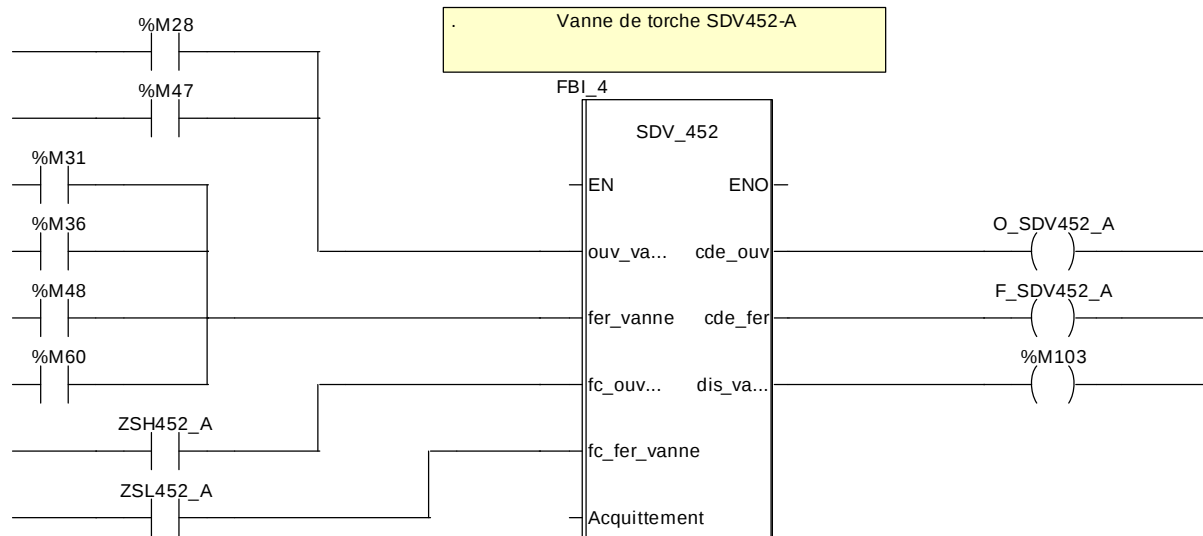
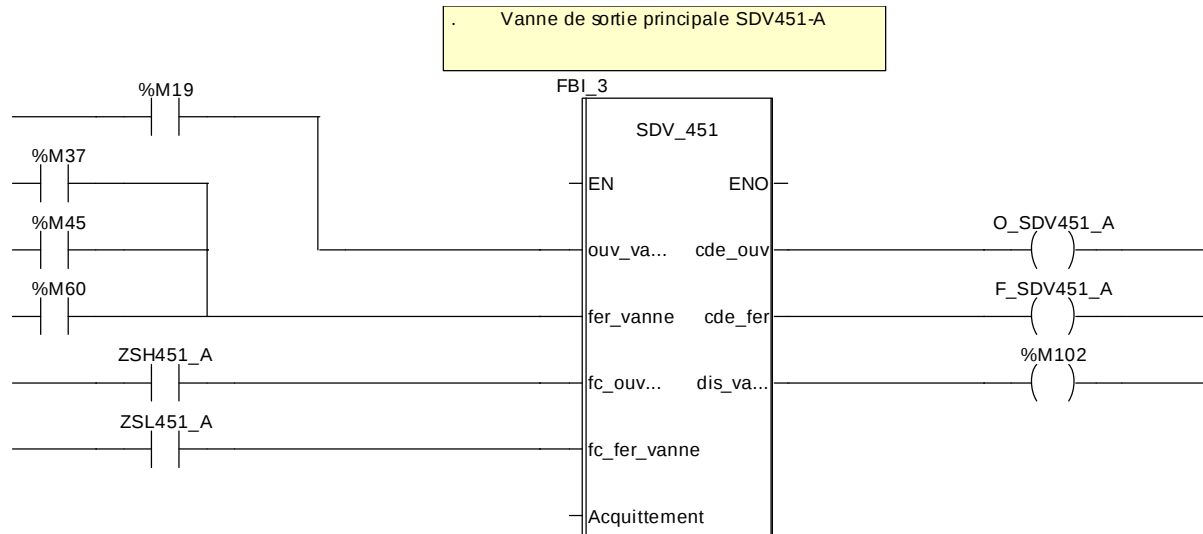
DEFAULTS :



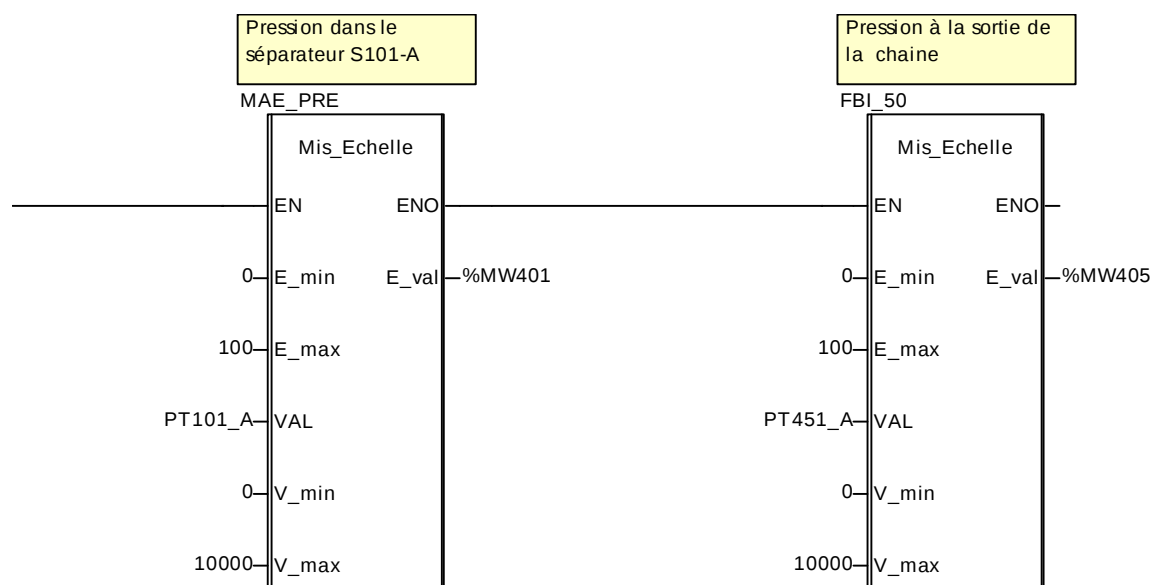
COMMANDE DES VANNES :



ANNEXE



MISE EN ECHELLE :



Test vanne :

