

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMERI, Tizi-Ouzou

Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Automatique Mémoire de Fin
d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme
D'ingénieur d'Etat en Automatique

Thème

Modélisation séquentiel et conception d'une solution de supervision de la séquence de lancement du turbocompresseur de la station Boosting de SONATRACH à HASSI R'MEL

Dirigé par :

M^{eme} BOUJEMAA

M^r HADDOUCHE

Proposé par : M^r ELHAOURI

Soutenu le : /07/2011

Présenté par :

M^r KOUFI Djamel

M^{elle} LAKER KAHINA

Promotion 2011

Ce travail à été réalisé au sein de la société **SONATACH** à **HASSI R'MEL**

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier dieux pour tous le courage qu'il nous a donné afin qu'on puisse arriver à terme de nos études, et réaliser ce projet de fin d'étude avec succès.

Nous tenons aussi à remercier nos promoteurs M^{me} BOUJEMAA et M HADDOUCHE pour leur encadrement et leurs conseils.

Un grand remerciement à M M.CHARIF pour son aide ainsi que pour sa disponibilité.

Nos profond salutations et remerciements vont aussi à tous le staffe de SONATRACH à Hassi R'mel et les travailleurs de la station de compression du gaz Boosting, qui nous ont ouvert leurs portes et donner l'opportunité de réaliser ce projet et plus particulièrement M ELHOUARI, M BALLI et à tous ceux qui nous ont aidé durant notre stage pratique.

Nous invitons les membres de jury avec un énorme respect à bien vouloir juger notre présent travail, espérant qu'il le trouve correspondant à leurs attentes avec nos sincères remerciements.

Dédicace

Je dédie ce fruit de mes années d'études à toutes les personnes qui m'ont soutenus et aidé durant tous mon parcours, précisément à

Mes chers parents pour qui je dois de l'amour et du remerciement, j'espère qu'ils seront fiers de moi.

A mes frères : SOFIANE, YUCEF, YACINE, RAFIK ET ZINDINE.

A ma sœur NAIMA.

Et à tous mes amis

DJAMEL

Je dédie ce fruit de mes années d'études à toutes les personnes qui m'ont soutenu et aidé durant tous mon parcours, précisément à

Mes chers parents pour qui je dois de l'amour et du remerciement, j'espère qu'ils seront fiers de moi.

A mon fiancé qui a toujours été présent pour moi, à l'importe quel moment et qui ma toujours encourager surtout en réalisant ce projet.

A ma sœur : NOUARA ET SON MARI ALI.

A mes sœurs : TAOUS, ZAHIA ET SAMIRA.

A mes adorables nièces MELLISSA et LUDMILLA.

Et à tous mes amis

KAHINA

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : localisation et description de la station SBC	
I.1. Localisation de la station Boosting (SBC).....	2
I.1.1 Situation géographique et climat de Hassi R'mel.....	2
I.1.2 Historique de Hassi R'mel.....	3
I.1.3 Représentation des secteurs de Hassi R'mel.....	3
I.2. Description de la station Boosting (SBC).....	4
I.2.1 Définition.....	4
I.2.2 Différentes parties de la station Boosting.....	5
CHAPITRE II : Description du turbocompresseur.	
II.1 Présentation du turbocompresseur.....	6
II.1.1 Partie auxiliaire.....	6
II.1.2 Partie turbine.....	7
II.1.3 Le compresseur centrifuge.....	10
II.1.4 Principe de fonctionnement du turbocompresseur	12
CHAPITRE III : Présentation du système de contrôle MARCK VI.	
III.1 Présentation général du MARK VI.....	13
III.2 Architecture du système.....	14
III.2.1 Armoire de régulation.....	14
III.2.2 Armoire E/S.....	15
III.2.3 Unité d'interconnexion de données entre MARK VI et IHMI	15
III.2.4 Interface homme/Machine HMI.....	15
III.2.5 Liaison vers le système de contrôle distribué (DCS).....	15

III.3 Boite à outils Toolbox.....	15
III.3.1 définition.....	15
III.3.2 Espace de travail.....	16
III.3.3 Privilège et mot de passe.....	17
III.3.4 Code d'application.....	17
III.4 Etapes à suivre pour accéder à un programme du turbocompresseur.....	19
III.5 visualisation des différents signaux en ligne en fonction du temps.....	23

CHAPITRE IV : Séquence de lancement de la turbine.

IV.1 Condition de contrôle.....	26
IV.1.1 Vérification des conditions de contrôle	26
IV.1.2 préparation de la turbine pour lancement.....	26
IV.2 Séquence de lancement.....	27
IV.3.1 Phase de démarrage.....	27
IV.3.2 Phase d'allumage.....	27
IV.3.3 Phase d'accélération.....	30
IV.3.4 La mise en charge de la machine.....	31

CHAPITRE V : Modélisation de processus par Grafcet.

V.1 Outil de modélisation Grafcet.....	33
V.2 Symbolisation du Grafcet	33
V.3 Niveau d'un Grafcet.....	34
V.4 Transcription du modèle Grafcet en programme PLC.....	34
V.4 Modélisation du fonctionnement du Turbo compresseur	35
V.4.1 L'activation de la partie auxiliaire	36
V.4.2 Préparation du procès/charge	37
V.4.3 phase d'accélération jusqu'à 75% de vitesse de BP.....	38
V.4.4 Séquence de démarrage	39
V.5 Proposition d'une solution programmable en LADDER de la séquence de démarrage..	41
V.6.Simulation de la solution proposée avec le logicielle STEP7.....	43
V.7 Développement de la solution de supervision et de diagnostique du turbocompresseur.	43

CHAPITRE VI : *ETUDE DE LA SEQUENCE DE LANCEMENT PROGRAMMEE EN TOOLBOX*

VI.1 Table des signaux.....	48
VI.2 Définition des blocs.....	50
VI.3 Signaux de commande de combustible de la séquence de démarrage	55
VI.3.1FSRSU.....	57
VI.3.2 FSRACC.....	61
VI.3.3 FSRN.....	64
VI.4 Système de régulation du gaz combustible	67
VI.4 Visualisation des variations des FSRSU, FSRACC, FSRN et FSRMIN durant la séquence de démarrage en fonction du temps.....	67
VI.5 Séquence de démarrage.....	70
Conclusion générale.....	76
ANNEXE	79
Bibliographie.....	

Introduction générale

Sonatrach bénéficie, aujourd'hui, d'une longue expérience dans l'exercice de tous les métiers de l'industrie du pétrole et du gaz, d'une forte capacité à intégrer les nouvelles technologies, d'une présence prouvée et fiable sur les marchés internationaux des hydrocarbures liquides et gazeux, ainsi que d'une riche expérience de partenariat avec des compagnies internationales leaders.

Sonatrach a fait, de cette notoriété acquise, le choix d'aller conquérir des positions dans le monde et de chercher à créer de la valeur aussi bien en Algérie qu'à l'étranger (Afrique, Asie, Europe...).

Le cœur de métier du groupe sonatrach est constitué de la recherche, de l'exploration et de l'exploitation des gisements d'hydrocarbures.

Dans cette même perspective, le groupe poursuit ses efforts de recrutement, au sein des universités notamment, dans le but de développer le champ de compétence de son capital humain.

L'augmentation de la productivité, l'amélioration de la qualité et la mondialisation de la compétition sans oublier le souci de la protection de l'environnement ont nécessités une évolution dans le secteur des équipements de contrôle des procédés au sein de l'industrie.

Sonatrach consacre d'importants moyens à la formation de ses 120 000 employés dans le but d'adapter en permanence leur formation et leur maîtrise des nouvelles techniques de contrôle des systèmes, telle que les dernières versions des automates programmables comme le MARCK VI qui est la sixième version du système de contrôle et de protection des turbines SPEEDTRONIC . [2]

Le turbocompresseur fait partie de l'équipement des stations de Sonatrach, c'est une turbine bi-arbre accouplé à un compresseur de gaz, il est contrôlé par l'automate programmable MARCK VI à travers sa Boite à outils Toolbox qui est un logiciel basé sur microprocesseur, l'inconvénient de ce logiciel est l'absence d'un simulateur qui permet de simuler des solutions programmable proposé par les ingénieurs pour modifier ou améliorer le déroulement des différentes séquences, pour cela on a modélisé la séquence de démarrage par GRAFCET qu'on a validé en la simulons en STEP7 et on concevons des interfaces homme/machine à l'aide du WINCC.

Notre travail est réparti en 6 chapitres, le premier décrit et localise d'une manière générale le champ de Hassi R'mel et la station de compression de gaz Boosting, le deuxième chapitre consiste l'étude et la description du turbocompresseur, le troisième chapitre la Présentation du système de contrôle MARCK VI, le quatrième chapitre fait l'étude de la Séquence de lancement de la turbine, le cinquième chapitre présente une Modélisation de processus par Grafcet et dans le dernier chapitre on fait l'étude et l'explication de la séquence de lancement du turbocompresseur programmé en Toolbox.

I.1. Localisation de la station Boosting (SBC)

I.1.1 Situation géographique et climat de HASSI R'MEL

Hassi R'mel, porte du désert, daïra de la wilaya de Laghouat, est située à une distance de 120 Km de cette dernière et de 550 Km de la capital Alger. Elle est à une altitude de 750 m environ.

Le paysage est un vaste plateau rocailleux. Le climat est caractérisé par une pluviométrie faible (200 mm par an) et une humidité moyenne de 20 % en été et de 34 % en hiver, les températures varient entre -10 et $+50$ °C. La région est dominée par des vents violents, accompagnés souvent de tempêtes de sable. [1]



Figure I.1: Position géographique de Hassi R'mel. [1]

I.1.2. Historique de HASSI R'MEL. [1]

-Le gisement de Hassi R'mel a été découvert en 1951, le premier puits, HR1, a été foré en 1952 à quelques kilomètres de Berriane. Ce puits a mis en évidence la présence de gaz naturel riche en condensât et en GPL.

-Entre 1957 et 1960 sept autres puits ont été forés (HR2, HR3, HR4, HR5, HR6, HR7, HR8)

-Le gisement de Hassi R'mel est classé 4^{ème} au monde et 1^{er} en Algérie, il est d'une superficie de 3500 km². Il s'étend sur 70 Km du nord au sud et de 50 Km d'est en ouest, avec une énorme réserve de gaz estimée de 2415 billions m³. Ce gaz se trouve entre 2110 et 2280 m de profondeur.

-Les principaux champs sont : Hassi R'mel, Djebel Bissa, Oued Noumer, Ait Kheir, Sidi Mezghiche et Makouda.

-Le développement du champ de Hassi R'mel a été fortement lié au développement technologique de l'industrie du gaz naturel dans le monde et les importantes réserves recelées par ce gisement ont constitué un atout important pour lancer une politique d'industrie gazière de grande envergure pour le pays. [1]

I.1.3. Présentation des secteurs de HASSI R'MEL. [1]

Le champ de Hassi R'mel comprend trois secteurs :

a) **Secteur Nord** : qui comprend :

- Le module 3.
- Une station de compression.

a) **Secteur centre** : qui comprend :

- 3 modules 0, 1 ET 4.
- CSTF (Centre Stock age and Transfers Facility).
- CTH (Centre de Traitement d'Huile).
- L'unité de phase B.
- Sbc.

b) **Secteur sud** : qui comprend :

- Le module 2.
- Une station de compression.
- Djebel Bissa.
- HR sud.

Les quatre unités 1, 2, 3 et 4 de traitement du gaz ont une capacité de 80 millions m³/ jour chacune. Cependant le module 0 a une capacité de 30 millions m³/ jour et Djebel Bissa de 6 millions m³/ jour.

Les deux centres de compression Nord et sud sont conçus pour la réinjections du gaz sec dans des puits injecteurs pour faire entraîner

Les lourds (la richesse) et réinjections du gaz de vente, gaz pour les GNL en cas de problème ou révision des unités.

Un autre poste de compression qui est appelé Boosting est actuellement en service, il est conçu pour augmenter la pression d'entrée du gaz des modules de traitement du gaz afin d'assurer l'exploitation continue du champ du gaz.

I.2 .Description de la station SBC(Boosting).

I.2.1. Définition

C'est une unité de refoulement de gaz. Elle fait augmenter la pression et garde le débit du gisement d'alimentation des modules (0,1 et 4).

Boosting vient d'un mot anglais (booster) qui signifie amplifier en langue française. Alors Boosting est associé comme amplificateur (amplification).

Pourquoi la création de l'unité Boosting.

Avant la création de l'unité, les modules (0, 1 et 4) sont alimentés par des puits indépendants avec une pression de gisement des modules qui est supérieure à 100 kg/cm². L'usage abusif des puits, la pression diminue alors qu'elle a atteint la contrainte minimale, qui est devenue un problème pour la production.

Et pour cela, après des études, ils ont suggéré deux solutions :

- la première est de diminuer la production.
- la seconde est de créer une station de refoulement.

La production joue un grand rôle sur les finances, alors pas question d'opter pour la première solution. Donc la création de l'unité est prioritaire afin de maintenir la production.

Le débit d'alimentation des modules est de 150 millions m³/jour :

- module 0 : 30millions m³/jour.
- module 1 : 60 millions m³/jour.
- module 4 : 60 millions m³/jour.

I.2.2. Différentes sections du Boosting

Section manifold : elle s'occupe de faire la collecte des gisements des puits (l'unité Boosting est ressourcee par 92puits).

Section utilité : regroupe les besoins de la station tel que :

- Aire de service (vanne, vérin...).
- Aire d'entretien (nettoyage).
- Azote (gaz inerte).
- Huile (alimente le turbo compresseur).
- Eau (nettoyage).
- Buffer gaz (compresseur à piston double effets) : il contribue au sèchement du gaz à l'aide d'un gaz pure (GPL).

Section réseau torche : c'est une section qui collecte toutes les sorties de sécurité dans un ballon qui à son tour séparera le condensat et l'eau du gaz. Le condensat est renvoyé aux

modules, l'eau sera traitée avant d'être relâché dans la nature, les huiles et le condensat soutirés dans le traitement des eaux sont envoyés dans les bourbons pour être brûlé et le gaz sera orienté dans les torches afin d'être brûlé.

Section turbo compresseur : c'est un ensemble de dispositif qui fait augmenter la pression, composé de trois parties essentielles :

- Partie auxiliaire
- Partie turbine
- Partie charge.

Section Supervision : tous les systèmes de contrôle disponibles à SHDP HRM sont numériques. Parmi ces systèmes, on trouve :

1- DCS : c'est un système de contrôle des procédé, dans lequel les éléments régulateurs ne sont pas centralisés mais distribués, avec chaque système sous le contrôle d'un ou plusieurs régulateurs, les éléments du système peuvent être connectés au réseau pour assurer les fonctions de communication, de conduite, de surveillance et de contrôle des équipements distribués avec ou sans l'intervention d'un opérateur humain à distance .[3]

Le DCS est constitué de plusieurs sous –systèmes :

- 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 l'échange des informations

2-Mark5 et Mark6 : pour la commande et contrôle des turbines.

Conclusion

Notre présence sur le terrain nous a permis de collecter toutes les informations concernant l'organisation de la société et le fonctionnement du processus, ce dernier possède une machine dynamique indispensable dans la production, appelé Turbocompresseur qui fait l'objet de notre travail.

II Introduction

Afin de pouvoir modéliser notre système et le commander, il est nécessaire de connaître ses différentes parties, ses organes de mesure et de contrôle et son principe de fonctionnement.

II.1 Présentation du turbocompresseur :

Le turbocompresseur est une turbine à gaz bi-arbre qui est employée pour entraîner un compresseur centrifuge.

Le turbocompresseur se compose de trois parties essentielles :

II.1.1 Partie auxiliaire : elle contient les éléments suivant :

a) Moteur de lancement électrique

Avant de pouvoir allumer et démarrer la turbine à gaz, il faut la faire tourner ou lancer à l'aide d'un équipement auxiliaire : Moteur asynchrone qui fonctionne au travers d'un convertisseur de couple pour assurer le couple de démarrage nécessaire pour la turbine. Les composants du système de démarrage assurent aussi une vitesse lente de rotation de la turbine pour les besoins de refroidissement de la turbine après sa mise à l'arrêt.

b) L'installation d'huile

La turbine à gaz est équipée d'un système d'alimentation en huile à circulation forcée. Lequel inclut un réservoir d'huile, des pompes (QA, HQ, et QV), des refroidisseurs d'huile, des filtres, des vannes et les divers dispositifs qui assurent la commande et la protection du système. Ce système d'alimentation en huile est polyvalent, constituant la source de :

- **Système de lubrification**

Le système de lubrification est un circuit fermé à circulation forcé par pompage à partir du réservoir d'huiles.

Les dispositifs de protection sont incorporés dans ce système, ou cela est nécessaire, pour protéger l'équipement contre un faible débit, une basse pression et une température élevée du lubrifiant. Les dispositifs de protection (mark VI) font retentir un avertissement ou mettent l'unité à l'arrêt selon le cas.

- **Système d'étanchéité :**

Il est conçu pour empêcher la fuite du gaz au niveau du corps de compresseur. L'étanchéité se fait à l'aide de l'huile d'étanchéité, et pour éviter la contamination entre cette huile et le gaz brute, on les sépare par le gaz sec.

II.1.2 Partie turbine : elle est composée des éléments suivant :

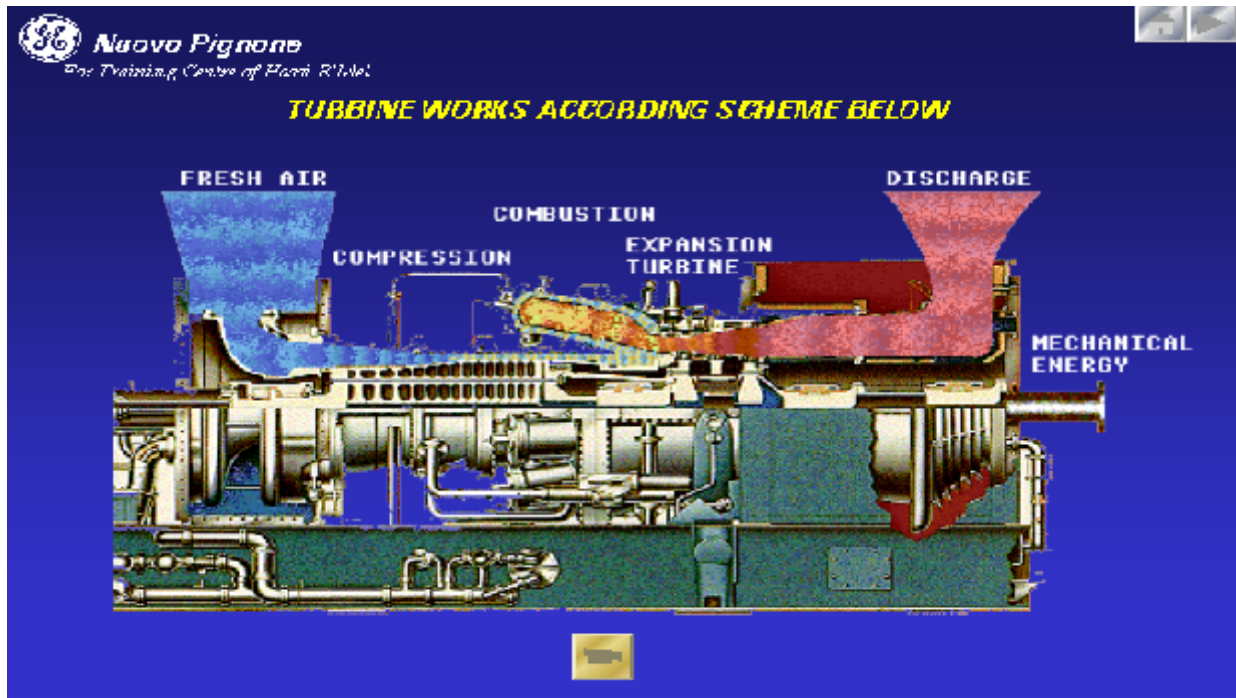


Figure II.1 : schéma représentatif des différentes parties de la turbine

a) Compresseur axiale : il sert à comprimer l'air ambiant afin de l'amener aux conditions favorables à une combustion.

Le compresseur est de type axial pour permettre une admission d'un débit plus important, il se compose d'une partie tournante (rotor) et d'une partie stable (stator).

Le rotor comporte 17 étages, quant au stator il comporte en plus de ses 16 étages des IGV (Inlet Guide Valve : valve de guidage d'admission) et des EGV (Exhaust Guide Valve : valve de guidage de refoulement).

Le compresseur refoule l'air à haute pression vers les chambres de combustions.

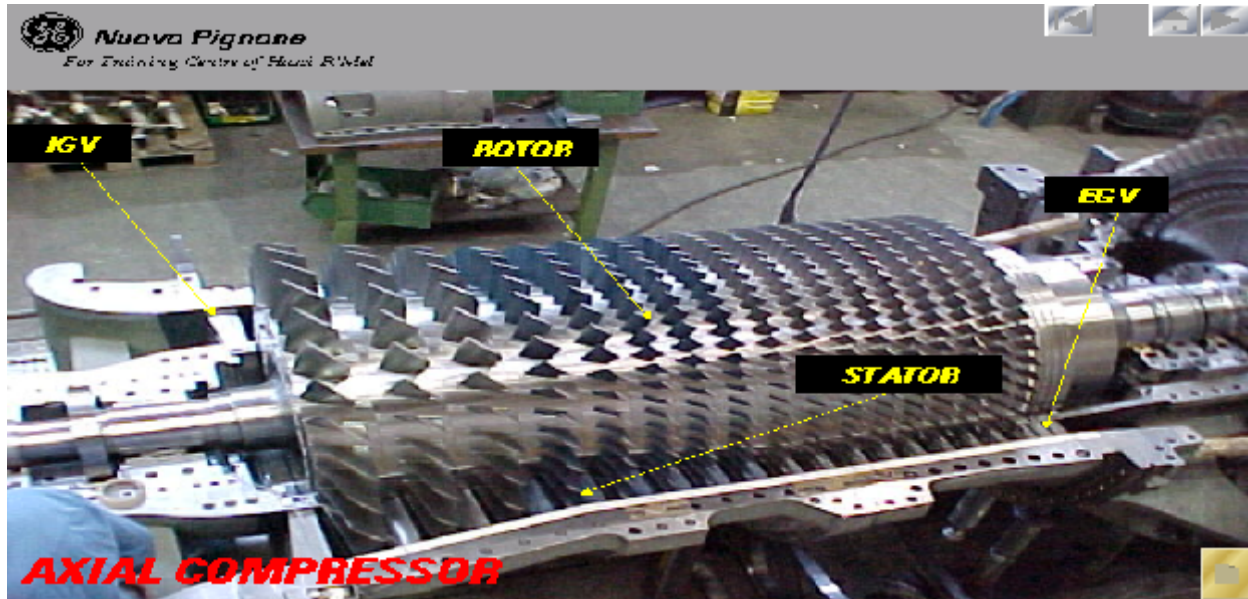


Figure II.2 : compresseur axiale

b) Les chambres de combustions : ils y a 12 chambres de combustions, chaque chambre comporte un tube à flamme et un injecteur de fuel-gaz, deux de ses chambres sont munies de bougies d'allumages et quatre autres chambres de détecteurs de flamme.

Les 12 chambres sont reliées entre elle par des tubes d'interconnexion qui assurent la propagation de la flamme.

Les produits de combustions sont dirigés vers l'étage à haute pression (HP) a travers les pièces de transition.



Figure II.3 : les chambres de combustion

c) Les roues de la turbine :

La turbine comprend deux roues :

- la roue de turbine HP qui entraîne le compresseur axial.
- la roue de la turbine BP qui entraîne la charge (compresseur centrifuge).

Les deux roues sont positionnées en ligne dans la turbine, mais sont mécaniquement indépendante l'une de l'autre, elles sont refroidies par l'air extrait du 10^{ème} étage du compresseur axial et par l'air de fuite d'étanchéité HP.

Le volume du gaz augmente quand sa pression diminue en traversant la roue de turbine HP, pour cela les ailettes de la roue BP sont plus grandes que celles de HP.

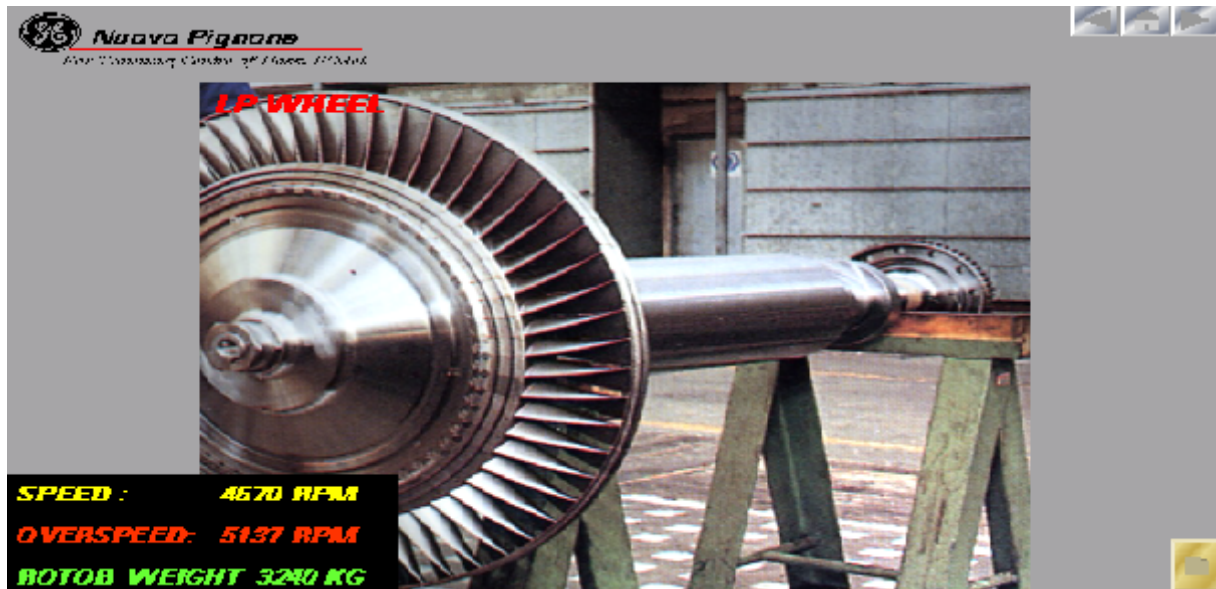


Figure II.4 : la roue BP

d) **La directrice variable (Les nozzles)** : elle se compose d'aubes rotatives qui forment une tuyère à angle variable, elle est insérée dans la voie des gaz avant leur entrée dans la roue BP, elle sert à varier la vitesse de la roue BP et à freiner la roue HP en cas de survitesse.

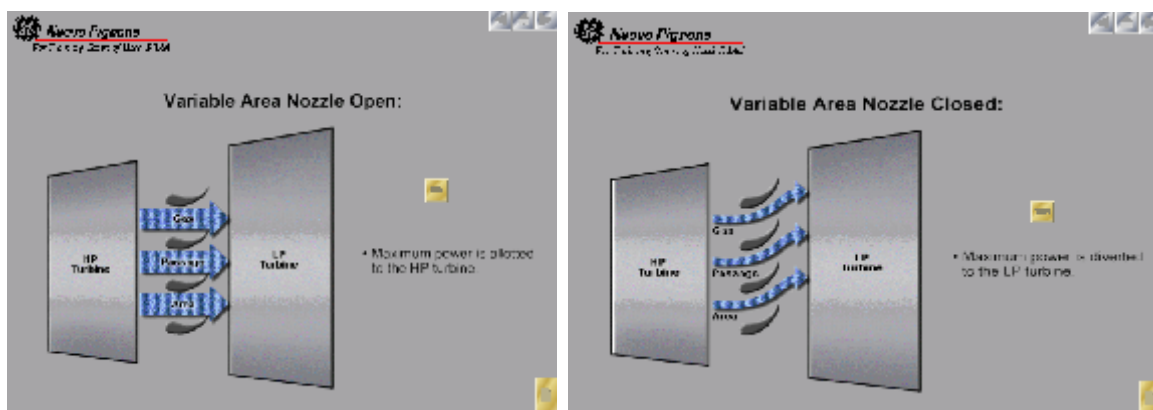


Figure II.5 : Les Nozzles

e) Caractéristiques de la turbine [9]

Puissance.	18500KW	
Vitesse turbine HP.	5100Tr/min	
Vitesse turbine BP.	4600Tr/min	
Température de combustion.	927°c	
Température d'échappement.	450°C	
Compresseur d'aire	Type.	flux axial
	Nombre d'étage.	16
	Taux de compression.	7
Vitesse minimale.	3500tr/min	
Vitesse de déclenchement.	5600tr/min	
Nombre de chambre de combustion.	12.	
02 Gammes de vitesse.	106%max et 75%mini	

II.1.3 Le compresseur centrifuge

Extérieurement, cet appareil se présente comme une grosse capacité fermée avec deux brides extérieures :

L'une reliée à la tuyauterie d'aspiration et l'autre à la tuyauterie de refoulement.

A l'intérieur de cet appareil se trouve un organe actif qui assure la compression du gaz de la pression d'aspiration à la pression de refoulement et que nous allons présenter ci après.

Un compresseur centrifuge se compose essentiellement de :

- Une conduite d'admission, en liaison avec la bride d'aspiration de compresseur.
- Un rotor avec une ou plusieurs roues, ses palier, ses garnitures d'étanchéité.

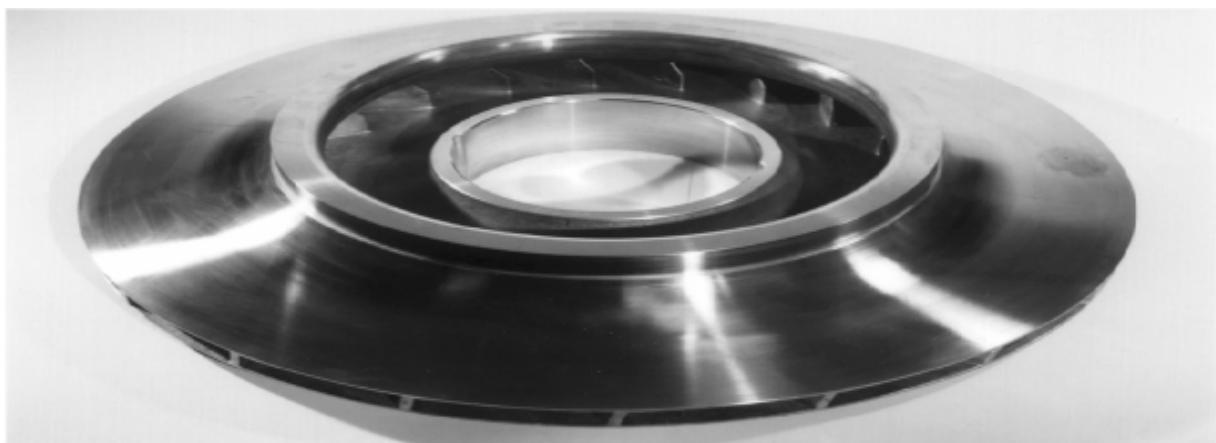


Figure II.6 : Roue bidimensionnelle de compresseur centrifuge. [1]

- un diffuseur (corps interne fixe qui oriente le gaz d'une roue vers l'autre).
- une volute (tuyauterie) de sortie.

Le taux de compression est défini par le rapport de la pression de refoulement par la pression d'aspiration $P2/P1$, il est d'ordre de 1,3 à 1,5.

L'énergie mécanique fournie par la roue du compresseur est communiquée au gaz sous la forme d'une mise en vitesse transformée en suite en pression qui est augmentée lors de la collision de l'atome du gaz avec le diffuseur après la sortie de chaque roue.

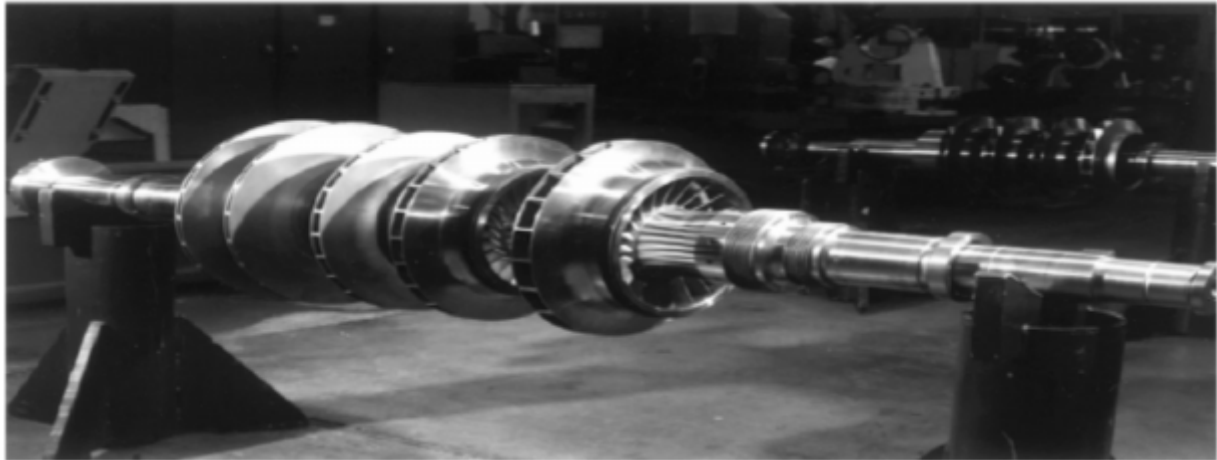


Figure II.7 : Rotor de compresseur centrifuge multi-étagé. [1]

a) Caractéristique du compresseur centrifuge

Type	Centrifuge
Dispositif d'entraînement	Turbine à gaz MS5002C
Pression de calcul	135 Kg/cm ² G
Température de calcul	165°C
Température de gaz entrée	60°C (phase-I)
Pression d'entrée	73,89 bars

Température de gaz de sortie après refroidissement.	65°C (phase I)
Pression de sortie	103,496 bars

II.1.4 Principe de fonctionnement du turbocompresseur

Son principe de fonctionnement est le suivant :

- Extraction de l'air du milieu environnant.
- Compression de l'air à une pression plus élevée.
- Augmentation du niveau d'énergie d'air comprimé en ajoutant et en brûlant le combustible dans les chambres de combustion.
- Le flux chaud résultant dans les chambres de combustions passe à travers les nozzles variables ce qui permet la rotation de la roue BP et le compresseur centrifuge en même temps pour augmenter la pression du gaz venant des puits.
- Evacuation du flux chaud à basse pression (BP) vers l'atmosphère.
Le mélange air gaz de combustion, appelé gaz d'échappement sort de la turbine à des températures relativement élevée (450°C- 550°C). [1]

Conclusion :

Après l'étude et la description du turbocompresseur, il faut définir et maîtriser l'automate programmable qui gère et contrôle son fonctionnement, cette automate est le Marck VI qui fera sujet du chapitre suivant.

III Introduction

Le système de contrôle SPEEDTRONIC est prévu pour assurer la commande et la protection de turbine à gaz et à vapeur construites par GE, en raison de diversité dans les applications, et des différences dans les exigences de la charge imposée à la turbine, un système de commande convenable a été mis en point. Le système de commande speedtronic emploie des capteurs pour surveiller les paramètres, toujours variable en cours de fonctionnement, de cette façon le système de control speedtronic réalise la souplesse nécessaire pour que la turbine à gaz puisse répondre aux différents type de charge qui lui sont imposées. Il est actuellement employé pour la commande de plusieurs turbines à gaz pour augmenter la fiabilité et la sécurité pour service intensif.

III.1 Présentation général du MARK VI

Les fonctionnements principaux du système de commande de la turbine MARK VI sont les suivantes :

- La commande de la vitesse pendant le démarrage et l'arrêt de la turbine.
- La synchronisation automatique du générateur (cas d'un turbogénérateur).
- La commande de la charge de la turbine pendant le fonctionnement normal.
- La surveillance et la protection contre survitesse, réchauffement, vibration et perte de flamme.

Le système MARK VI contient un processeur qui est constitué de quatre modules de contrôle **R, S, T** et **P**.

Les trois modules **R, S, T** sont identiques et gèrent le fonctionnement des turbine à gaz, le module **P** est spécifié pour la protection du système, il provoque un arrêt immédiat de la machine en cas de problème, chaque module **R, S** et **T** a sa propre carte de protection dans le module **P**.

Ces modules sont connectés entre eux à travers les **IO-NET** pour assurer l'échange d'information et avec la **HMI** à travers l'**UDH** pour permettre la communication humain/machine. [7]

Le système MARK VI fonctionne avec deux configurations différentes :

- **Configuration simplexe** : Pour application non redondée, ou la continuation du système après une défaillance qui n'est pas requise.
- **Configuration TMR** : Pour application où les défaillances du système ne causent pas l'arrêt complet du procédé à commander. [6]

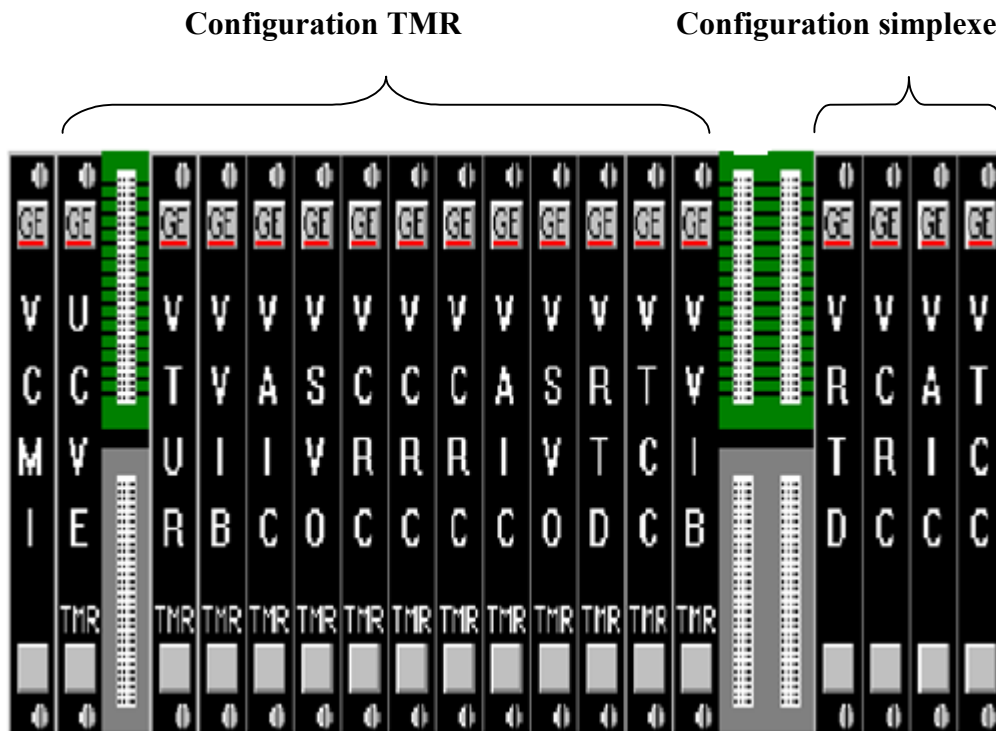


Figure III.1 : MODULE (R) [4]

III.2 Architecture du système. [4]

Le système de commande mark VI se compose de sous système suivant :

III.2.1 Armoire de régulation

La cabine de commande contient trois modules de commande TMR et un module de commande simple. Ceux-ci sont connectés à leur I/O à distance par un réseau I/O simple ou triple à haute vitesse, appelée IOnet et sont connectés à UDH par leur port Ethernet du contrôleur. [7]



Figure III.2 : mémoire de contrôle du système Marck VI. [5]

III.2.2 Armoire E/S

Le compartiment I/O contient soit des modules simples ou des modules d'interfaces triples, ils sont connectés aux contrôle par IOnet et aux plaques a borne par les câbles dédiés.les plaques a bornes se trouve dans le compartiment I/O situé dans la proximité des module d'interfaces.

III.2.3 Unité d'interconnexion de données entre MARK VI et l'HMI (unit data Hardhway (UDH)

Le réseau (UDH) connecte les panneaux de commande MARK VI avec l'HMI. Le fonctionnement par câble redondant est optimal, le fonctionnement de l'unité continue même si un câble est défectueux, l'UDH peut supporter la communication par fibre optique. [6]

III.2.4 Interface homme/Machine (HMI)

Les HMI typiques sont des PC sur lesquels est installé un système d'exploitation Windows, avec pilotes de communication pour les magistrales des données et le logicielle d'affichage de l'opérateur COMPLICITY. Une HMI peut être configurée comme serveur ou visualiser et peut contenir des outils et des logicielles utilitaires.

Les HMI sont connectés a un bus de donnés ou des cartes d'interfaces de réseau redondantes peuvent être utilisées pour connecter l'HMI aux deux magistrales de données pour une fiabilité augmentée. [6]

III.2.5 Liaison vers le système de contrôle distribuée(DCS)

Les liaisons de communication externe sont disponible pour communiquer avec le système de régulation distribué, une liaison de communication peut être fournie a partir d'une HMI, ceci permet a l'opérateur DCS d'accéder aux données de turbine en temps réel et permet de transmettre des commandes discrètes et analogiques a la régulation de turbines. [6]

III.3 Boite à outils Toolbox. [4]

III.3.1définition

La boite à outil Toolbox du système de régulation est un produit de « GE Control system solutions », c'est un logiciel basé sur microprocesseur utiliser pour configuré et entretenir l'équipement de régulation.

Ses fonctions primaires inclus sont :

- L'éditeur à base graphique pour configurer le code d'applications.
- La prise en charge de bibliothèque de module, de blocs et de macros.
- Les organigrammes de données en directe.
- Les changements de code d'application en ligne.
- Les fichiers d'aide en ligne.
- La surveillance et la configuration d'E/S.
- La gestion des signaux et les tendances des signaux.
- Le mode de fonctionnement séquentiel.

Le logiciel de boîte à outils configure différents équipement de régulation par conséquent, chaque ensemble de produit peut se composé de la boîte à outils, des fichiers produits pour le contrôleur ou le pilote, l'historien de donné et des fichiers produit pour la base de donnée système (SDB). [4]

III.3.2 Espace de travail

L'écran suivant représente un format de base de l'espace de travail de la boîte à outils, les commandes des menus, les boutons des barres d'outils et les articles de la vue générales (outlineview) peuvent varier avec le produit installé.

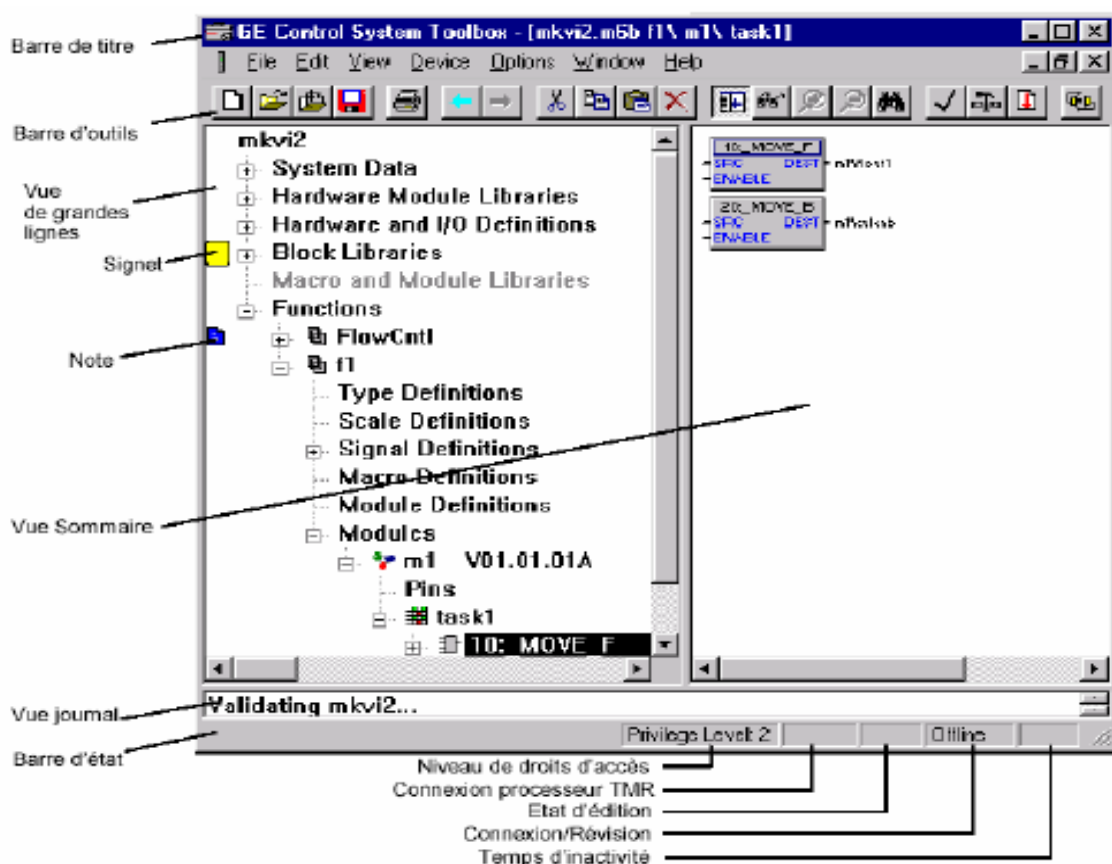


Figure III.2 : Espace de travail Toolbox. [4]

III.3.3 Privilège et mot de passe

Le système de privilège et mots de passe affecté des niveaux différent d'accès aux dispositifs.

Les mots de passes peuvent être établis pour les différent niveaux de privilège de sorte que chaque utilisateur peut accéder a un dispositif au niveau nécessaire pour le travail qui est affecté a la personne, un mot de passe peut être attribué a chaque niveau d'accès de l'application Toolbox (chaque niveau suivant permet toutes les fonctions des niveaux précédentes).

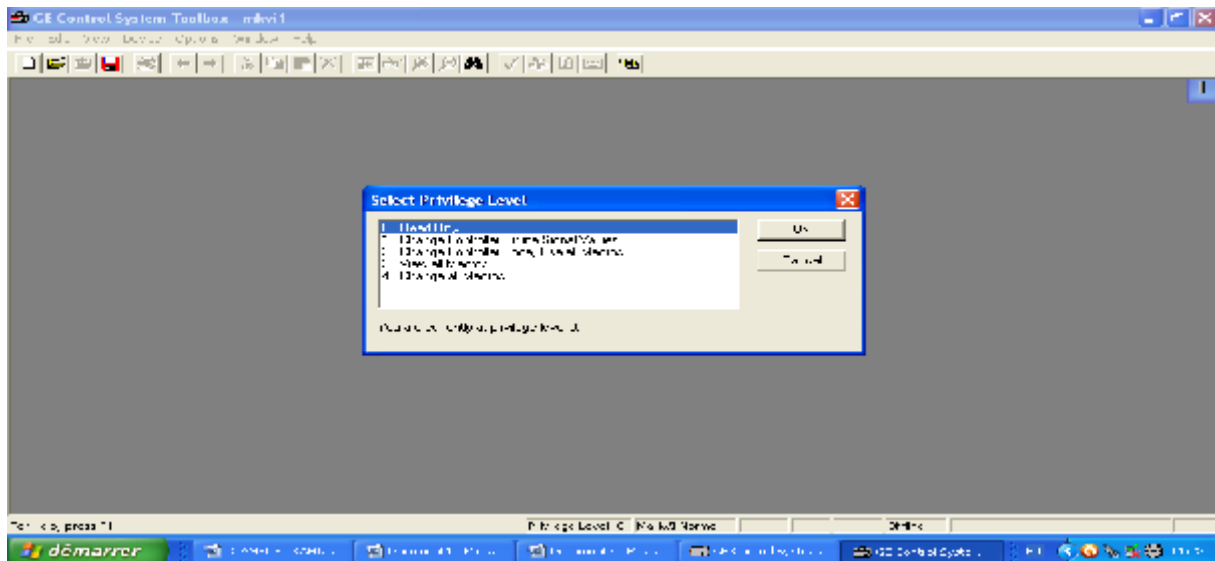


Figure III.3 : différent niveaux d'accès aux dispositifs.

III.3.4 Code d'application

Le logiciel du contrôleur est composé de blocs qui exécute une logique de commande, le logiciel est dénommé blockware, ces blocs correspondent a un bloc de fonction qui existe dans le code d'application, les définitions de blocs sont importé comme fichiers dans les bibliothèques de blocs. ces blocs sont utilisés pour composer les macros, les blocs et les macros composent les tâches. une ou plusieurs tâches peuvent entrer dans un module et n'importe quelle nombre de modules compose une fonction.

Cette hiérarchie montre la manière dans les divers niveaux du groupe de bloc d'un contrôleur sont affichés dans l'espace de travail.

Il y a deux niveaux de blocs qui peuvent être réutilisés :

- Les macros qui contiennent un ensemble standard de blocs.
- Les modules qui sont un ensemble plus complexe de tâches (séquence) qui ont des relations de programmation définies.
- **Blocs** : sont des éléments de programmation les plus élémentaires, ils peuvent exécuter des fonctions telles que la mathématique, ils peuvent résoudre un

RLD (Diagramme Ladder du relais) et effectuer une filtration, ils peuvent résoudre aussi une équation booléenne, le groupe de blocs du code de produit supporte une fonction pour chaque bloc affiché dans les bibliothèques standard et de bloc d'industrie.

- **Macro**: il représente une collection de blocs et d'autres macros qui contiennent des entrées et des sorties bien définies, une fois que la macro est définie, peut être insérer dans une tâche ou dans une autre macro, les blocs interne et les connexions de la macro incéré ne peuvent pas être changés.
- **Taches** : elle contient des blocs et/ou des macros qui représente une séquence de programmation, les tâches sont planifiées à être exécutées sur la base de l'ordre dans lequel sont affichés dans l'espace de travail.
- **Pins (Broche)** : Dans la boîte à outils, les paramètres de blocs macros et modules sont appelés des pins (broches). Toutes les broches ont un nom unique en fonction de leurs blocs, macros ou modules. Les broches sont connectées par des signaux qui sont l'unité de base pour des informations variables.
- **Modules** : C'est ensemble de tâche de programmation, qui permet réutiliser les blocs à un niveau supérieur à celui des macros.

Il y a plusieurs types de modules :

-Les modules instanciés qui sont définis dans l'élément « définition de modules » sous bibliothèque de fonction macros ou bibliothèque de modules.

-Les modules en ligne qui ne sont pas destinés à être réutilisés.

-Les modules over-ride (priorité) sont une combinaison instanciés et en ligne. Ils sont créés en instanciant une définition de modules puis en prenant la priorité sur cette dernière à partir de boîte de dialogue du module édit (module édition).

Prendre la priorité sur un module vous permet de démarrer avec une définition de modules standards puis de pouvoir le modifier en tant que module en ligne.

- **Fonctions** : elles sont au niveau le plus haut de hiérarchie qui représente la programmation d'une fonction de commande, elles sont principalement utilisées pour groupées des modules inter reliés.

Tous les facteurs d'échelle de type de donnée, les signaux, les définitions de modules, les définitions des macros et les instances d'une fonction donnée, peuvent être associés indépendamment à une fonction qui vous permet de déplacer une fonction d'un contrôleur à un autre.

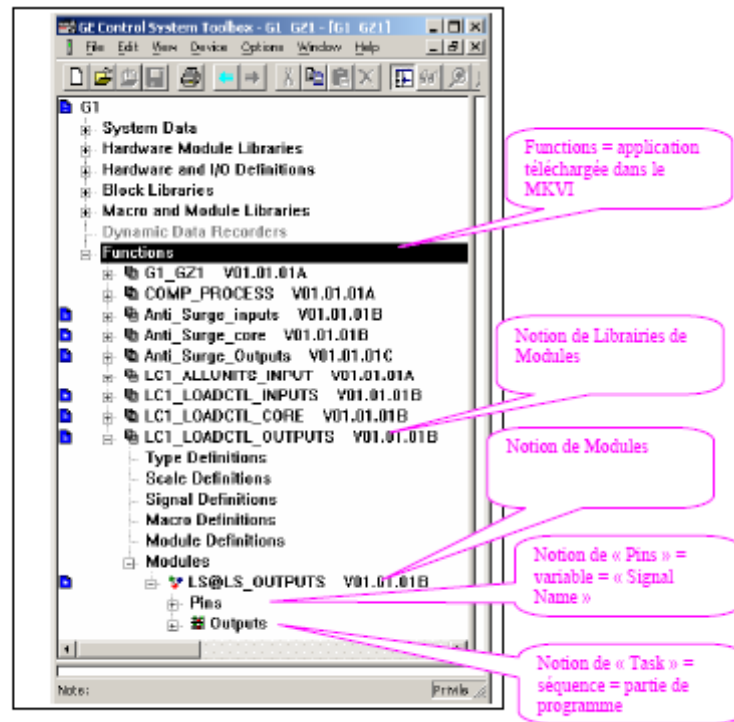
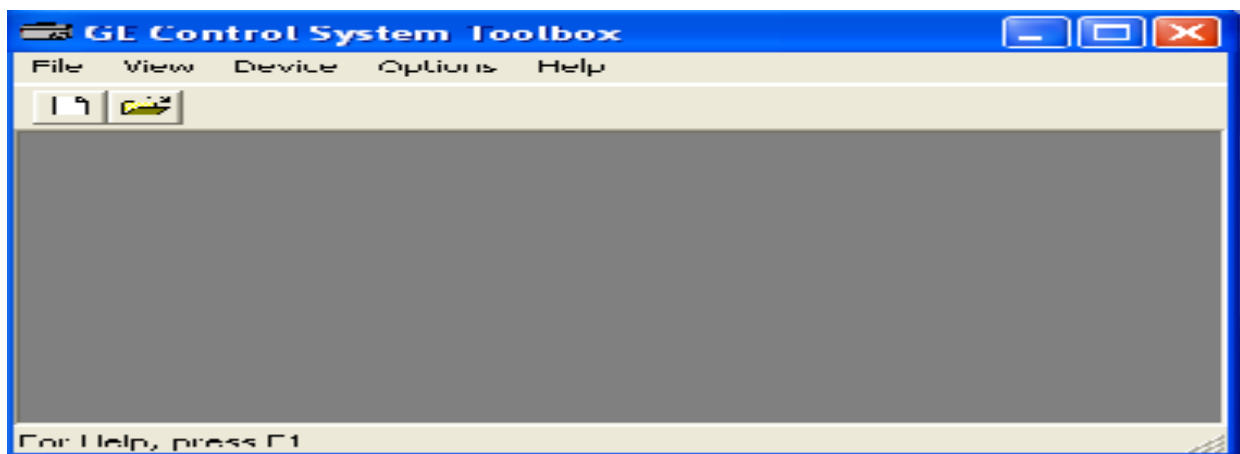


Figure III.3 : librairie de Toolbox. [4]

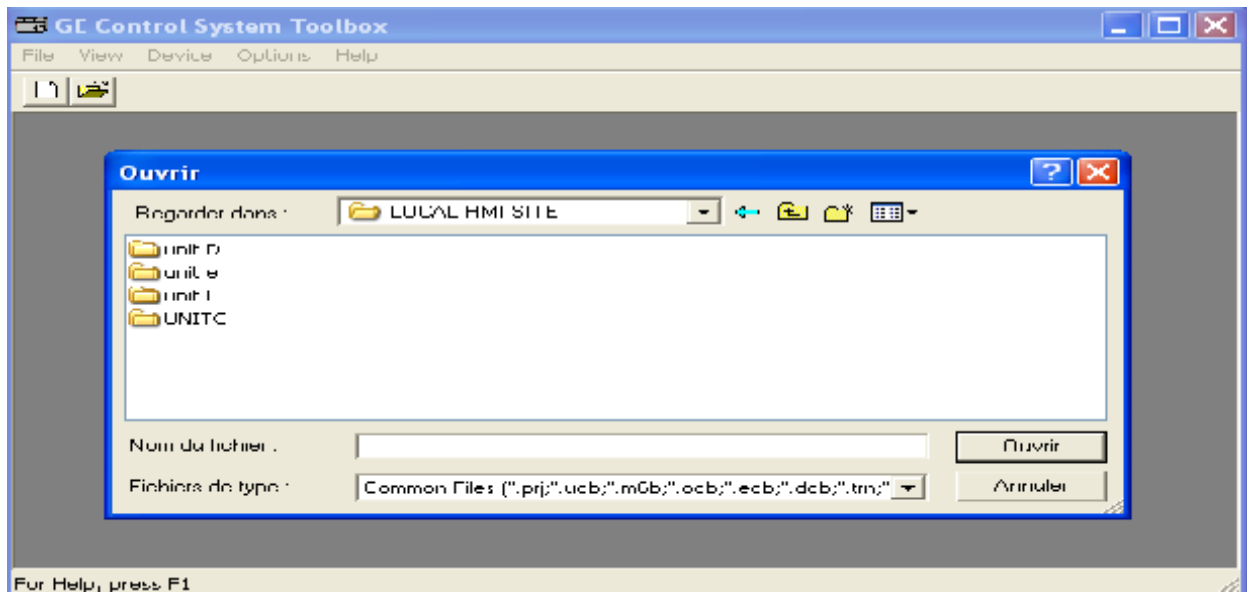
III.4 Etapes à suivre pour accéder à un programme du turbocompresseur

Pour accéder à un programme au quelle la turbine est soumise et pour pouvoir visualiser toutes les séquences quelle traverse, il suffit de suivre les étapes suivantes :

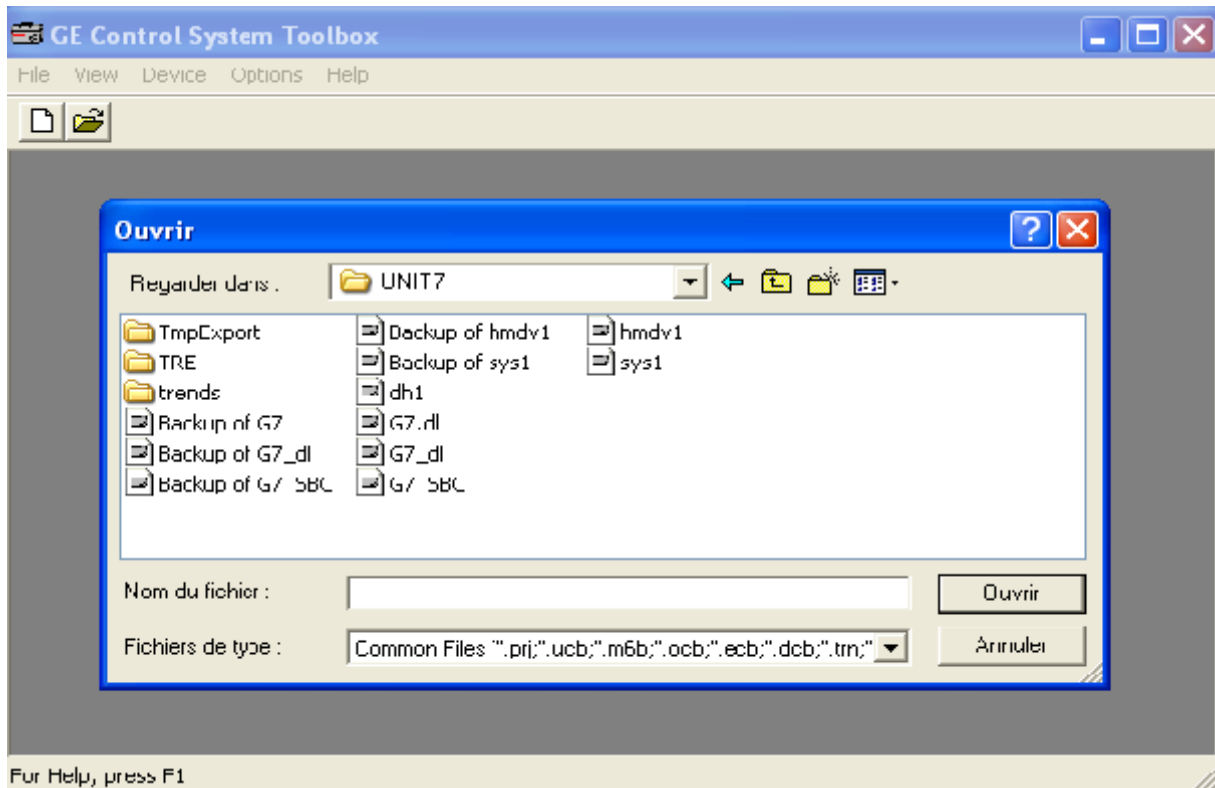
-Cliquer sur le bouton Windows Start, Programme, GE Control System Solutions, et Control System Toolbox.



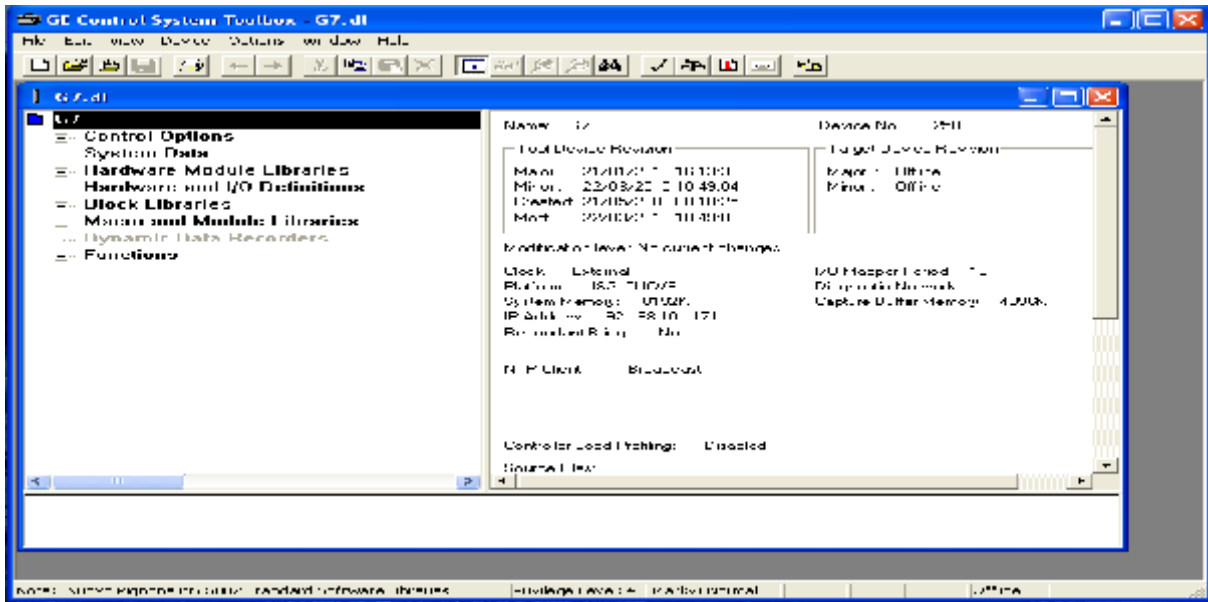
-cliquer sur (File) puis sur (Open), après on cherche le dossier Local HMI dans laquelle sont incluses les différentes Unités.



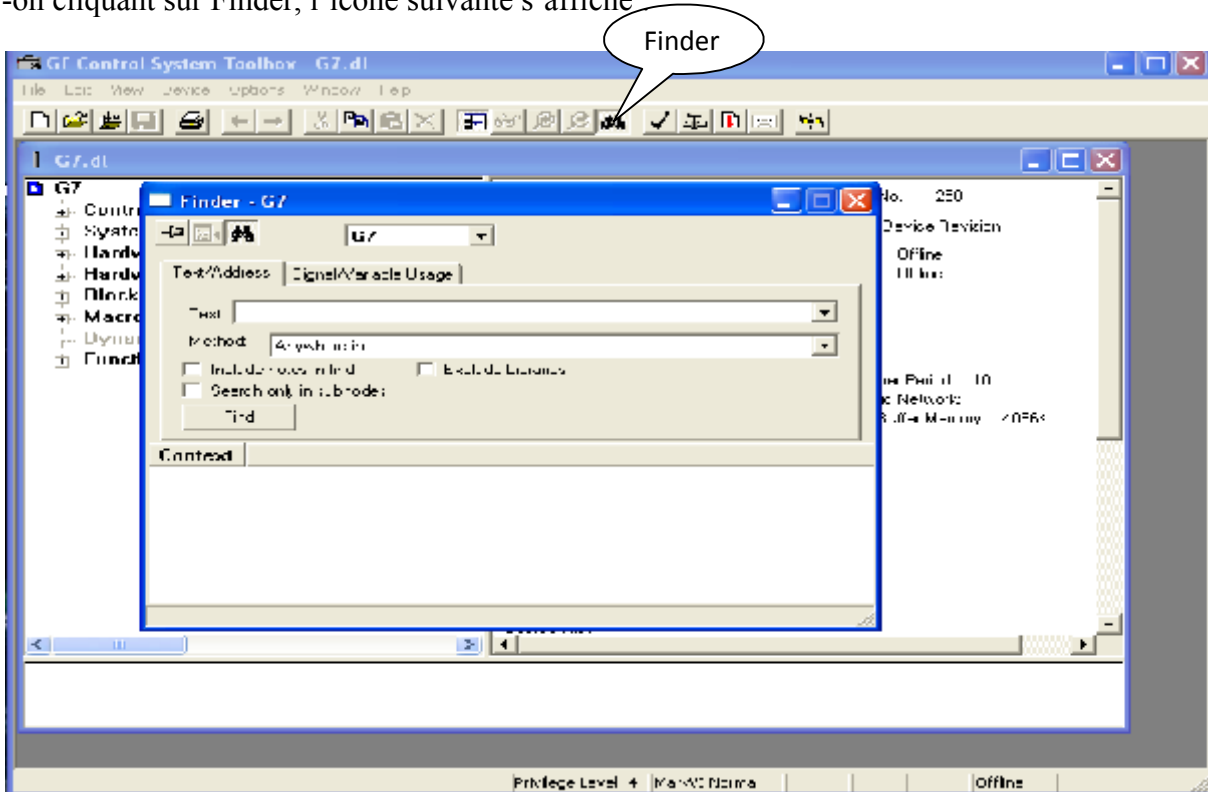
-on clique sur l'une des unités puis sur site puis sur Unit7 et on aura l'icône suivante :



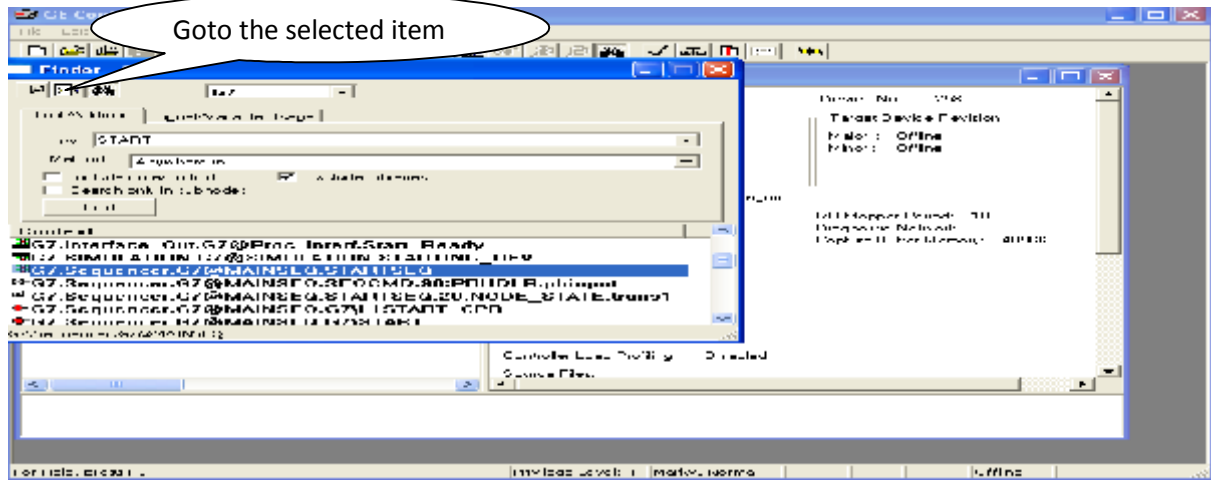
-on clique sur le fichier G7.dl, une page qui nous demande de bien vouloir continuer s'affiche et on clique sur (Oui), l'icône suivante s'affiche :



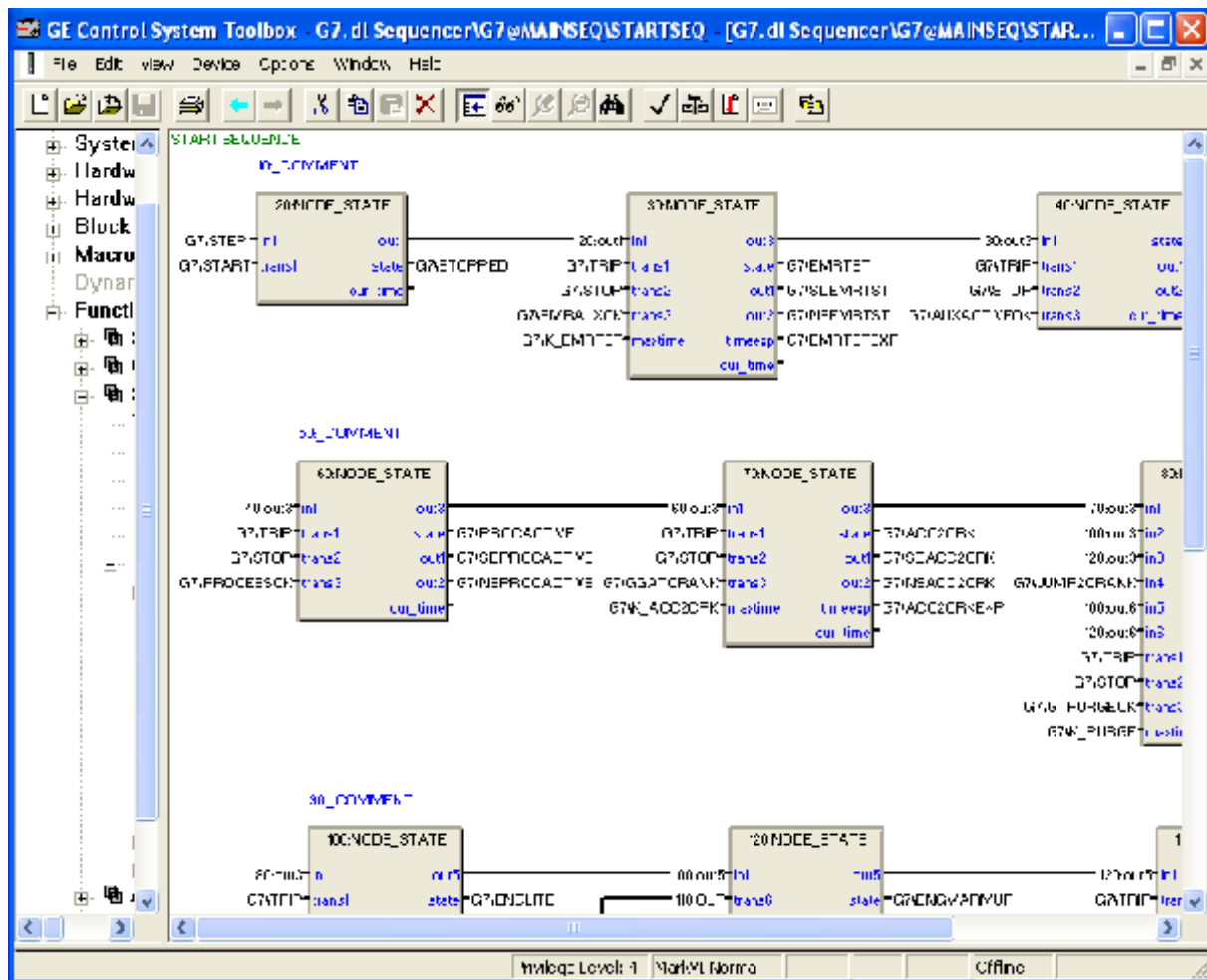
-on cliquant sur Finder, l'icône suivante s'affiche :



-dans la zone (Texte), on tape la séquence qu'on veut visualiser, on coche (Exclude Libraries), on clique sur Fin, l'icône suivante s'affiche.



-on clique sur (Goto the selected item), notre séquence s'affiche dans la partie Vue sommaire.

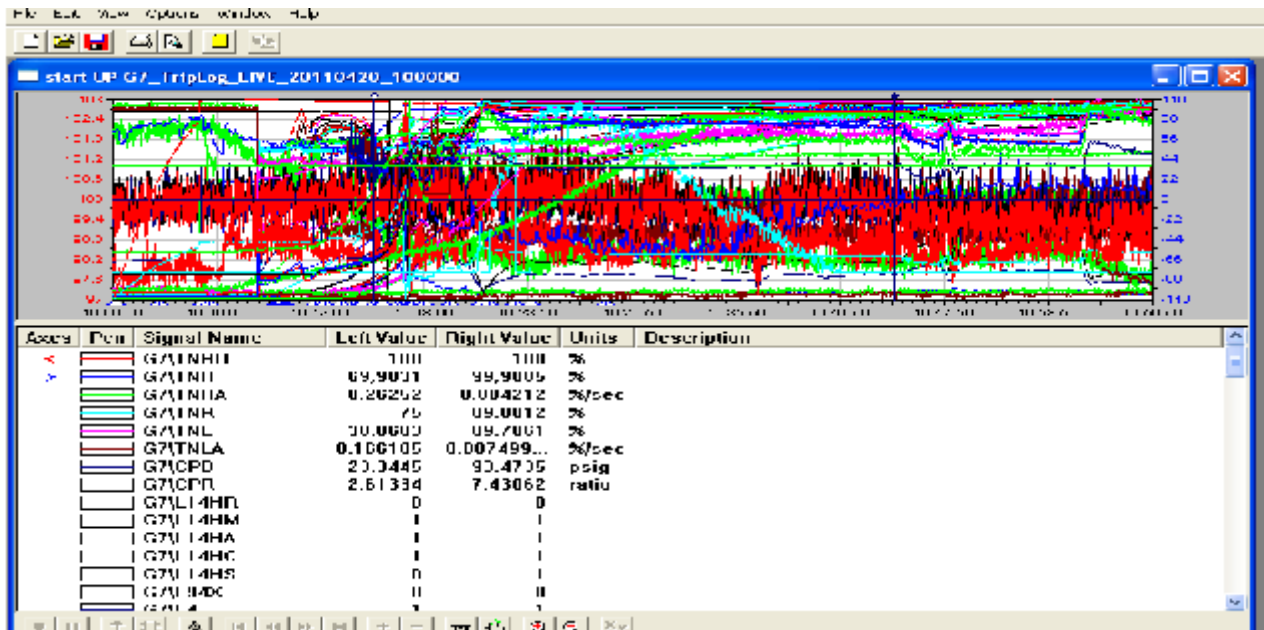


III.5 visualisation des différents signaux en ligne en fonction du temps

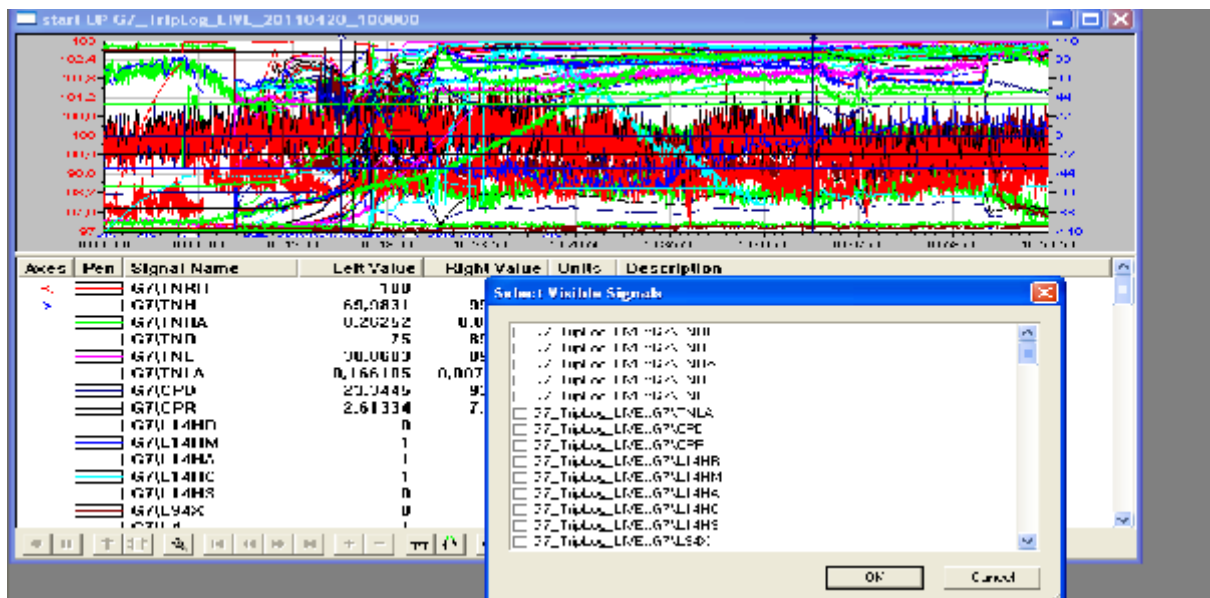
Pour visualiser les variations des différents signaux durant une séquence donnée, il faut suivre les étapes suivantes :

-Cliquer sur le bouton Windows Start, Programme, GE Control System Solutions, et Control System Toolbox.

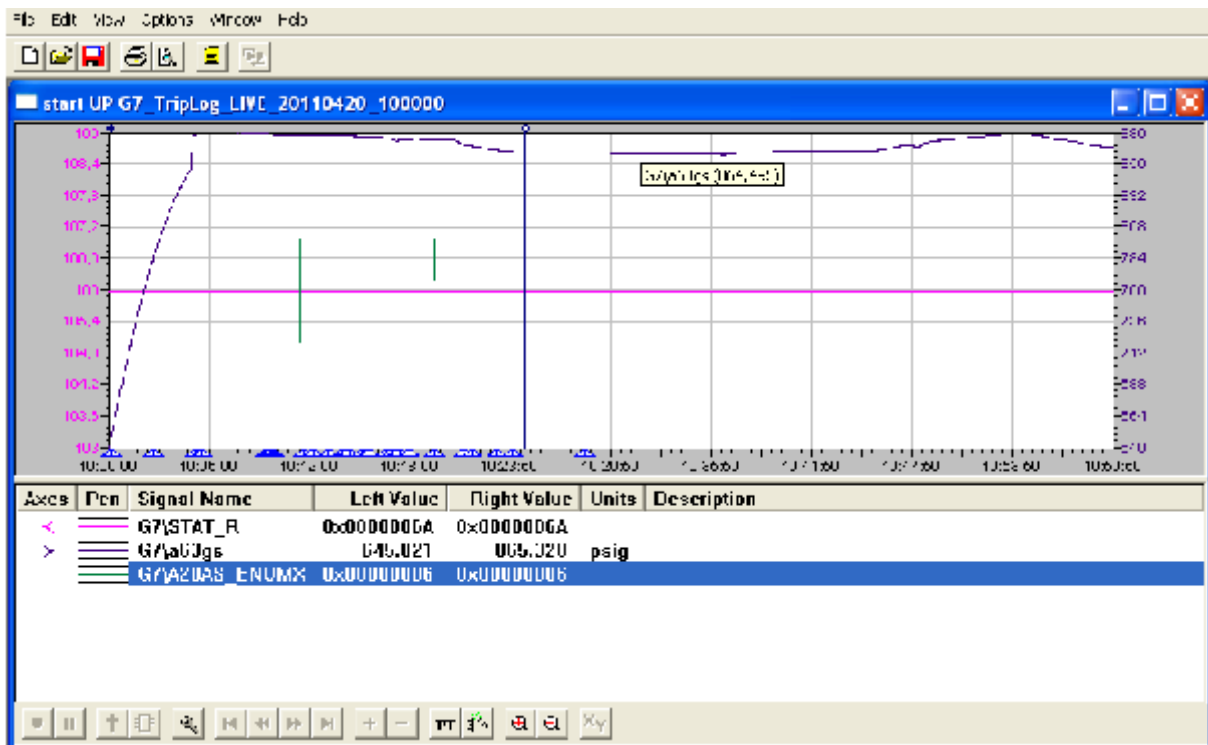
--cliquer sur **(File)** puis sur **Start UP G7-Triplog-LIVE-20110420-100000**, l’icon suivante s’affiche.



Si on veut limiter le nombre des signaux qu’on visualisera, on clique sur **Edit**, puis sur **SHOW SIGNALS**, l’icône suivante s’affiche.



Dans la fenêtre **Select Visible signals**, on sélectionne les signaux qui nous intéressent, en cochant la case correspondante, et on valide notre choix en cliquant sur **OK**.



-A l'aide du curseur, on peut avoir la valeur de l'importe quelle signal qu'on veut en ligne en fonction du temps. [5]

Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté le système de contrôle Marck VI avec son architecture interne, sa boîte à outils TOOLBOX, son espace de travail ainsi que les étapes à suivre pour pouvoir accéder au programme des séquences ou pour visualiser les différents signaux en fonction du temps en ligne.

La maîtrise de tous cela est nécessaire pour étudier, comprendre et interpréter le programme de la séquence de démarrage qu'on détaillera dans les chapitres qui suivent.

IV Introduction

La séquence de lancement de la turbine se fait en quatre étapes importantes avant cette turbine devient prête à la mise en charge, ces étapes sont : démarrage, allumage, accélération et en fin sa mise en charge.

Mais avant d'entamer ces étapes, il faut s'assurer que les conditions de contrôles sont vérifier et que la turbine est prête pour le lancement.

IV.1 Conditions de contrôle. [2]

IV.1.1.Vérification des conditions de contrôle

Si la turbine est au repos, des contrôles électroniques des vannes de régulation et d'arrêt du système de combustible sont faits, à ce stade (Statut arrêt) s'affiche sur les écrans de la salle de contrôle.

L'activation du commutateur de fonctionnement maître (L43) qui passe de la position (Désactivé) à un mode de fonctionnement activera le circuit prêt.

Si tous les verrous des circuits de protection et de déclenchement sont réinitialisés c'est-à-dire que tous les boutons poussoirs d'arrêts d'urgence sont à la position repos et que les causes de déclenchements sont réparés et réarmés, les messages (Statut démarrage) et (Prêt à démarrer) s'afficheront indiquant que la turbine acceptera un signal de démarrage.

Cliquer sur le Commutateur de contrôle (Marche) et (Exécuter) introduiront le signal de démarrage.

Dans la séquence logique, le signal de démarrage excite le circuit de contrôle et de protection (L4) qui assure la pressurisation du circuit d'huile de déclenchement et le démarrage de l'équipement auxiliaire nécessaire.

Avec le permissif de circuit (L4) et l'embrayage de démarrage automatiquement engagé, les dispositifs de démarrage commencent à tourner. Le message de statut de démarrage "STARTING" (En démarrage), s'affiche sur les écrans de la salle de contrôle.

IV1.2 préparation de la turbine pour le lancement

- **partie auxiliaire prête pour le démarrage**
 - Tous les moteurs en position auto et ils sont sous tension.
 - Système anti incendie (CO₂) en position auto pour qu'il puisse intervenir automatiquement en cas d'incendie et cela en étouffant la flamme.
 - Les portes de l'enceinte fermées pour éviter des accédants de travail en protègent les employés de la chaleur dégagée par la turbine lors de son fonctionnement.
 - Position correcte des vannes c'est-à-dire :
 - Vanne de torche (XV-916) et de recyclage (FV-909) ouvertes.
 - Vanne d'aspiration (XV-911), refoulement (XV-917) et la vanne de pressurisation (XV-912) fermées.

- Machine complètement à l'arrêt.
- absence de tous les facteurs de déclanchement (L4CETRIP).
- la température de l'huile dans la caisse est supérieure à 20°C.
- pas de détection de feu dans les différentes parties de la turbine.
- la vitesse du moteur de lancement, des roues HP et BP sont nulles.
- le circuit électrique d'alarme de survitesse n'est pas déclenché.

Après l'achèvement des vérifications automatiques du système et l'établissement de la pression d'huile de graissage, le dispositif de lancement est mis en marche, et le (pré pour le démarrage) s'affiche dans les tableaux de la salle de contrôle, donc on peut passer à l'étape suivante qui est l'étape de démarrage.

IV.3 séquence de lancement

IV.3.1.Phase de démarrage

Les étapes à suivre dans cette phase sont :

- Démarrage des pompes auxiliaires (QA, HQ, et la QV).
- Ouvrir les vannes de gaz pour purger les différentes parties de la machine.
 - **Définition de la purge :**

La purge est un bailliage ou un nettoyage à l'aide du gaz ou d'air pour faire sortir le reste des gaz et cela pour éviter des problèmes de collision dans le turbocompresseur.

La première purge est celle du compresseur centrifuge vers torche et elle dure 90sec.

La deuxième est celle de la conduite d'anti pompage qui dure 30sec.

- Faire la pressurisation et cela en fermant les vannes de torche, les vannes de refoulement, les vannes d'aspiration et en ouvrant la vanne d'anti pompage.
 - **But de la pressurisation :**

Le but de la pressurisation est de donner plus de sécurité pour tout le système et d'éviter les coups brusques sur les vannes.

Quand la différence de pression amont/aval de la vanne d'aspiration est égale à 2kg/cm^2 , on pourra ouvrir les vannes principales d'aspiration et de refoulement.

- Après l'ouverture complète des vannes d'aspiration et de refoulement, on aura le pré pour le CRANK c'est-à-dire que la roue HP tourne à une vitesse qui ne dépasse pas les 20% de sa vitesse nominale grâce au moteur de lancement.
- Quand les 20% de vitesse de HP sont atteintes (14HM=1), la purge des chambres de combustions se fait à l'aide d'air aspiré par le compresseur axial, la durée de cette purge est 2min.

Et c'est ici que la phase de démarrage s'achève, et la turbine passe à une autre étape qui est la phase d'allumage.

IV.3.2 Phase d'allumage

C'est le commutateur 43 qui nous indique l'état ou le mode de fonctionnement de la turbine, cette position est sélectionnée par les tableautistes qui suivent le démarrage dans la salle de contrôle et cela en appuyant sur l'un des boutons poussoir qui indique l'une des positions.

Les différentes positions du commutateur 43. [5]

- **OFF** : la turbine est à l'arrêt.
- **CRANK** : la turbine tourne à une vitesse inférieure à **20%** sans entrainer avec elle la charge, cette position est sélectionnée pour tester la turbine.
- **FIRE** : Cette position commande la turbine jusqu'à l'allumage ou elle sera maintenue tant que le sélecteur est actif.
- **REMOTE** : si le sélecteur 43 est en position REMOTE, la turbine sera commandée par le DCS jusqu'à la fin de séquence.
- **MANUEL** : si le sélecteur 43 est en cette position, l'intervention des opérateurs est possible à chaque étape de la séquence et la mise en charge sera manuelle.
- **AUTO** : si le sélecteur 43 est en cette position, la turbine suit un programme bien défini du début jusqu'à sa mise en charge à la fin de séquence.

-A la fin de purge des chambres de combustion, le système de commande ouvre les vannes de gaz (SRV et GCV) pour fournir un débit suffisant du combustible et met le courant dans les bougies d'allumage pour fournir l'étincelle aux chambres de combustion pendant 60sec, cette phase sera accompagnée par le déclenchement des aeros pour le refroidissement de l'huile de la caisse.

Quand la flamme est détectée par les détecteurs de flamme à ultraviolet, qui sont situés du coté opposé de la turbine par rapport aux bougies, l'allumage et le transfère de la flamme sont achevés, une période de chauffage qui dure 1min est prévus pour éviter les contraintes mécanique sur les composants de la turbine, cette phase de chauffage sera accompagné par une baisse du débit du combustible (diminutions de l'ouverture de la vanne de gaz GCV).

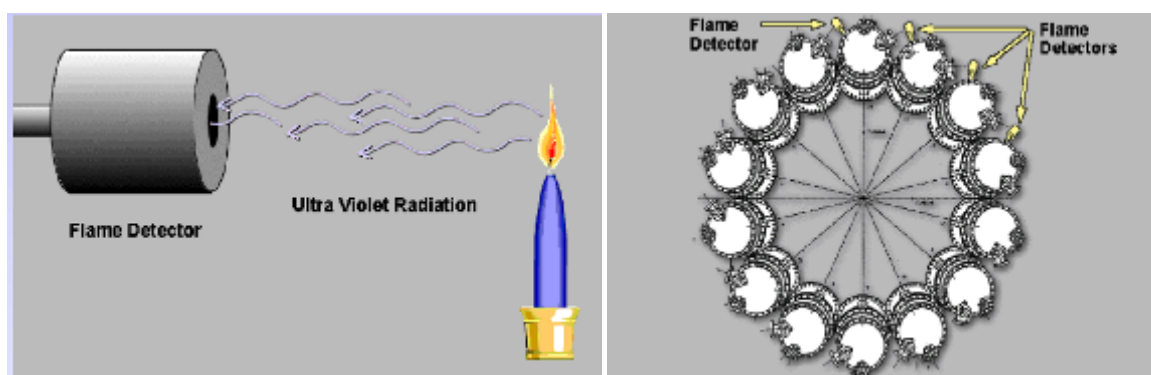


Figure IV.3 : détecteur de flamme. [1]

Remarque : le capteur de flamme à ultraviolet concise en un détecteur rempli d'un gaz sensible à la présence du rayonnement à ultraviolet qui est émis par une flamme d'hydrocarbure.

En cas de présence de flamme, l'ionisation du gaz dans le détecteur permet la conductivité dans le circuit qui fait activer la partie électronique, l'absence de flamme génère une sortie opposée, définissant (pas de flamme).

Si l'allumage ne se produit pas dans les 60 sec de la temporisation de transfère d'allumage, le système de commande passe automatiquement à une séquence de purge et fait une tentative d'allumage.

IV.3.3 Phase d'accélération. [5]

A la fin de la période de réchauffement, le débit de combustible est augmenté et la turbine entre dans la phase d'accélération, c'est une phase critique dont elle passe par plusieurs niveaux de commande de combustible (FSR) contrôlé par des régulateurs PID qui sont inclus dans les cartes du Mark VI et qui donne la commande aux FSR minimum.

Au début de la phase d'accélération, c'est le FRSRU qui contrôle l'accélération de la turbine suivant une rampe dont sa pente est égale à 0,05%/sec.

-Quant la vitesse de HP appartient à [40%-50%], elle entre dans une phase ou elle a besoin d'accélérer plus pour pouvoir faire tourner l'arbre BP et la charge en même temps, c'est ici que le FSRACC intervient pour prendre le contrôle de la turbine afin que l'accélération suive une rampe avec une pente de 0,11%/sec.

-Quant la vitesse de HP appartient à l'intervalle [50%-75%], la turbine traverse une nouvelle phase critique celle du désaccouplement du moteur de lancement (avoir l'autonomie de la machine) ou elle a besoin d'accélérer encor plus, la pente de la rampe d'accélération est calculé par le système de commande et elle sera entre 0,11%/sec et 0,31%/sec.

-Quand le régime permanant de la machine est atteint, (92% de HP et 75% de BP), s'il est maintenu pendant 20sec, la pente de la rampe d'accélération est de 1%/sec, mais si la vitesse dépasse ces 92%, la pente sera calculée par le système de commande qui nous donne une constante qui appartient à [0,1%/sec – 0,31%/sec] pour éviter les problèmes de survitesse.

Dans ces conditions on peut dire que la machine est prête à la mis en charge.

Remarque :

Le mode de calcule de ces différentes pentes d'accélération sera détaillé dans le chapitre suivant.

IV.3.4 : Mise en charge de la machine

Quand la turbine sera prête à être chargée, c'est-à-dire que la vitesse de HP=100% et celle de BP=75%, la charge (le compresseur centrifuge) commence à fonctionner en tournant à la même vitesse que BP pour augmenter la pression du gaz venant des 92 puits pour l'envoyer vers les différents modules ou il sera traité.

Pour assurer le bon fonctionnement du turbocompresseur, le système prend des mesures pour garder les conditions de fonctionnement établies qui sont :

- Fermeture des nozzles pour maintenir la vitesse de HP à 100 %.
- L'arrêt de la partie auxiliaire électrique et démarrage de la partie mécanique pour économiser l'électricité, ces pompes mécaniques sont reliées à l'arbre HP à travers un réducteur de vitesse qui réduit la vitesse de 5100tr/min à 1800tr /min pour assurer le bon fonctionnement de ces pompes. [2]

Conclusion

Le vieillissement du panneau de contrôle des turbocompresseurs (grand fréquence d'intervention sur ces panneaux) et le démarrage semi-automatique en collaboration entre la salle de contrôle et les opérateurs de surface, a poussé les responsables de la société SONATRACH à procéder à une ré-instrumentation des panneaux de contrôle et ce 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 pour cela la modélisation permet de construire des modèles ayant une structure graphique à laquelle on associe une interprétation des systèmes à commander. On utilise la modélisation par l'outil GRAFCET pour faciliter l'adoption d'une solution programmable qu'on va transcrire en LADDER pour la simuler en STEP7 et développer des plates formes de supervision en WINCC.

V. Introduction

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.

Le modèle de conduite que nous allons développer doit reprendre aussi fidèlement que possible le fonctionnement de la machine, de plus des contraintes matérielles par la société viennent s'ajouter à la modélisation.

V.1 Outil de modélisation GRAFCET

Le GRAFCET est un outil graphique de définition pour l'automatisme séquentiel, il est également utilisé dans beaucoup de cas combinatoire. Il utilise une représentation graphique. C'est un langage clair, stricte mais sans ambiguïté, permettant par exemple aux réalisateurs de montrer au donneurs dans l'ordre comment il a compris le cahier des charge. Langage universel, indépendant de la réalisation pratique, peut se câblé par séquenceur, être programmé sur automate, voir sur ordinateur. [10]

V.2 Symbolisation du GRAFCET

La symbolisation du Grafcet est représentée par la figure suivante :

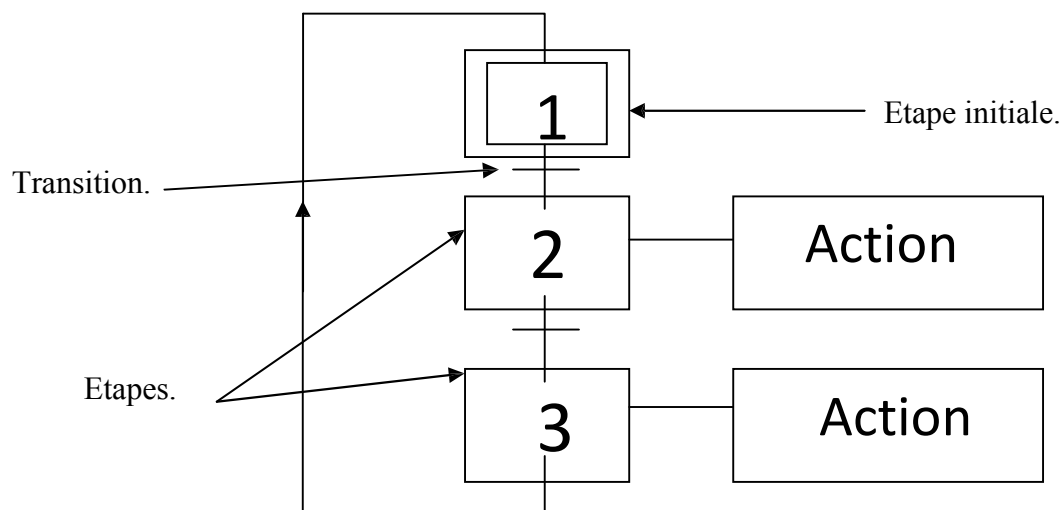


Figure V.1 : Symbolisation du Grafcet.

- Chaque étape est représentée par un carré repéré numériquement.
- Les étapes initiales, représentent les étapes actives au début de fonctionnement, elles se différencient en doublant les cotés du carré.
- Les actions sont décrites de façon littérale ou symbolique, a l'intérieures d'un ou plusieurs carrés, de dimension quelconques, Reliées a la partie droite de l'étape.
- Les transitions sont représentées par des barres.
- La réceptivité est inscrite a droite de la transition.

Le Grafcet correspond à une succession d'étapes et des transitions.

Chaque étape est associée au comportement ou à l'action à obtenir.

Chaque transition est associée aux informations permettant le franchissement sous forme d'une condition logique appelée réceptivité.

Remarque

L'étape est la situation du cycle de fonctionnement pendant laquelle le comportement de l'automatisme de commande demeure constant.

Tout changement de comportement provoque le passage d'une étape à l'autre.

Une étape peut être soit active ou inactive.

Les actions associées à une étape ne sont effectives que lorsque cette étape est activée.

V.3 Niveau d'un GRAFCET

Grafcet niveau 1 :

Il est établi sous une forme littérale pour éventuellement des non spécialistes.

Grafcet niveau 2 :

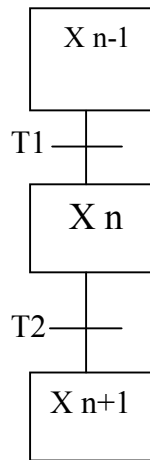
Il met en œuvre et décrit la partie opérative, il s'adresse cette fois à des spécialistes dans le domaine, il est utilisé pour la réalisation et le dépannage des systèmes automatisés.[10]

V.4 Transcription du modèle Grafcet en programme PLC

Vu que c'est rare de trouver un automate se programmant en Grafcet, on va définir une méthode de transcription du modèle Grafcet en programme PLC.

La majorité des automates se programment en LADDER, et chaque automaticien doit maîtriser très bien ce langage.

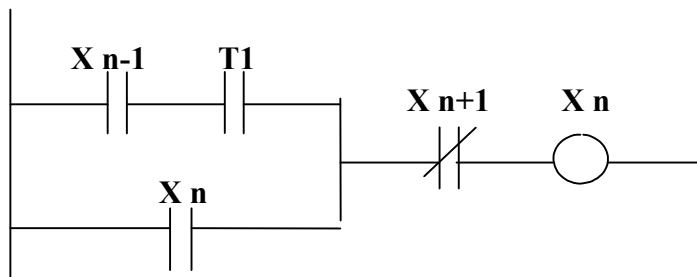
La mise en équation sera introduite avec la séquence suivante :



Chaque étape du GRAFCET peut être représentée par l'équation suivante:

$$X_n = (X_{n-1} T1 + X_n) \bar{X}_{n+1}$$

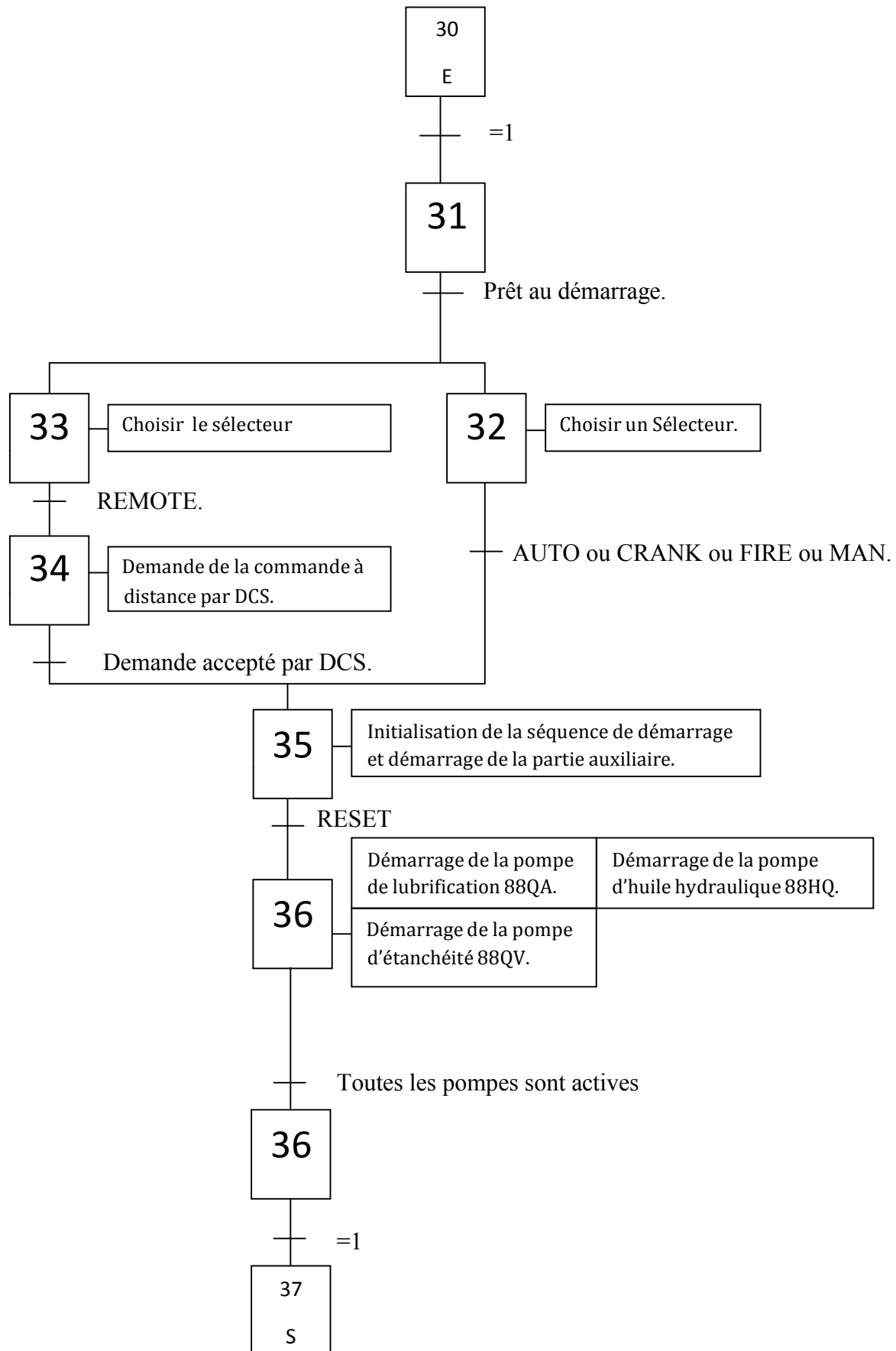
Diagramme en échelle (Ladder)



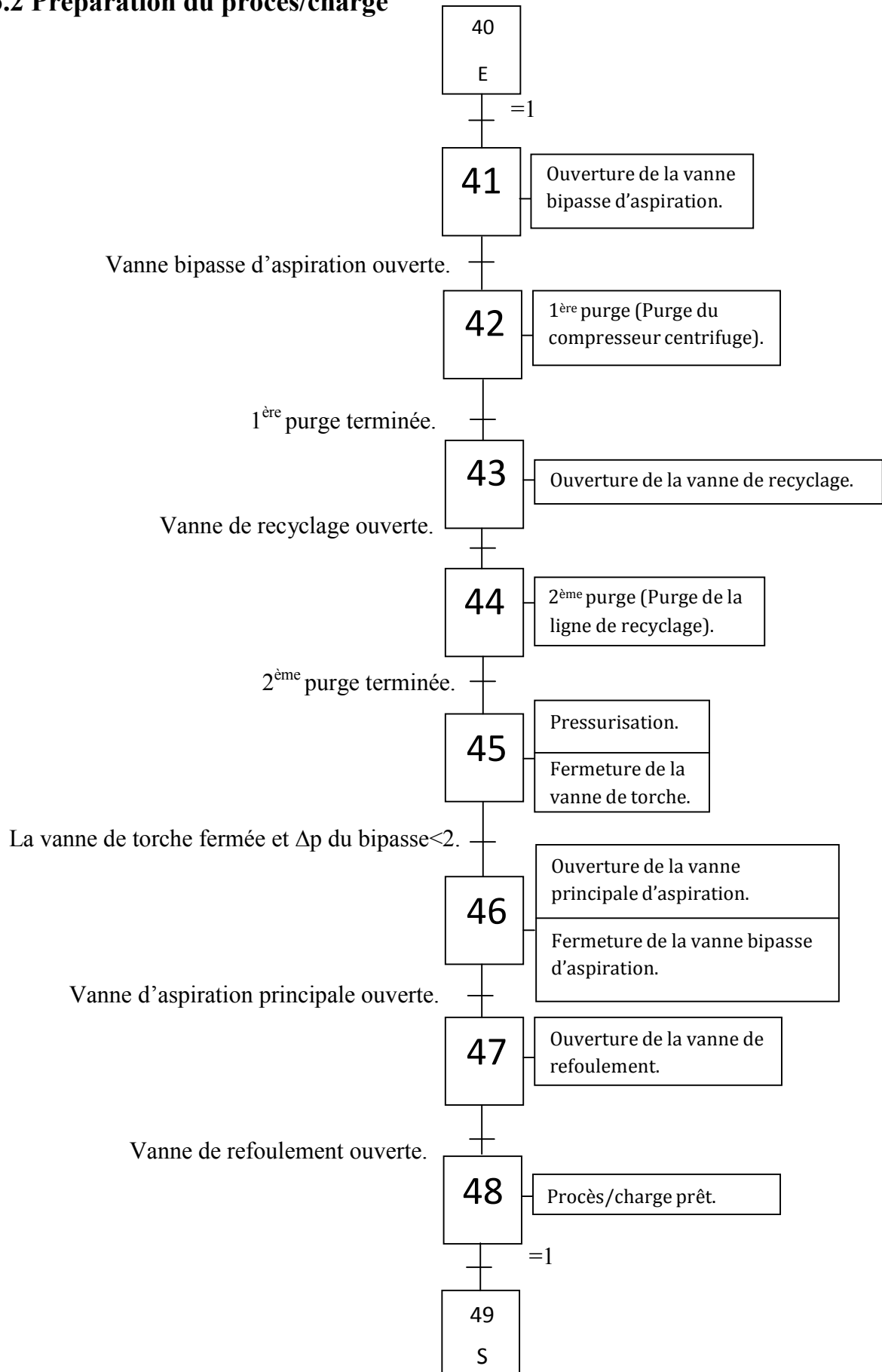
V.5 Modélisation des modes fonctionnels du turbocompresseur

Notre choix se porte sur la modélisation avec le niveau (1), car c'est une conception de base expliquant les étapes de fonctionnement de la machine littéralement (vus la complexité du modèle (multitude de composants et d'étapes de fonctionnement) pour qu'elle soit comprise même par des non spécialistes du domaine.

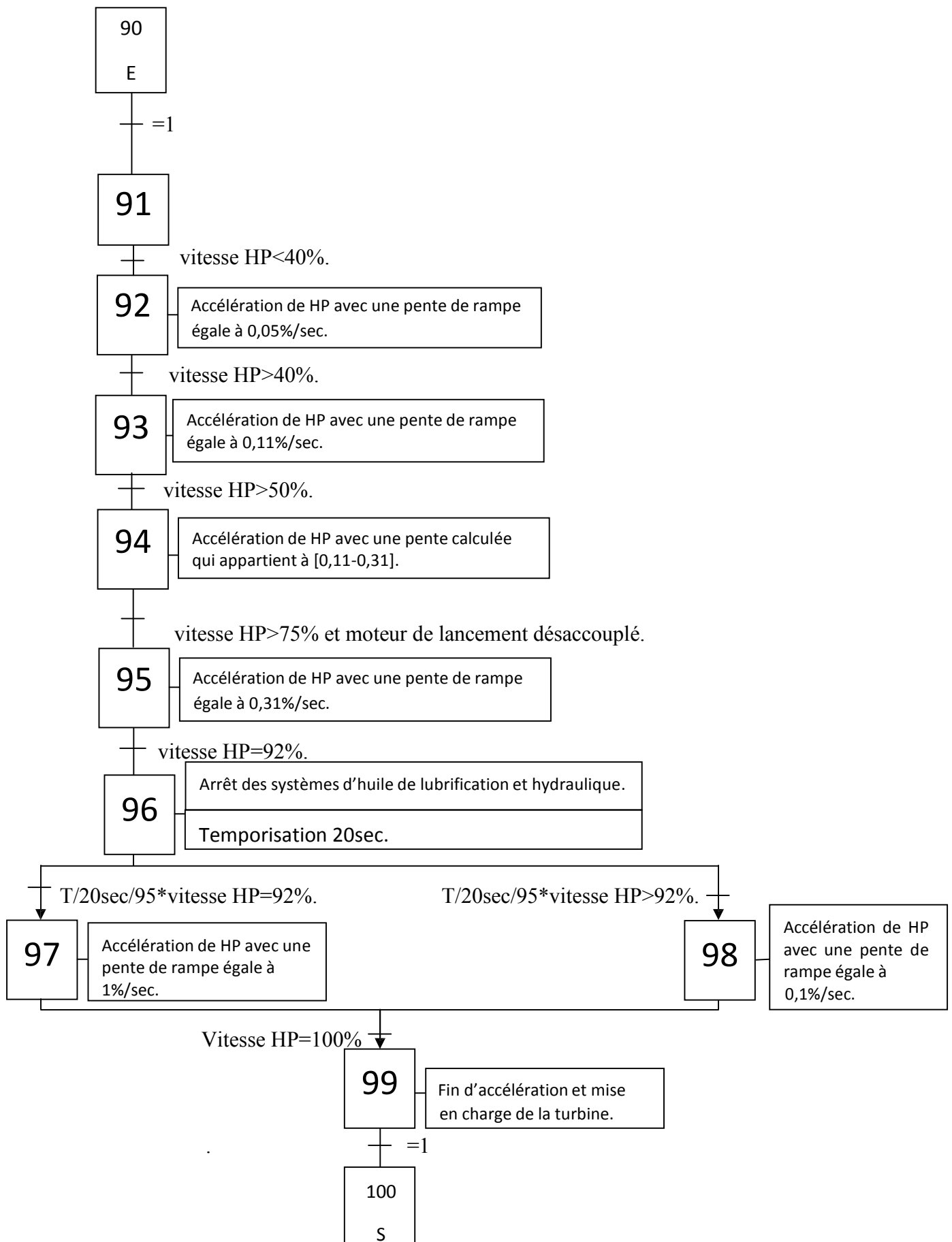
V.5.1 L'activation de la partie auxiliaire

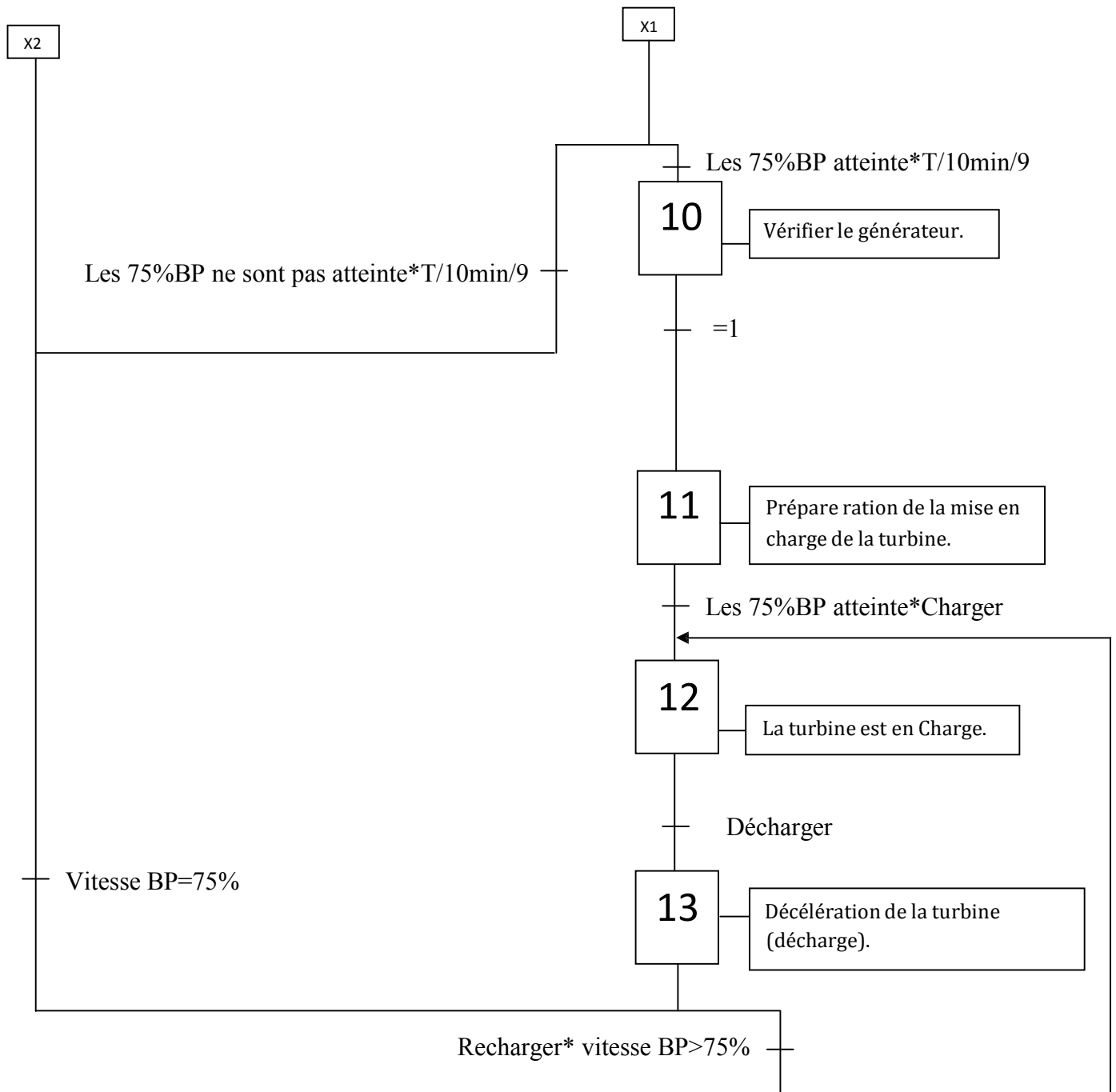


V.5.2 Préparation du procès/charge



V.5.3 Phase d'accélération jusqu'à 75% BP (100%HP)





V.6 .Proposition d’une solution programmable en LADDER de la séquence de démarrage

Pour valider notre modélisation du procès, on fera une simulation en STEP7.

La transition d’une étape vers l’autre sera effectuer grâce à la fin de la temporisation qui valide la transition réelle provoqué par le capteur (la réponse du transmetteur).

Le but est de montrer le basculement automatique et le vrai fonctionnement de la modélisation proposée de la séquence de démarrage.

Après conversion des différentes étapes du modèle de Grafcet proposé en fonction Ladder on a obtient les équations suivantes :

X_i : La i éme étape.

T_i : La i éme transition.

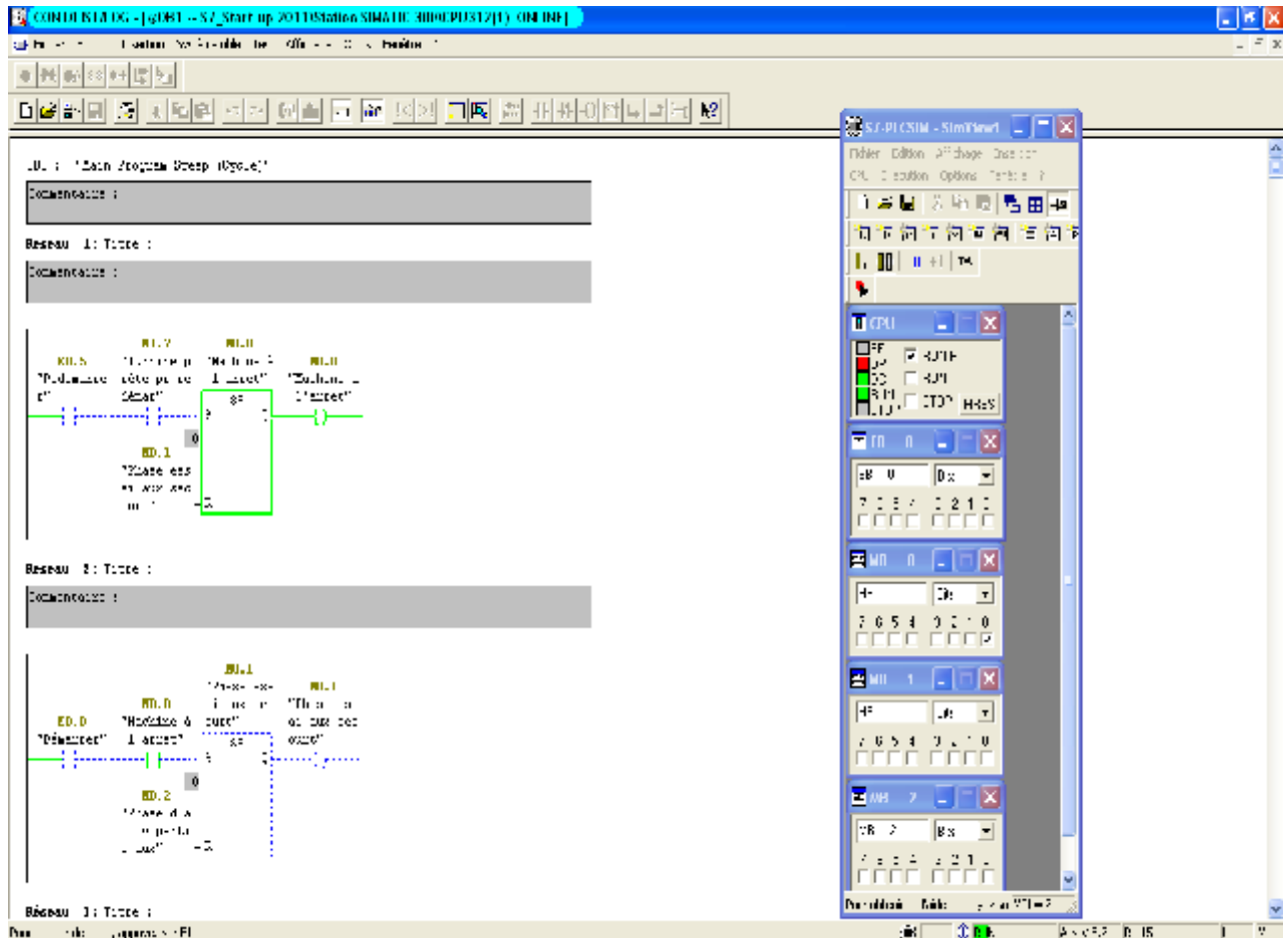
$$\begin{aligned}
 X_1 &= (T_{16} X_{16} + X_1) X_2 & X_2 &= (T_1 X_1 + X_2) X_3 \\
 X_3 &= (T_2 X_2 + X_3) X_4 & X_4 &= (T_3 X_3 + X_4) X_5 \\
 X_5 &= (T_4 X_4 + X_5) X_6 & X_6 &= (T_5 X_5 + T_{82} X_8 + T_{14} X_{14} + X_{66} + X_6) X_7 \\
 X_7 &= (T_6 X_6 + X_7) X_8 X_{14} X_{66} & X_8 &= (T_7 X_7 + X_8) X_6 X_9 X_{14} \\
 X_9 &= (T_8 X_8 + X_9) X_{10} X_{15} & X_{10} &= (T_{91} X_9 + X_{10}) X_{11} \\
 X_{11} &= (X_{10} + X_{11}) X_{12} & X_{12} &= (T_{11} X_{11} + X_{12}) X_{13} \\
 X_{13} &= (T_{12} X_{12} + X_{13}) X_{12} X_{15} & X_{14} &= (T_{72} X_7 + T_{82} X_8 + X_{14}) X_6 X_{15} \\
 X_{15} &= (T_{MIN} X_{14} + T_{92} X_9 + T_{13} X_{13} + X_{15}) X_{16} & X_{16} &= (T_{15} X_{15} + X_{16}) X_1 \\
 X_{66} &= (T_{72} X_7 + X_{66}) X_6
 \end{aligned}$$

Etapes	Signification	Transition	Signification
X_1	La machine est à l’arrêt.	T_1	Démarrer
X_2	Exécuter la phase d’essai de la partie auxiliaire de secours.	T_2	Partie auxiliaire de secours prête* T/30sec/2
X_3	Entamer l’activation de la partie auxiliaire.	T_3	Partie auxiliaire active
X_4	Entamer la phase de préparation du procès/charge.	T_4	Le procès est actif

X ₅	Accélérer l'arbre HP jusqu'à 20% de sa vitesse.	T ₅	Les 20%HP atteinte* T/2min/5
X ₆	Entamer la phase de purge CH.	T ₆	Purge terminé* T/2min/6
X ₇	Entamer la phase d'allumage.	T ₇	Allumage terminé*T/1min/7
X ₈	Entamer la phase de chauffage.	T ₇₁	Allumage échoué* T/1min/7
X ₉	Accélérer jusqu'à 75% de BP.	T ₇₂	Sélecteur CRANK maintenu ou perte des 20%HP
X ₁₀	Vérifier le générateur.	T ₈	Chauffage terminé* T/1min/8
X ₁₁	Prépare ration de la mise en charge de la turbine.	T ₈₁	Chauffage échoué* T/1min/8
X ₁₂	La turbine est en Charge.	T ₈₂	Mode CRANK ou perte de flamme et des 20%HP
X ₁₃	La turbine est en décharge.	T ₉	Les 75%BP atteinte*T/10min/9
X ₁₄	La phase de chauffage ou d'allumage a échouée.	T ₉₁	Les 75%BP ne sont pas atteinte*T/10min/9
X ₁₅	Arrêter la machine.	T ₁₀	=1.
X ₁₆	Turbine prête pour le redémarrage.	T ₁₁	Les 75%BP atteinte*Charger
X ₆₆	Etape sans action.	T ₁₂	Décharger
		T ₁₃	Recharger
		T ₁₄	T/2min/14
		T ₁₄₁	Les sélecteurs OFF et RMOTE désactivés
		T ₁₅	Arbres HP et BP à l'arrêt*T/60sec/15
		T ₁₆	=1

V.7.Simulation de la solution proposée avec le logiciel STEP7

Au début $M0.0=1$ c'est-à-dire que la turbine est à l'arrêt.



En appuyant sur le bouton démarrer E0.0 (simulateur) ou sur Start (Wincc) la séquence marche automatiquement jusqu'à la fin de séquence en observant l'activation des transitions sur la table de M2 ou sur l'écran Wincc.

La mise en charge de la turbine sera faite par l'entrée charger E0.1.

Remarque

Si on souhaite arrêter la turbine on appui sur le bouton décharger (décélérer), au court de cette opération on peut recharger la turbine à condition que la vitesse de BP soit toujours $>$ à 75%, sinon la turbine va s'arrêter progressivement.

V.7 Développement de la solution de supervision et de diagnostic du turbocompresseur

Dans le but de surveiller l'état de la séquence de lancement du turbocompresseur, on doit disposer d'un système permettant la visualisation en temps réelle de l'évolution de tous ses paramètres, il s'agit de la supervision qui permet de surveiller le procédé à distance et de détecter les défauts pour prévenir des alarme, et grâce à la possibilité de communiquer et

d'échanger des données entre **STEP7** et le **WINCC** à travers le **PROFIBUS DP**, on a pu également diagnostiquer des canaux de communication entre la salle de contrôle et le site.

Notre projet contient quatre vues qui montrent l'évolution des paramètres qui interviennent durant la séquence de lancement du turbocompresseur en temps réel, et chacune de ces vues contient des boutons de navigation qui offrent le choix d'accès aux autres vues et représentent deux états des éléments (avant et après activation).

Pour une bonne illustration de l'état réel des objets de ces vues tel le moteur de lancement, les vannes, les pompes, le compresseur centrifuge...ex, on a fait en sorte que ces objets aient des couleurs différentes aux états marche et arrêt.

V.7.1 Vue d'accueil

La figure (V.2) contient les boutons de navigation permettant le choix d'accès aux autres vues.



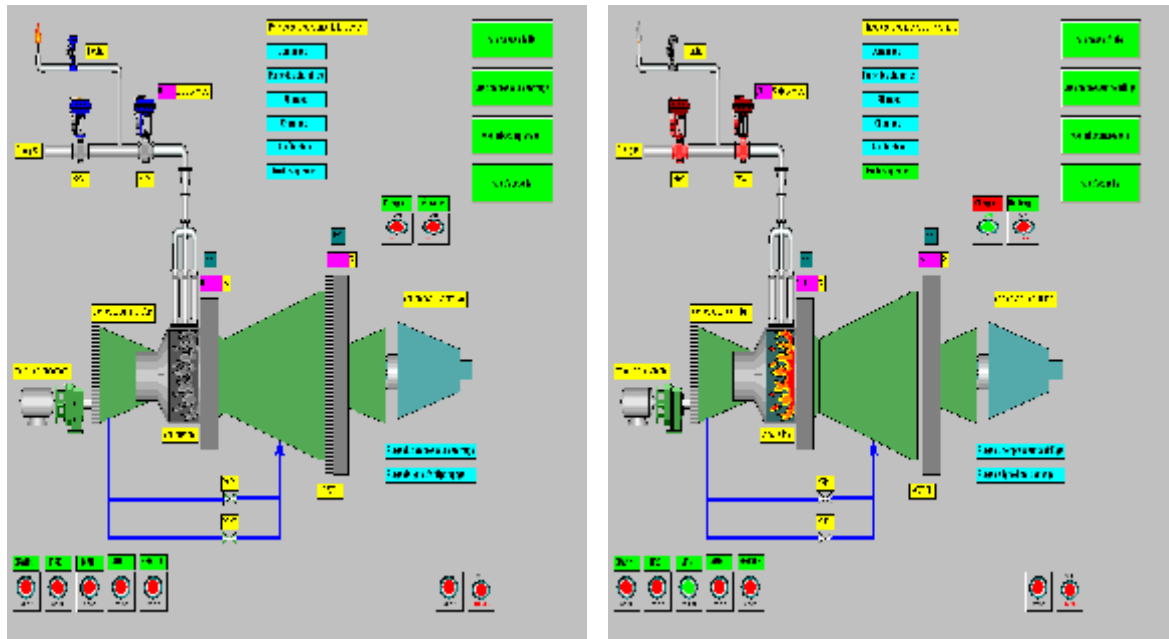
Figure V.2

V.7.2 Vue turbocompresseur

La fenêtre (V.3) présente une vue totale du turbocompresseur avec tous les composants qui interviennent durant son fonctionnement afin de l'amener à l'étape de mise en charge, on voit le moteur de lancement, le compresseur axial d'air, les deux vannes du fuel gaz (SRV et GCV), la vanne de torche, les deux vannes de refroidissement et d'anti pompage du

compresseur axial (VAP1 et VAP2), les roues (HP et BP) et en fin le compresseur centrifuge.

La vue contient aussi des indicateurs qui indiquent dans qu'elle phase le turbocompresseur fonctionne, la position du commutateur 43 qui nous indique l'état ou le mode de fonctionnement de la turbine, un bouton START pour lancer la séquence, un bouton charger pour mettre la turbine en charge avec un autre bouton pour la décharger et un arrêt d'urgence qui arrête tous le système en cas de défaillance.



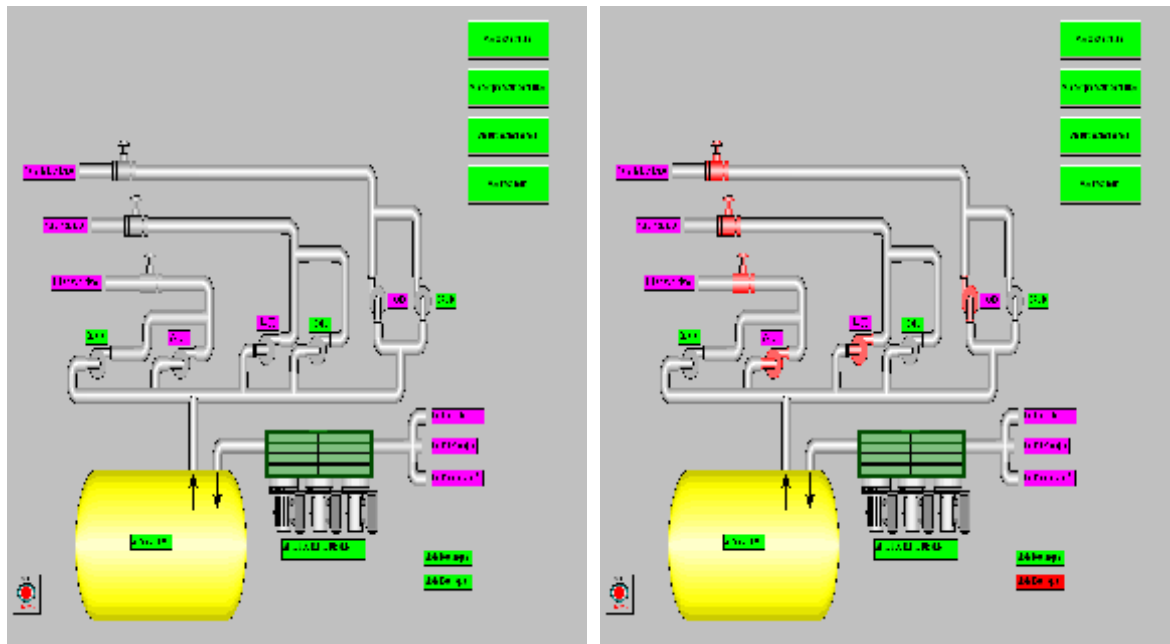
a)avant activation

b) après activation

FIGURE V.3

V.7.3 Vue caisse d'huile

La figure (V.4) met en évidence le système d'huile à circulation forcée à travers ses pompes, les différentes huiles (lubrification, étanchéité et hydraulique), les aeros qui sert à refroidir les huiles avant quelle retournent dans la caisse et en fin deux indicateurs qui indique si c'est les pompes électrique qui sont en marche ou biens c'est les pompes mécanique avec un bouton d'arrêt d'urgence.



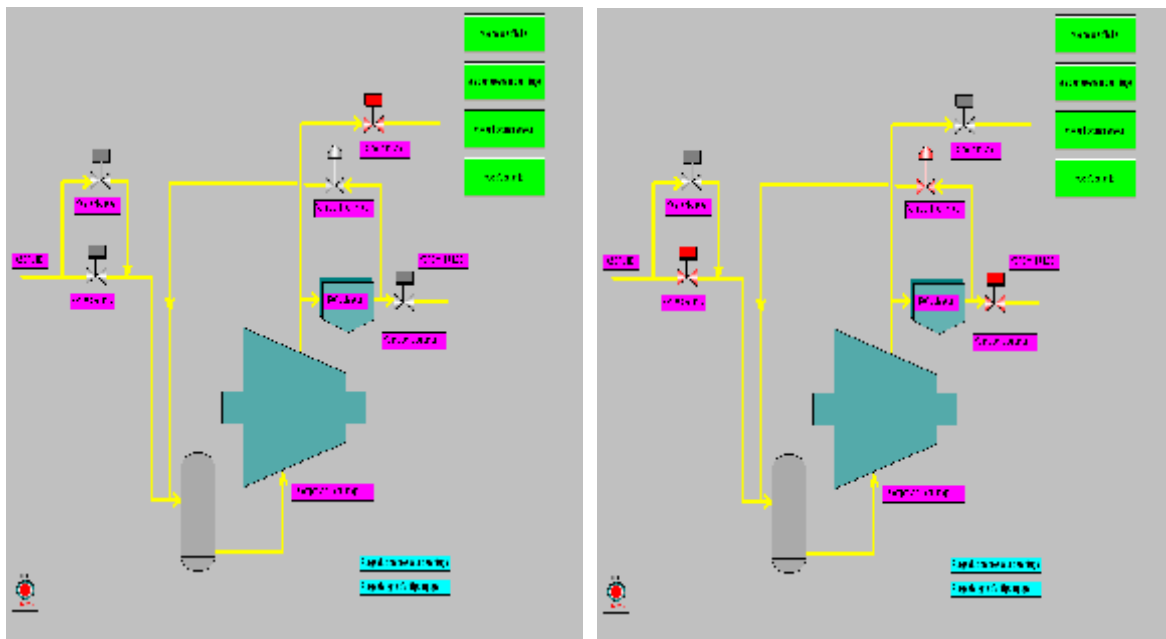
a) avant activation

b) après activation

FIGURE V.4

V.7.4 vue compresseur centrifuge

Dans la vue (V.5) on montre le compresseur centrifuge, la vanne d'aspiration et sa vanne bipasse, le refroidisseur, la vanne d'anti pompage, la vanne de refoulement avec deux indicateurs qui nous informent qu'elle purge se passe.



a)avant activation

b) après activation

FIGURE V.5

Conclusion

Cette modélisation du processus facilite la compréhension du déroulement de la séquence de démarrage et permet d'avoir une idée sur ses phases importantes et cela après l'élaboration des vues permettant le suivi de l'évolution du procédé en temps réel sous le logiciel WINCC superviseur, ce que on va exploiter pour bien interpréter et détailler les différents blocs qui interviennent dans le programme implanté dans le Marck VI.

Introduction

Pour bien maîtriser la partie commande et comprendre les différentes séquences de fonctionnement du turbocompresseur, il faut connaître tous les signaux avec les quelle le logicielle Toolbox fait ses programmes.

Le tableau suivant donne les différents signaux qu'on va rencontrer dans la séquence de lancement, ainsi que leurs significations.

VI.1 Table des signaux [4]

signal	type	valeur	Signification
L28FDA/B/C/D	Bool	/	Les quatre détecteurs de flamme.
FLAME	Bool	/	Deux sur quatre détecteurs de flamme actifs.
WARMUPEN	Bool	/	Détection de flamme validée soit par 2/4 ou 4/4 des détecteurs.
FSKSU_TC	Flaot	1sec	Le temps max pour la validation de la flamme.
FSKSU_WU	Flaot	19%	La consigne de chauffage.
FSKSU_FI	Flaot	25%	La consigne d'allumage.
FSKSU_AR	Flaot	33%	La consigne d'accélération.
FSRDESEL	Flaot	83%	La consigne donnée au FSR pour forcer la décélération (éviter la survitesse de HP).
FSKSU_IM	Flaot	0.3	Pente de la rampe d'accélération.
FSKSU_IA	Flaot	0.05	Pente de la rampe d'accélération.
CQTC	Flaot	0.9 à 1.25	Facteur de correction air/gaz. $FC=C / (A+B)$ ou : A : Température d'entrée (Inlet). B : Température ambiante. C : Température fixée par le constructeur (519°F). S'il y a un défaut dans les deux thermocouples, on lui affecte la valeur 1.
L2WX	Bool	/	Fin de la phase de chauffage.
L2TVX	Bool	/	Fin de la phase de purge.
SD_OVRD	Bool	/	C'est un signal qui est forcé à 1 en cas d'arrêt ou purge ou position CRANK pour ignorer la consigne de commande.
SHUTDOWN	Bool	/	Indicateur de la machine à l'arrêt.
STEP1	Bool	/	L'arbre HP et BP sont à l'arrêt.
START	Bool	/	La commande d'exécution de démarrage. $START = (AB+CB)*D$ ou : A : bouton poussoir START.

			<p>B : Position REMOTE.</p> <p>C : La confirmation de la position REMOTE par le DCS.</p> <p>D : Près pour le START (Ready To Start).</p>
TRIP	Bool	/	<p>Facteurs de déclenchement.</p> <p>TRIP=A+B+C+D+E ou :</p> <p>A : Déclenchement de l'une des alarmes.</p> <p>B : Défaut dans la partie auxiliaire.</p> <p>C : Défaut d'allumage.</p> <p>D : Chute de vitesse de BP.</p> <p>E : Arrêt d'urgence.</p>
STOP	Bool	/	<p>L'arrêt normal de la machine.</p> <p>STOP=A+B+C+D+EF ou :</p> <p>A : Bouton poussoir d'arrêt.</p> <p>B : Arrêt de la partie auxiliaire.</p> <p>C : Demande d'arrêt pendant la séquence de démarrage.</p> <p>D : Défaut dans les vannes de gaz.</p> <p>E : Demande d'arrêt par le DCS.</p> <p>F : Position REMOTE active.</p>
EMRAUXOK	Bool	/	Teste positif de la partie auxiliaire.
K_EMRTST	Flaot	0.5min	Temps max pour le teste de partie auxiliaire.
AUXACTIVEOK	Bool	/	La partie auxiliaire est prête pour la phase suivante.
PROCESSOK (L3RC=1)	Bool	/	Le procès est prêt pour entamer la phase CRANK (Unit Ready To CRANK)
GGATCRANK	Bool	/	Les 20% de vitesse de HP est atteint, entamer la phase de purge.
K_ACC2CRANK	Flaot	2min	Temps max nécessaire pour accélérer la roue HP jusqu'à 20%.
GTPURGEOK	Bool	/	Fin de la phase de purge et prêt pour l'allumage.
K_PURGE	Flaot	2min	Le temps max nécessaire pour la purge.
K_INGLITE	Flaot	1min	Le temps max nécessaire pour la détection de flamme.
FLT2IGNX	Bool	/	Défaut dans la partie auxiliaire pendant l'allumage.
WARMUPOK	Bool	/	Fin de chauffage.
K_WARMUP	Flaot	1min	Le temps max nécessaire pour le chauffage.
REGWARMUPOK	Bool	/	Le compresseur centrifuge (charge) est prêt.
LOADOK	Bool	/	<p>Partie auxiliaire prête pour la mise en charge du compresseur centrifuge.</p> <p>Le régulateur de FSRN de charge est actif.</p>
RELOAD	Bool	/	Possibilité de recharger la machine tant que la vitesse

			de HP>92%. RELOAD= (A+CD). (\overline{BE}) A : bouton start actif. B : bouton stop actif. C : sélecteur sur Remote. D : position Remote accepté par le DCS. E : la vitesse de HP>92%.
UNLOADED (L33CDMIN=1)	Bool	/	Ne pas charger la machine. Si la vitesse de BP est <75% (UNLOADED=1).
L43A	Bool	/	Le sélecteur est sur la position « AUTO ».
L43C	Bool	/	Le sélecteur est sur la position « CRANK ».
L43F	Bool	/	Le sélecteur est sur la position « FIRE ».
L43M	Bool	/	Le sélecteur est sur la position « MANUAL ».
L43R	Bool	/	Le sélecteur est sur la position « REMOTE ».
L14HR	Bool	/	La roue HP est à 0.31% de sa vitesse.
L14HT	Bool	/	La roue HP atteint 8.4% de sa vitesse.
L14HM	Bool	/	La roue HP atteint 20% de sa vitesse.
L14HA	Bool	/	La roue HP atteint 50% de sa vitesse.
L14HC	Bool	/	La roue HP atteint 60% de sa vitesse.
L14HS	Bool	/	La roue HP atteint 92% de sa vitesse.
L14LR	Bool	/	La roue BP est à 0.31% de sa vitesse.
L14LS	Bool	/	La roue BP atteint 45% de sa vitesse.
L3ARS	Bool	/	Partie auxiliaire prête au démarrage.
L3RS	Bool	/	prêt au démarrage.
JUMP2CRANK	Bool	/	Saut vers la position crank. JUMP2CRANK= $\overline{A} \overline{B}$ A : sélecteur sur position 'OFF'. B : sélecteur sur position 'REMOTE'.

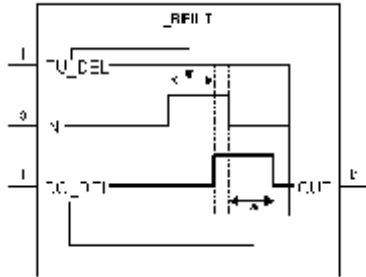
VI.2 Définition des blocs. [5]

Les différents blocs utilisés dans les différents programmes sont les suivant :

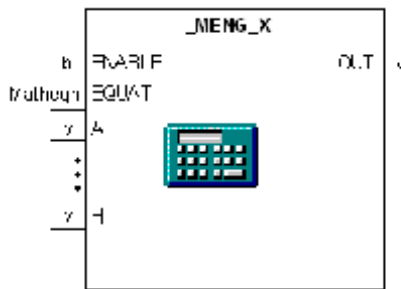
OR : porte logique (OU).

AND : porte logique(ET).

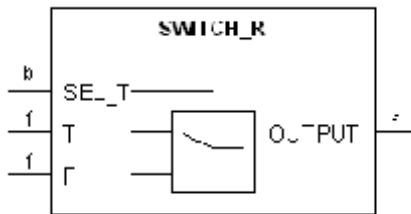
BIFILT : c'est un bloc qui détecte les fronts montant/descendant des signaux carrés (logique).



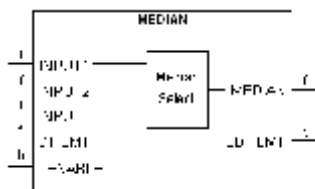
MENG_F : c'est un bloc de calcul mathématique qui traite différentes équation mathématique (addition, multiplication, valeur absolue, ...).



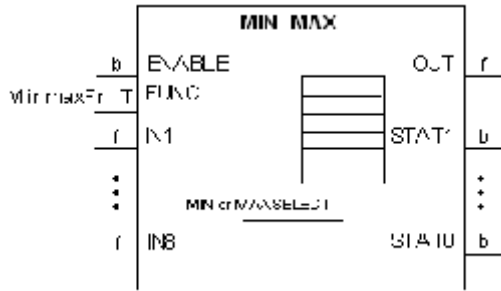
SWICH_R : c'est un bloc de sélection. La sélection de l'entrée se fait suivant l'état du signal SEL_T.



MEDIAN : ce bloc sélectionne la valeur médiane parmi les trois entrées.



MIN_MAX : ce bloc affecte le minimum ou le maximum des entées vers la sortie.



INTERP : Ce bloc produit d'une fonction d'ENTRÉE dans la sortie par interpolation linéaire. Le $x[n]$ de table d'argument est recherché en utilisant l'entrée comme clef. La sortie est alors calculé à partir du $y[n]$ de table de fonction employant l'index de recherche de la table d'argument et l'interpolant entre les valeurs. La pente de sortie (m) est calculée.

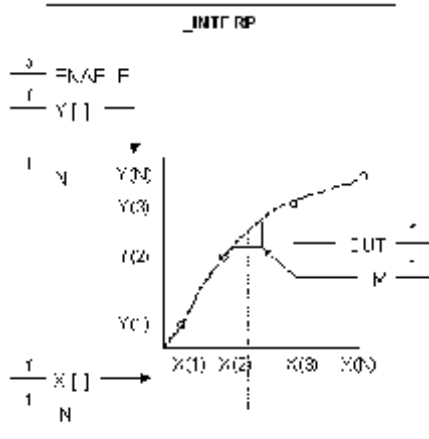
$$\text{Sortie} = y[i] + ((y [i+1] - y[i]) * ((\text{ENTRÉE} - x[i]) / (x [i+1] - x[i])))$$

Là où I est l'index résultant de la recherche dichotomique de la table d'argument. La taille de table doit être supérieure ou égal à 2.

La sortie est maintenue au premier ou dernier élément dans la table de fonction si l'entrée n'est pas dans la marge des éléments de table d'argument. La pente m est calculée comme suit quand l'ENTRÉE est dans les limites de la table d'argument :

$$M = \frac{Y (i+1) - y(i)}{x (i+1) - x(i)}$$

Autrement m est défini pour être la pente d'une ligne entre l'élément de point final de table de fonction le plus proche et l'élément à côté de lui.

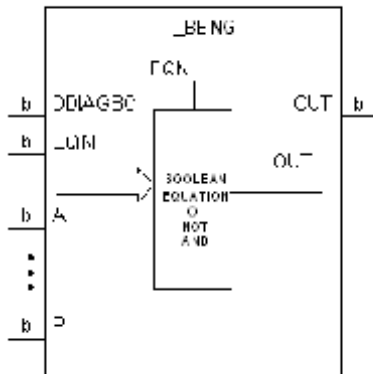


BENG : c'est un bloc de résolution des équations logiques booléennes de jusqu'à 16 entrées booléennes, plaçant le résultat dans la variable de rendement. Les opérateurs suivants sont soutenus :

NOT ~

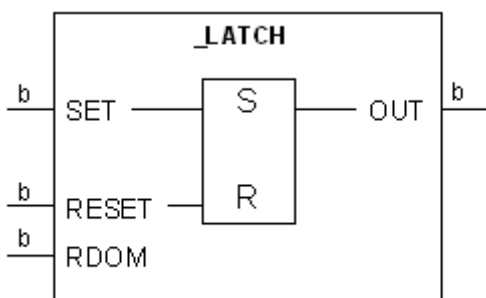
AND *

OR +



LATCH : c'est une bascule qui fonctionne suivant la table de vérité suivante.

RDOM	SET(t)	RESET(t)	OUT(t)	OUT(t+1)
X	0	0	0	0
X	0	0	1	1
X	0	1	0	0
X	0	1	1	0
X	1	0	0	1
X	1	0	1	1
1	1	1	X	0
0	1	1	X	1

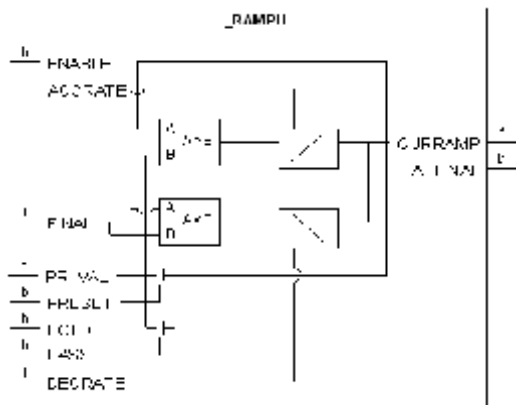


RAMPH : ce bloc fait l'incrémentation ou la décrémentation de la valeur actuelle (CURRAMP) vers une valeur finale (final) tend que le signal HOLD est faux suivant deux rampe différentes, une pour l'incrémentation (ACCRATE) et l'autre pour la décrémentation (DECRATE).

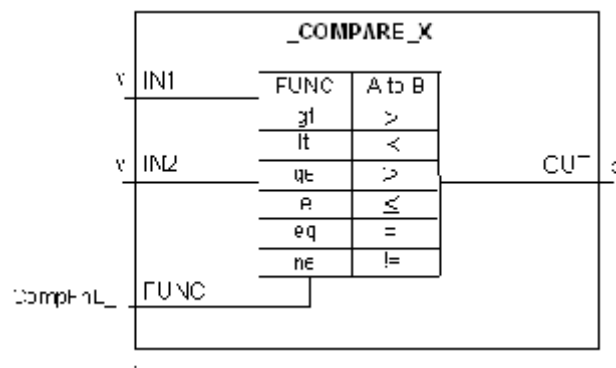
L'incrémentation ou la décrémentation se fait en comparant le signal (FINAL) avec le signal actuelle (CURRAMP).

Si : CURRAMP < FINAL → Incrémentation.

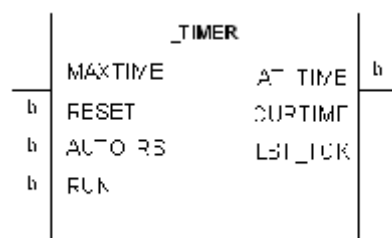
Si : CURRAMP > FINAL → décrémentation.



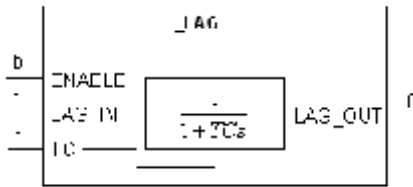
COMPARE_X : ce bloc fait la comparaison entre deux entées.



TIMER : il permet l'exécution d'une opération après une temporisation bien définit.



LAG : C'est un bloc qui filtre les entrées à l'aide d'une fonction de transfert du 1er ordre.



Régulateur PID : ce bloc est un régulateur, il possède 14 entrées et 7 sorties.

Les entrées :

MAXVal : c'est la valeur maximale d'entrée.

MINVal : c'est la valeur minimale d'entrée.

[DbNeg-DbPos] : c'est une bande morte, le régulateur n'intervient pas dans cet intervalle.

PV : c'est la mesure réelle.

SP : c'est le point de consigne.

PG : gain du régulateur.

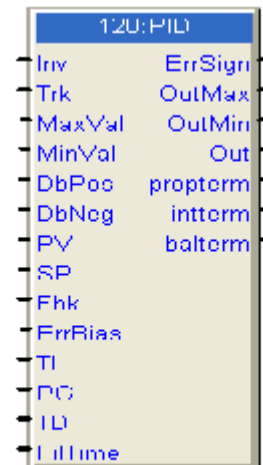
Fbk : c'est la valeur du Feedback.

ErrBias : c'est une valeur qu'on peut ajouter la sortie.

TI: c'est la constante d'intégration.

TD : constante de dérivation.

Les sorties : généralement dans les sorties, on utilise le Out.



VI.3 Signaux de commande de combustible (FSR) de la séquence de démarrage

Durant le fonctionnement de la machine, elle passe par plusieurs régulations des différents FSR, le minimum de ces FSR prend la main sur le contrôle de la machine. [5]

Le bloc suivant montre la façon du choix du FSR.

La sortie de ce bloc représente le feed-back commun des différents régulateurs qui calculent l'écart entre chaque valeur mesurée (PV) du FSR et son point de consigne (SP).

L'écart=SP-PV

SP : point de consigne.

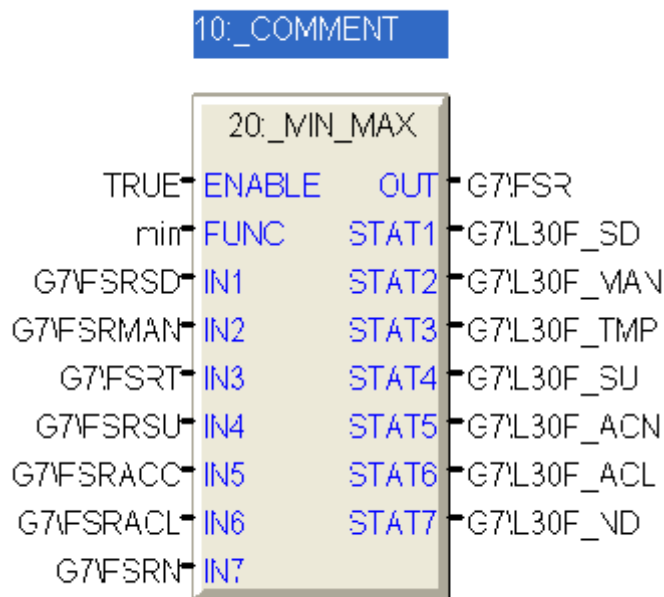
PV : mesure réelle (feedback)

PG : gain de régulation

FSR = (SP-PV) PG.

C'est le régulateur qui possède un écart négatif à qui on affecte la valeur minimum de FSR pour prendre la main sur le contrôle de la machine. [7]

FSR MINIMUM SELECTOR



Les types FSR d'entrées et leurs significations sont détaillé dans le tableau suivant :

types FSR d'entrées	significations
FSRT	Régulateur de FSR température
FSRN	Régulateur de FSR de charge
FSRACC	Régulateur de FSR d'accélération de vitesse de HP
FSRSU	Régulateur de FSR de séquence de démarrage (start up)
FSRSD	Régulateur de FSR d'arrêt de la machine (shut down)
FSRMAN	Régulateur de FSR de la valeur manuelle
FSRACL	Régulateur de FSR d'accélération de la vitesse de LP

Pendant la séquence de démarrage, le signal de FSR chevauche entre FSRSU, FSRACC et FSRN. [5]

VI.3.1) FSRSU

C'est le signal fournit au début de la séquence de démarrage et qui passe par plusieurs niveaux durant sa progression, mais il peut a tous moment perdre la main quand l'un des autre FSR atteint la valeur minimum.

Les différent niveaux critique du FSRSU. [5]

La séquence de démarrage fonctionne en tant que régulation en boucle d'asservissement utilisant des niveaux prédéfinis du signal de commande de combustible(FSR).

Les niveaux du FSRSU sont: "ZERO", "FEU", "CHAUFFAGE", "ACCELERATION" et "MAX".

Le niveau '**ZERO**' du signal de commande de combustible est indiqué lorsque la machine est à l'arrêt ce qui veut dire que la vitesse de HP est nulle (L14HR=1).

A 20% de la vitesse de HP (L14HM=1), la phase de purge des chambres de combustions s'active et elle dure 90sec.

Le niveau '**FEU**' est indiqué à la fin de la phase de purge (L2TVX) et quand la phase d'allumage est effectuée (HP atteint les 25% de sa vitesse maximale).

Après la phase d'allumage, vient la phase de 'CHAUFFAGE' qui sera accompagnée par un niveau de FSR inférieure a ce lui de la phase précédente pour éviter les contraintes mécaniques.

Ce niveau est assuré par l'ouverture de vanne de gaz (GCV) à 15% alors qu'elle était ouverte à 19%.

Cette consigne ne sera valide qu'après la fin de purge (L2TVX) et la confirmation d'allumage (L28FD).

Remarque :

Le pourcentage d'ouverture de la GCV diffère d'une machine à une autre.

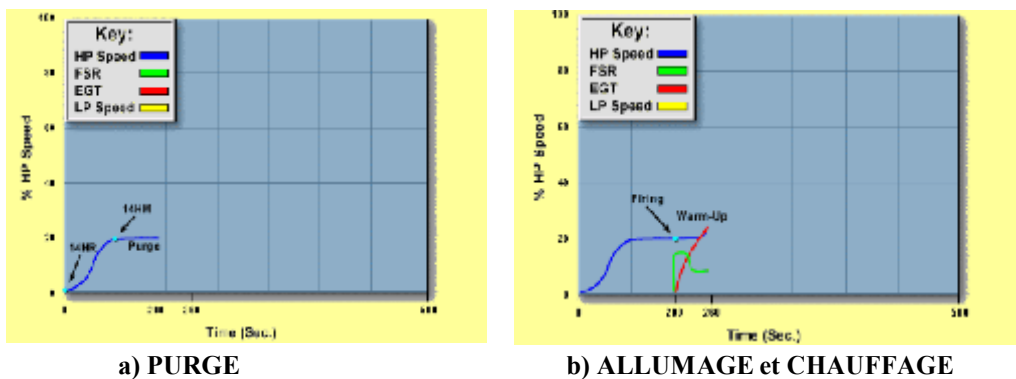


Figure VI.1

Après l'écoulement des 60sec de chauffage qui sera indiqué par le signale (L2WX), la phase d'accélération s'active.

Au environ 38% de la vitesse de HP, la roue BP se met à tourner(L14LR).

Quand HP atteint 60% (L14HA activé) elle devient autonome et provoque le désaccouplement du moteur de lancement.

Après avoir l'autonomie de la machine, il faut poursuivre la séquence de démarrage jusqu'à ce qu'elle soit prête pour la mise en charge ce qui signifie les 92% de vitesse de HP et 75% de la vitesse de BP (fin de séquence indiqué par le signal L14HS).

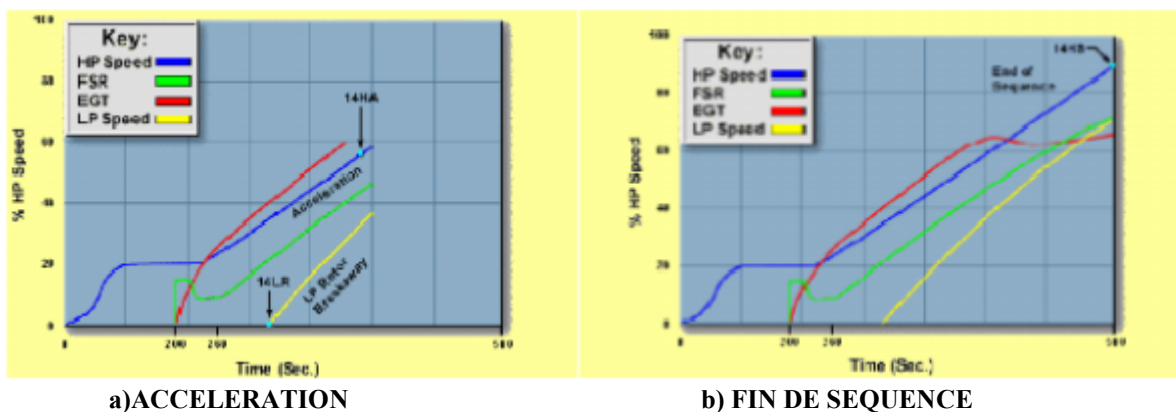


Figure VI.2

Entre la phase d'accélération et la phase de fin de séquence, la machine risque d'aller en survitesse et pour éviter cela on applique une consigne importante d'ouverture de la vanne de gaz (GCV) pour donner la main au régulateur du débit du fuel gaz et les nozzles afin de maintenir la vitesse de fonctionnement constante.

Les signaux FSR de régulation de démarrage qui sont générés par le logiciel de démarrage de régulation SPEEDTRONIC fonctionnent à travers le portillon à valeur minimale pour assurer que les autres fonctions de régulation peuvent limiter le FSR en fonction des besoins.

La séquence qui nous donne le FSRSU nécessaire pour le démarrage de la machine est la suivante :

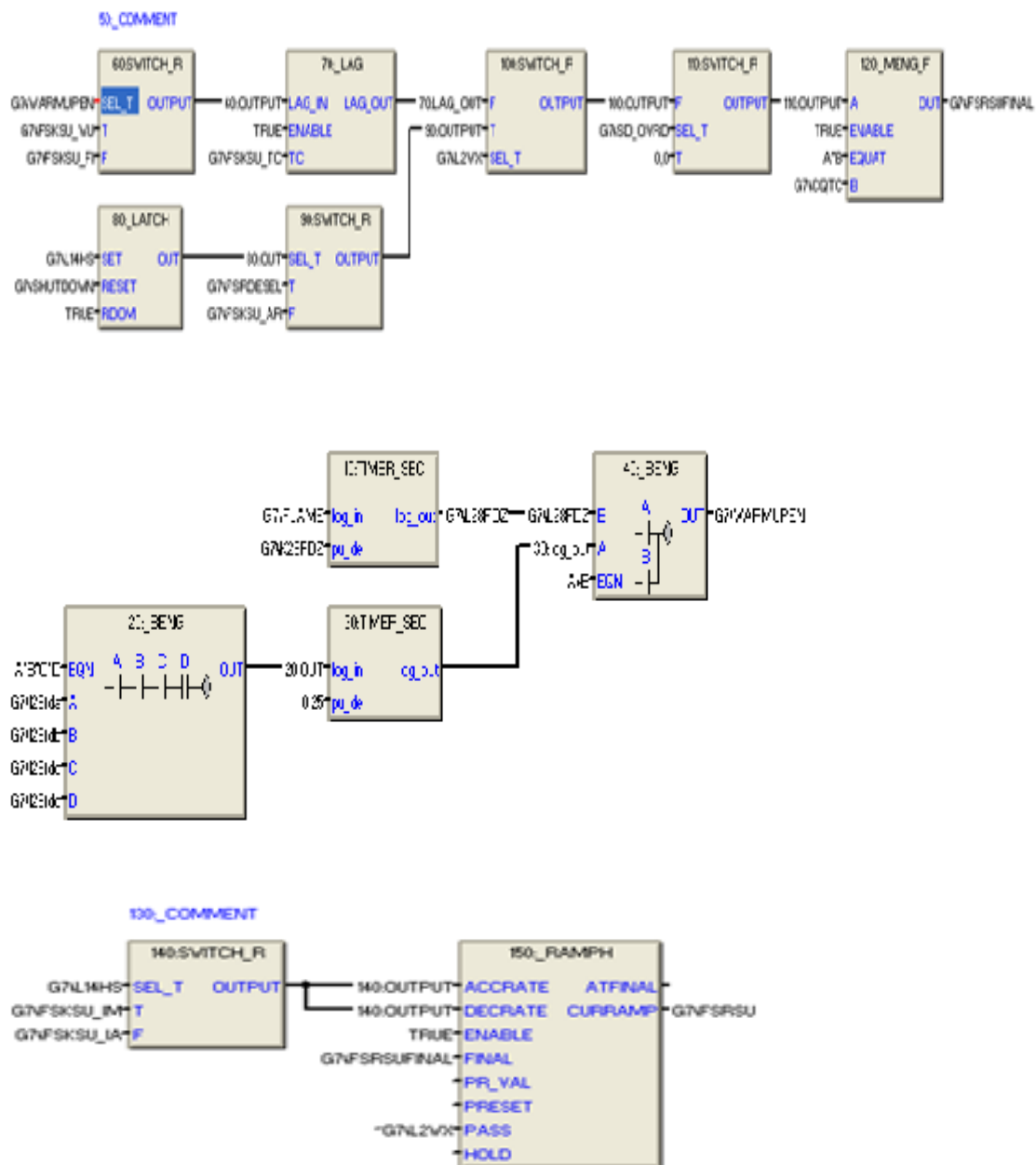


Figure VI.3 : séquence FSRSU

Explication des différents blocs de la séquence de FRSU

La séquence du FRSU peut se résumer dans le tableau suivant :

ENTREES DE LA SEQUENCE				NIVEAUX DE FRSU (CONSTANTES)				RAMPES (CONSTANTES)		FRSU
SD_OVRD	WAR MUPE N	L2W X	L14H S	FSK SU_WU	FSKSU_FI	FSKS U_AR	FSKD ESEL	FSKS U_IM	FSKS U_IA	FSR
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	25%
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	19%
0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	33%
0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	83%

VI.3.2) FSRACC

La régulation de l'accélération compare la valeur actuelle du signal de vitesse (PV) avec la valeur au dernier moment d'échantillonnage (SP). La différence entre ces deux chiffres est une mesure de l'accélération (SP-PV).

Si l'accélération actuelle (PV) est supérieure à la référence d'accélération (FSR-fbk), FSRACC est réduit, ce qui réduit le FSR et, en conséquence, le combustible de la turbine à gaz.

Pendant le démarrage, la référence de l'accélération est une fonction de la vitesse de la turbine, la régulation de l'accélération reprend en général à partir de la régulation de vitesse peu après la période de chauffage et amène l'unité en vitesse.

A la "Séquence terminé", qui est normalement l'excitation de 14HS, la référence d'accélération est une Constante de régulation, normalement 1% vitesse/seconde.

Le régulateur spécifié pour la régulation et la surveillance du FSRACC est le régulateur 120 : PID qui possède 7 entrées qu'on va développer ci –après.

1. **TI** : c'est la constante d'intégration, elle est égale à zéro.
2. **Fbk** : c'est la valeur du feedback.
3. **MAXVal** : c'est la valeur maximum du FSR feedback.

4. **MINVal** : c'est la valeur minimum du FSR feedback.

5. **PG** : il représente le gain du régulateur, il égale à :

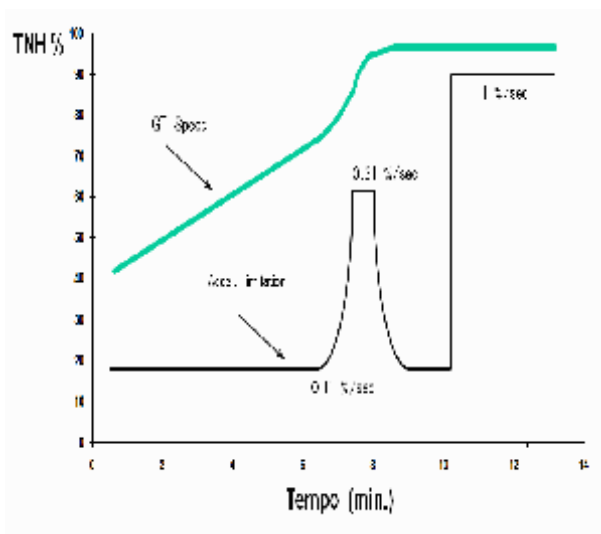
- 0,4 : si le régulateur est sélectionné.
- 2 : si le régulateur n'est pas sélectionné.

6. **PV** : C'est la valeur réelle de l'accélération en %/sec, elle est obtenue par le rapport de A/B ou :

- A : accélération de l'arbre HP en tr/sec.
- B : coefficient de conversion tr/sec en %/sec.

7. **SP (TNHAR)** : C'est le point de consigne de l'accélération en %/sec, il dépend de l'état transitoire et permanent de la machine.

- Si la machine est dans le régime transitoire, sa vitesse change, et pour chaque point de vitesse, le régulateur calcule l'accélération correspondante à l'aide du bloc 50 : _INTERP, qui est un bloc d'interpolation, comme le montre le tableau suivant :



Points de calculs	Vitesse de HP[X] %	Pente de la rampe d'accélération de HP correspondante [Y]
1	40	0,11
2	50	0,11
3	75	0,31
4	95	0,31
5	100	0,1

Figure VI.3: pentes de la rampe d'accélération

Remarque

- Si la vitesse de HP appartient à l'intervalle [50%-75%], ce qui signifie que la turbine traverse une phase critique qui est la phase du désaccouplement du moteur de lancement, donc la turbine a besoin d'une accélération supérieure à celle assurée par le FSRSU, c'est à ce moment là que le FSRACC prend la main.

La valeur de la nouvelle rampe d'accélération correspondante à cette vitesse sera calculé par le bloc 50 :-INTER qui donne une constante qui appartiendra à l'intervalle [0,11-0,31].

- Si la vitesse de HP appartient à l'intervalle [75%-100%], la turbine passe par une autre phase critique, celle du passage du régime transitoire vers le régime permanent à 92%, dans ce stade il y a deux manières de calculer l'accélération :
 - ❖ Si la vitesse varie au environ des 92%, l'accélération suit une rampe dont sa pente est calculé par le bloc 50 :-INTER et qui appartiendra à l'intervalle [0,1-0,31].
 - ❖ Si les 92% de vitesse de HP sont maintenues pendant 20sec, ce qui signifie que le régime permanent est établi et que la phase d'accélération est fini, le point de consigne d'accélération de l'arbre HP sera égale à 1%/sec pour avoir un écart négatif pour que ce régulateur prend toujours la main sur le contrôle de la machine.

La séquence qui nous donne le FSRACC est la suivante :

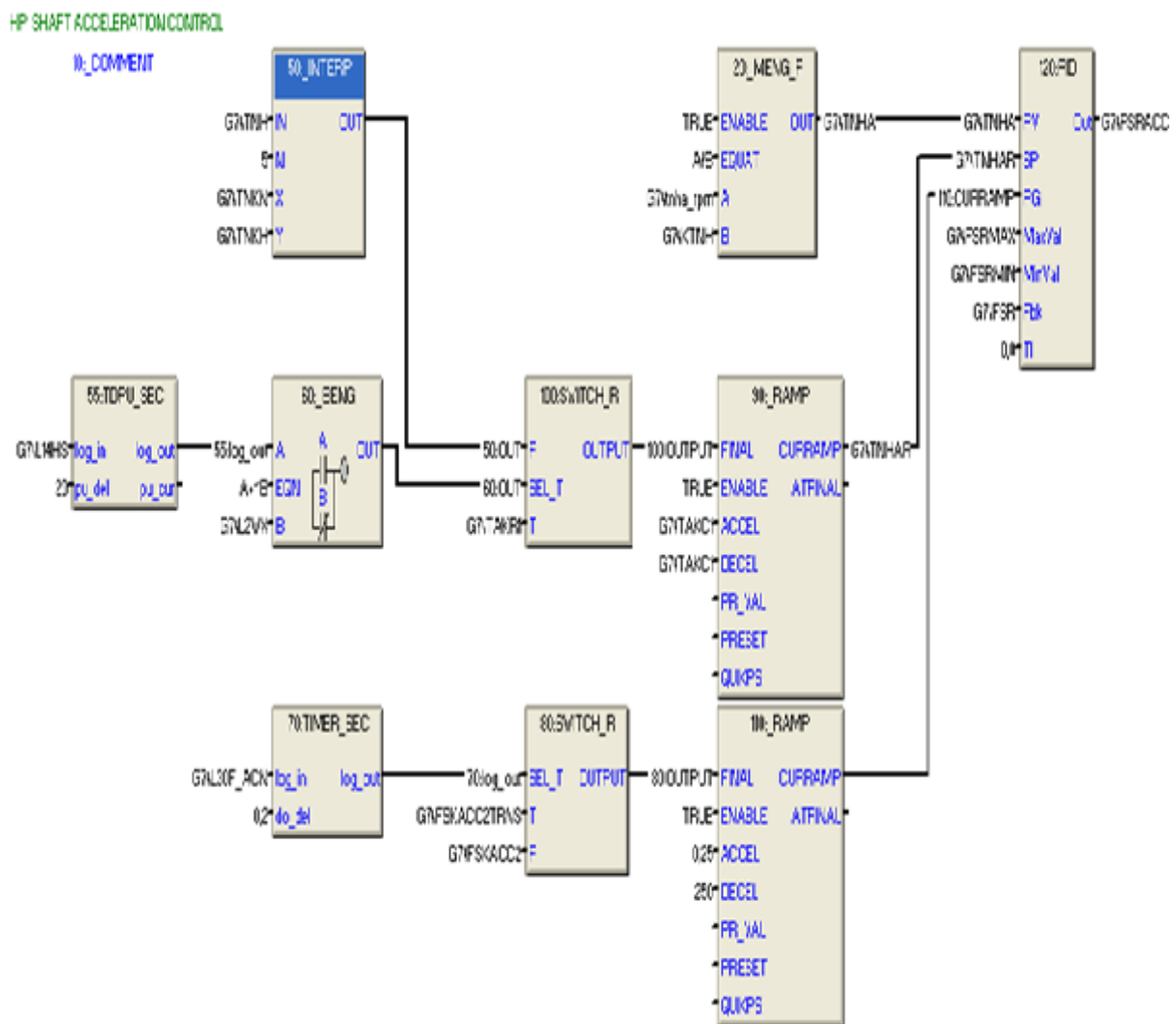


Figure VI.4 : séquence FSRACC

VI.3.3) FSRN

Après la fin de la phase d'accélération, la machine sera prête a la mise en charge, la vitesse réelle (mesurée) de l'arbre BP sera supérieur à 75%, donc elle dépasse la consigne, de là on aura un écart négative, ce qui implique que c'est le FSRN qui prend le contrôle de la machine.

L'écart=SP-PV<0.

La séquence suivante montre l'obtention du FSRN.

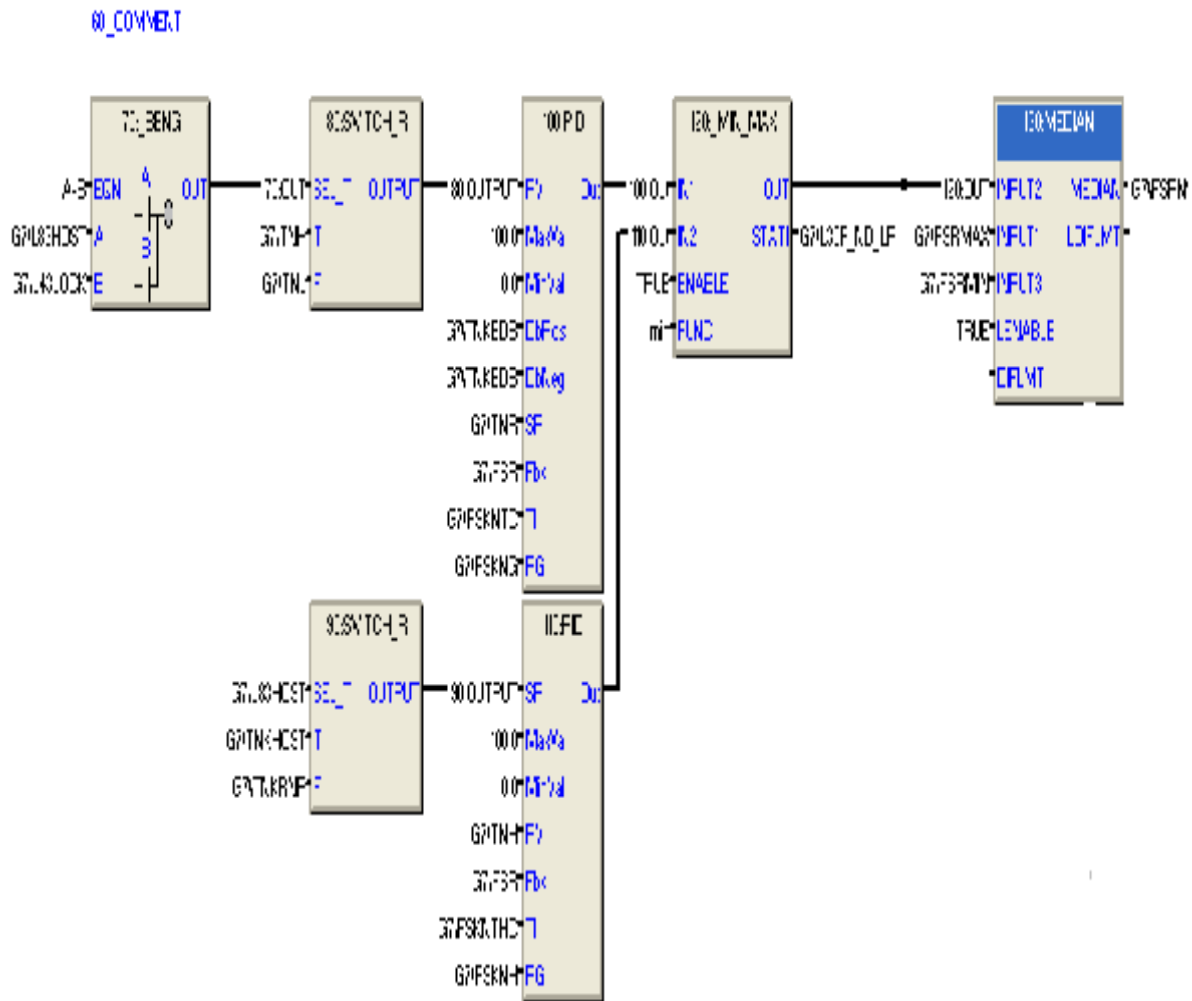


Figure VI.5 : séquence FSRN

La valeur du FSRN est obtenue à l'aide des deux régulateurs PID, l'un contrôle la vitesse de HP et l'autre la vitesse de BP.

Si la machine n'est pas en teste, le SEL-T des deux blocs 80 : SWITCH-R et 90 : SWITCH-R sera égal à zéro, alors c'est la valeur de F qui sont affectées en sortie.

1) régulateur de vitesse HP (110 : PID) :

-Le point de consigne de ce régulateur est la valeur de référence de la vitesse HP %, ce régulateur calcule l'écart entre le point de consigne (SP) et la valeur réelle de vitesse de HP (PV), et affecte une sortie dont son équation est :

$$(SP-PV) * PG + FSRFbk * (1/1+TI*P).$$

Avec : TI=2,5sec.

$$PG=12,5.$$

$$SP=104\%.$$

2) régulateur de vitesse BP (100 : PID).

Ce régulateur est validé par la sortie du bloc 80 : SWITCH-R qui est la vitesse réelle (PV) de la roue BP.

Avec : TI=2,5sec.

$$PG=12,5.$$

$$75\% < SP < 113,5\%.$$

La sortie de ce régulateur est donné par l'équation suivante :

$$(SP-PV) * PG + FSRFbk * (1/1+TI*P).$$

Les deux sorties de ces régulateurs sont affectées à l'entrée du bloc 120 : -MIN-MAX, qui donne en sortie le minimum de ces deux entrées (FSRrég).

Cette sortie attaque le bloc 130 : MEDIAN qui donne une sortie qui varie comme suite :

Si :

- $FSRMIN < FSRrég < FSRMAX$ —————> $FSRN=FSRrég.$
- $FSRrég < FSRMIN$ —————> $FSRN=FSRMIN.$
- $FSRMAX < FSRrég$ —————> $FSRN=FSRMAX.$

Et en fin de séquence, on aura le FSRN correspondant à la mis en charge de la machine.

Le tableau et le schéma suivant résument, les différentes régulations des FSR et montre la façon de sélectionné la valeur minimum de ces FSR qui prendra la main sur le contrôle de la machine.

FSR	Signaux	Explication
FSRACC	SP=TNHR. PV=TNHA. PG	TNHR c'est le résultat de calcul du bloc d'interpolation en %/sec. TNHA c'est l'accélération réelle de la roue HP en %/sec. PG c'est le gain du régulateur = $\begin{cases} 0.4 & \text{si le régulateur est actif.} \\ 2 & \text{sinon.} \end{cases}$
FSRN	PV1=TNL. SP1=TNR. SP2=TNHR. PV2=TNH.	Vitesse réelle de la roue BP en %. Point de consigne en % de la roue BP en charge entre [75% 113.5%]. Point de référence de dépassement de la roue HP=104%. La vitesse réelle de la roue HP en %.

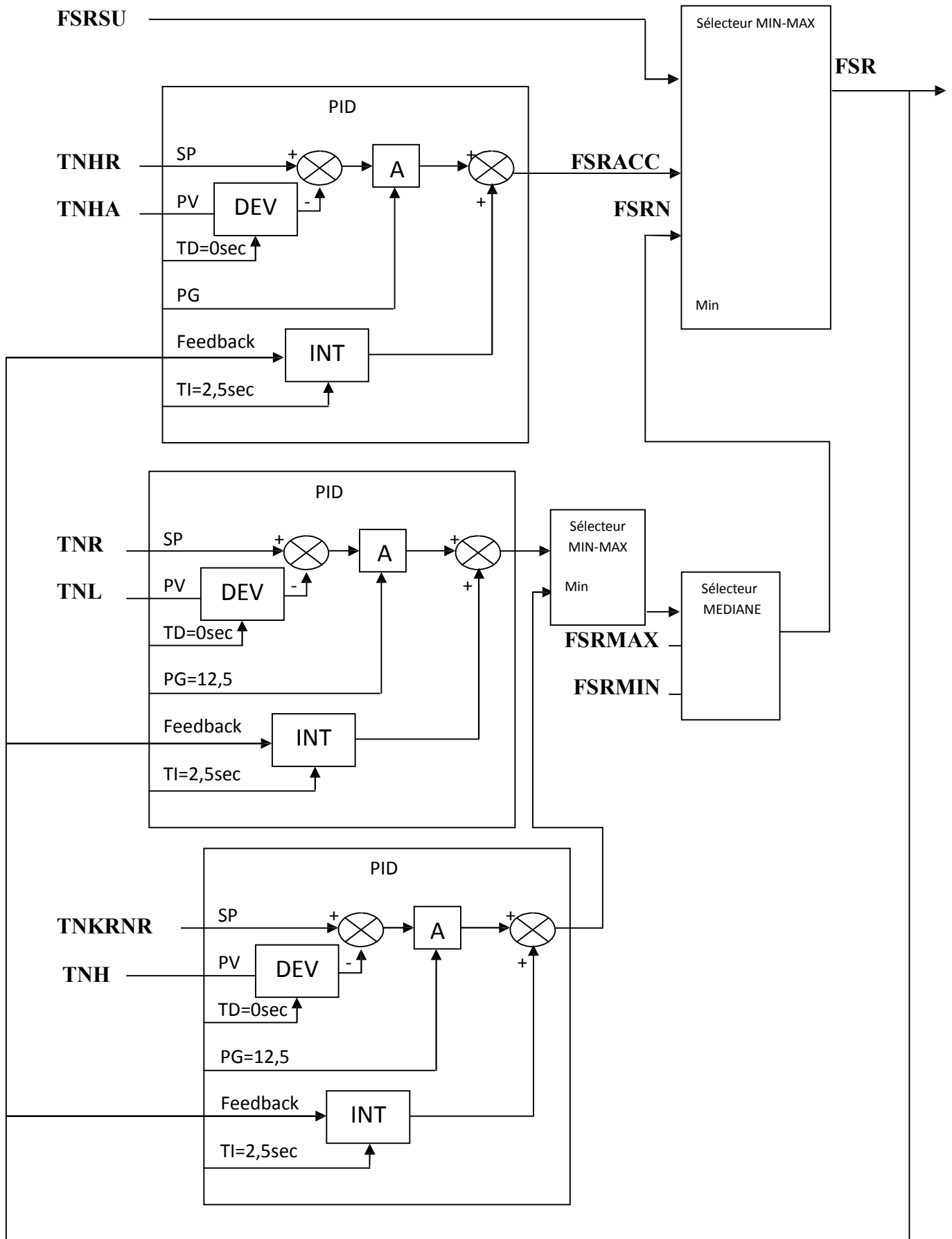


Figure VI.6 : schéma représentatif du choit du FSRMI

VI.4 Visualisation des variations des FRSRU, FSRACC, FSRN et FSRMIN durant la séquence de démarrage en fonction du temps

La figure suivante nous montre les variations des signaux (FRSRU, FSRACC, FSRN et FSRMIN) de la séquence de démarrage en fonction du temps.

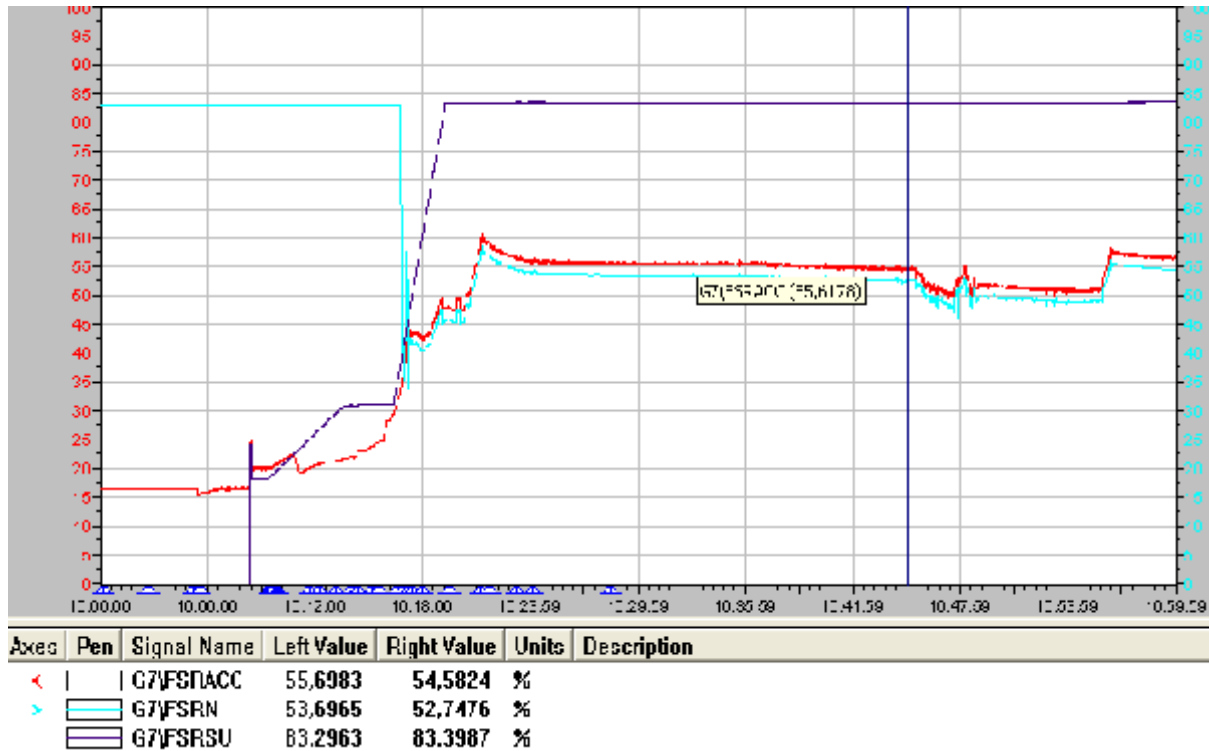


Figure VI.7 : Variation des signaux du FSR durant la séquence de démarrage. [4]

VI.5 Système de régulation du gaz combustible

La séquence de démarrage se base sur la surveillance des différents niveaux du FSR, pour le contrôle de l'ouverture de la vanne de gaz GCV qui fournit le débit nécessaire du fuel gaz à chaque étape de la séquence.

Le schéma suivant englobe le parcours de l'information de commande calculé et corrigé par les différents blocs et régulateurs PID implanté dans l'automate programmable MARCK VI, plus exactement dans la carte UCVE qui donne un point de consigne à la carte (VSVO) à travers une autre carte (VCM1) qui fait la communication entre elles.

La carte VSVO contient un régulateur numérique qui fait l'asservissement de la vanne de gaz GCV et lui donne une position qui est mesurée par un transformateur-comparateur différentielle variable (LVDT).

La VSVO convertit la sortie numérique mesurée en une grandeur physique pour pouvoir attaquer la servo-vanne qui commande un vérin hydraulique simple effet retour à ressort qui contrôle l'accès du fuel gaz vers les chambres de combustion.

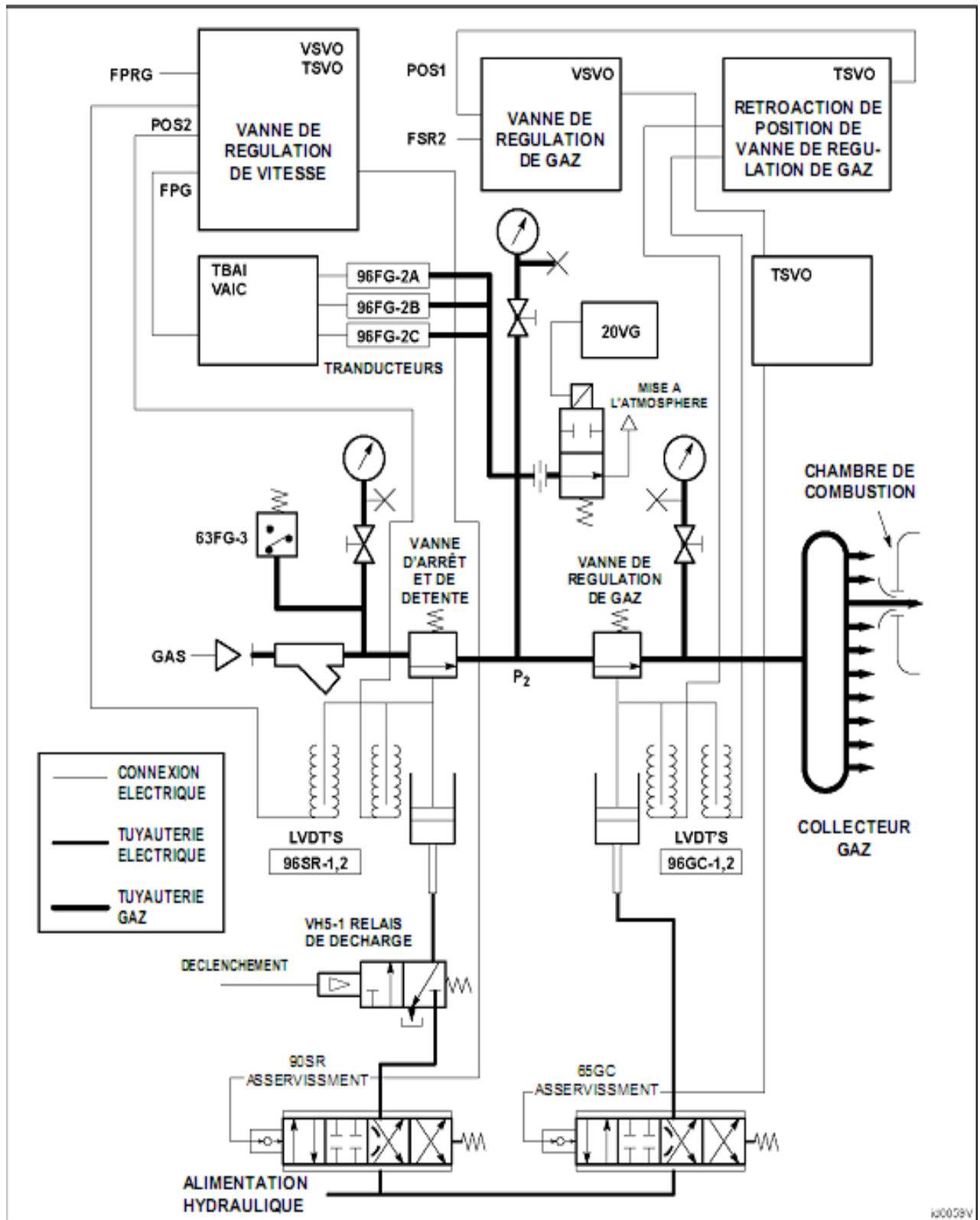
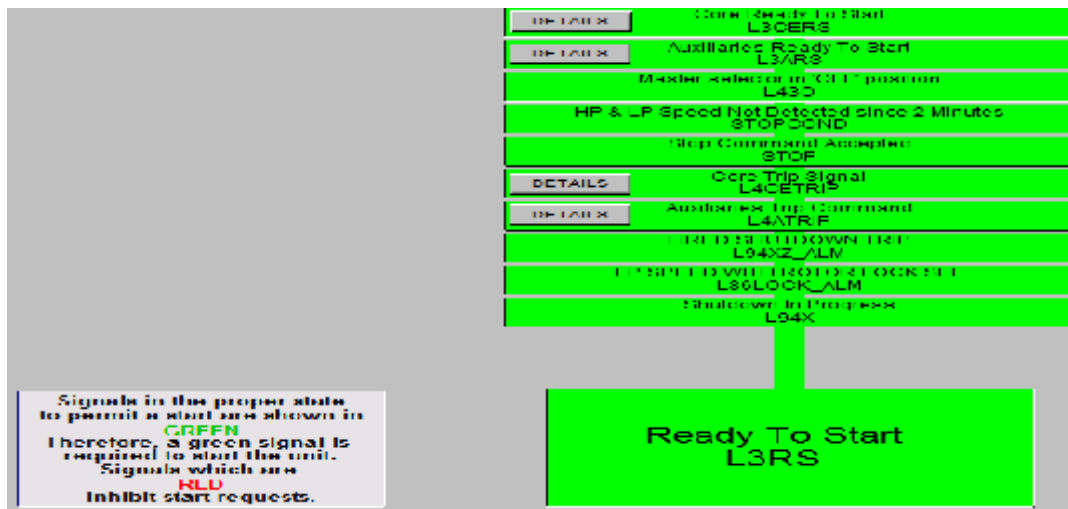


Figure VI.8 : Système de régulation de gaz combustible

VI.6 Séquence de démarrage

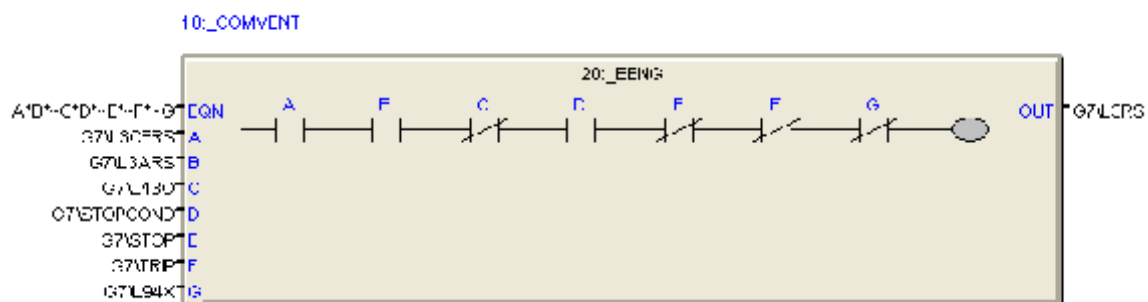
Après la compréhension de la séquence d'ajustement du fuel gaz dans les chambres de combustion à partir de la GCV, qui joue un rôle très important dans la séquence de démarrage, on passe à l'explication détaillée de tous les NODES qui forment son programme.

Avant de lancer la séquence par le sélecteur START, les opérateurs doivent vérifier que le pré au démarrage assuré et cela en ayant la figure suivante sur les écrans de la salle de contrôle.



Côté programme

READY TO START



Interprétation du bloc

A : Corre prêt pour le lancement.

E Commande de STOP.

B : Partie auxiliaire prête.

F : Déclanchement.

C : Sélecteur OFF

G : L'arrêt de la turbine est en cours

D : Roues BP et HP à l'arrêt.

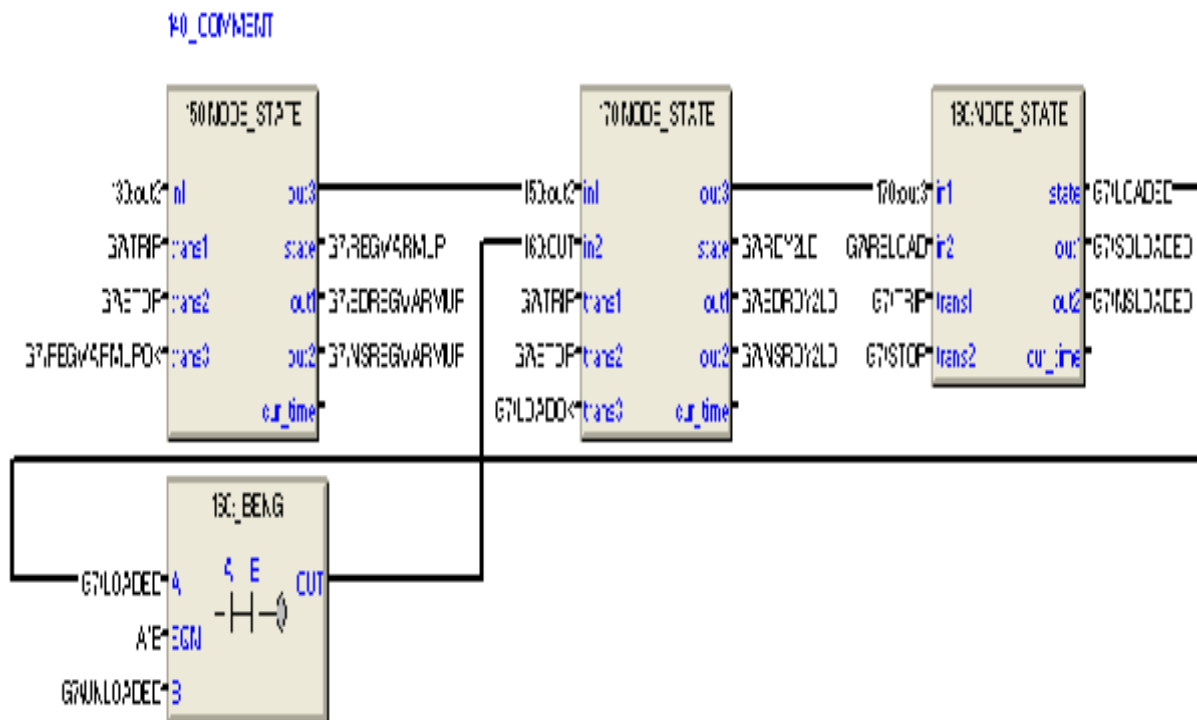
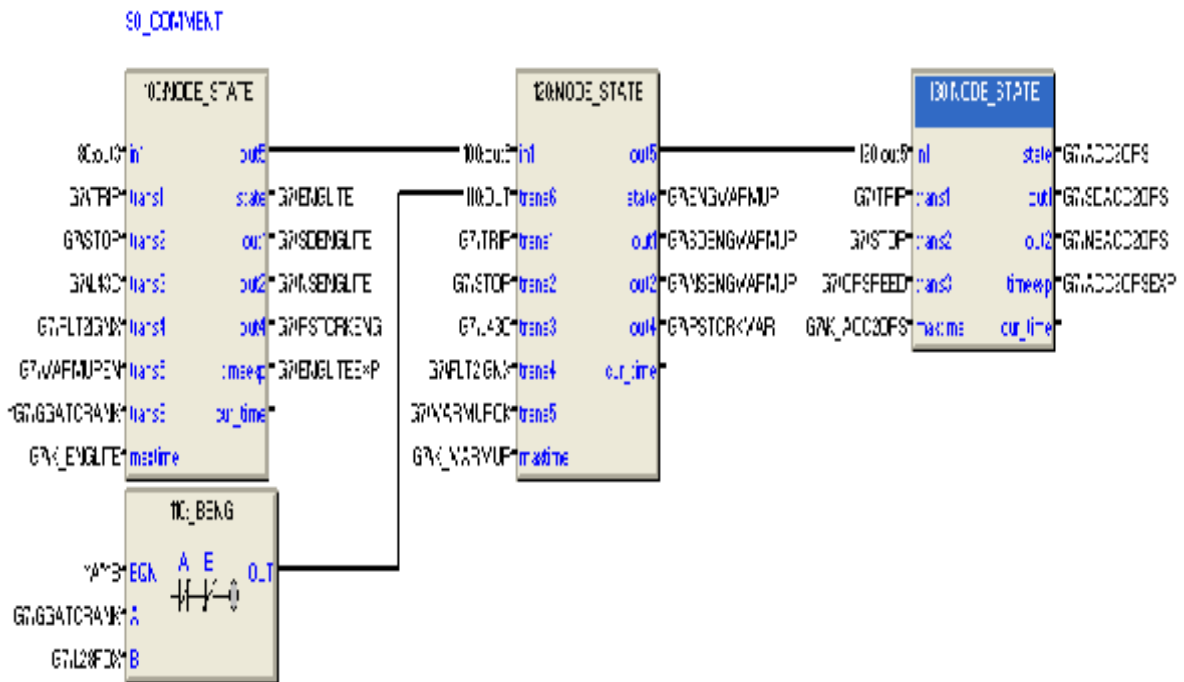


Figure VI.9 : séquence STARTUP. [4]

Interprétation des blocs

Dans tous les blocs suivant si :

‘trans1=1’ ce qui signifie la présence d’un facteur de déclenchement ou ‘trans2=1’ ce qui signifie une demande d’arrêt sont actifs, alors ils provoquent un arrêt immédiat de la machine car ils ont la priorité par rapport aux autres signaux d’entrées.

Pour bien expliquer la séquence normale de lancement du début vers la fin, on suppose l’absence de ces deux cas.

Bloc 1(20 : NODE_STATE) : ce bloc nous indique l’état de la machine à l’aide de la sortie ‘STATE’.

Si ‘IN1=1’ implique la sortie ‘STATE=1’ : machine à l’arrêt et le bloc est réinitialisé (prêt pour le fonctionnement).

Lorsque ‘trans1=1’ met le ‘STATE’ à 0 et valide la sortie ‘OUT1=1’ qui va activer le bloc suivant.

Bloc2 (30 : NODE_STATE) : La sortie ‘STATE’ de ce bloc qui est activé par ‘IN1=1’ nous indique qu’on est dans la phase de teste de la partie auxiliaire.

Lorsque ‘trans3=1’ (teste positif de la partie auxiliaire) la sortie ‘out3=1’ valide le bloc suivant après l’écoulement de la temporisation qui assure la fin de teste.

Bloc 3(40 : NODE_STATE) : La sortie ‘STATE’ de ce bloc qui est activé par ‘out3’ du bloc précédant qui signifie fin de validation du teste de la partie auxiliaire.

Lorsque ‘trans3=1’ signifie que la partie auxiliaire est prête, possibilité d’entamer la phase suivante en validant le bloc suivant.

Bloc 4(60 : NODE_STATE) : la sortie ‘state=1’ signifie la phase de pressurisation est en cour.

Lorsque ‘trans3=1’ indique la fin de la pressurisation et le démarrage du moteur de lancement puis l’activation du bloc suivant.

Bloc 5(70 : NODE_STATE) : ‘STATE=1’ veut dire que le procès accélère jusqu’à la vitesse de 20% de HP donc la phase de purge des chambres de combustion peut se dérouler.

Si ‘trans3=1’ indique que les 20% sont atteintes, le procès est près pour la purge et valide le bloc suivant.

Bloc 6(80 : NODE_STATE) : ‘STATE=1’ la phase de purge des chambres est en cour.

‘trans3=1’ indique la fin de purge et le prêt pour l’excitation des bougies plus la validation du bloc suivant.

Bloc 7(100 : NODE_STATE) : 'STATE=1' signifie l'ouverture des vannes de gaz et l'excitation des bougies pour produire l'étincèle.

Si :

- 'trans3=1' (sélecteur en position CRANK): refaire la phase de purge.
- 'trans4=1' (défaut d'allumage)
Si le sélecteur est dans la position OFF ou REMOTE, il y aura un déclenchement de la machine.
Sinon elle refait la purge et tente l'allumage (retour vers le 80 : NODE_STATE).
- 'trans6=1' (L14HM : perte des 20% de HP) : provoque un retour vers 80 :NODE_STATE pour réessayer une autre fois la purge puis l'allumage.
- 'trans5=1' (allumage=une flamme est détectée et elle a durée 1min) : validation du bloc suivant.

Bloc 8(120 : NODE_STATE) :'STATE=1' signifie la confirmation de l'allumage et le début de la phase de réchauffage.

Si :

- 'trans3=1(sélecteur en position CRANK) : provoque un retour vers 80 :NODE_STATE pour réessayer une autre fois la purge puis l'allumage.
- 'trans4=1' (défaut d'allumage)
Si le sélecteur est dans la position OFF ou REMOTE, il y aura un déclenchement de la machine.
Sinon elle refait la purge et tente l'allumage (retour vers le 80 : NODE_STATE).
- 'trans6=1' (perte de flamme et des 20% de HP) : provoque un retour vers 80 :NODE_STATE pour réessayer une autre fois la purge puis l'allumage.
- 'trans5=1' (fin de réchauffage qui a durée 1min) : validation du bloc suivant.

Bloc 9(130 : NODE_STATE) :'STATE=1' signifie le début de la phase d'accélération.

Si 'trans3=1' ce que signifie les :

- Les 92% de vitesse de HP.
- Les 75% de vitesse de BP.
- Le régulateur de charge (FSRN) est actif.
- La partie auxiliaire est prête à être chargé.

Alors la phase d'accélération est achevée et le bloc suivant sera valide.

Remarque : si la phase d'accélération prend plus de 10min, elle provoque un déclenchement de la machine.

Bloc 10(150 : NODE_STATE) : ce bloc est utilisé dans le cas ou la charge est un générateur, pour le cas d'un compresseur, il est toujours forcé a 1 et il valide le bloc suivant

Bloc 11(170 : NODE_STATE) : 'STATE=1' si :

- 'In1=1' : sortie du bloc précédant.
- 'In2=1' : sortie du bloc 160 : BENG, son équation=AB
 - A : la machine en charge.
 - B : décélération de la machine, il est =0 tant que la vitesse de BP>75%.

Donc si 'state=1' indique que la machine est prête pour la mise en charge

Bloc 12(180 : NODE_STATE) : 'STATE=1' signifie que la **machine est en charge** si :

- In1=1 : sortie du bloc précédant
Ou :
- In2=1 (recharger), son équation est : $(A+CD) (\overline{BE})$.
 - A : bouton start actif.
 - B : bouton stop actif.
 - C : sélecteur en 'REMOTE' position.
 - D : position 'REMOTE' accepté par le DCS.
 - E : la vitesse de HP est à 92% ou plus.

Conclusion

Dans ce chapitre, on a essayé de développer le déroulement de la séquence de démarrage en étudiant et en interprétant les différents blocs qui interviennent, en se basant sur l'explication des signaux et de la façon de retourner à leurs origines.

Conclusion générale

Nous avons fait notre mise en situation professionnelle dans la station de compression qui appartient au champ de Hassi R'mel, et qui est considéré comme le gisement du gaz le plus important en Algérie.

Durant toute la période du stage nous avons eue la possibilité de découvrir le milieu industriel des hydrocarbures notamment celle du gaz, ses infrastructures et ses installations, mais le plus important pour nous c'est de voir de plus près et de manipuler pratiquement toute chose en relation avec notre domaine d'application.

Le travail que nous avons réalisé s'inscrit dans le cadre de l'étude de nouveau système de commande (SPEEDTRONIC MARK VI), ainsi l'exploitation de l'algorithme de la séquence de démarrage et des différents niveaux du FSR qui intervient dans cette séquence.

Nous nous sommes rendus compte que :

- Le MARK VI représente un système de commande qui a une sûreté de fonctionnement très élevée grâce à la configuration TMR :

-De très grande fiabilité et de disponibilité.

-facilité de l'entretien même aux cours de fonctionnement.

- plein de sécurité, ce qui est remarquable au niveau de l'algorithme de commande.

- Le MARK VI représente une solution de commande robuste grâce à :

-programme de régulation, de protection et de surveillance très efficace.

-système de vote et de diagnostic qui permet au système de commande de prendre les bonnes décisions afin d'éviter des situations catastrophiques.

-un temps de réponse et de traitement de données, qui répond à tous besoins de contrôle, de protection et de surveillance de la turbine à gaz.

- L'erreur humaine devient un événement très rare grâce à :

-l'acquiescement manuelles de alarmes.

-la protection par mot de passe qui permet de gérer les différents privilèges aux différentes personnes (maintenance, exploitation et programmeurs).

- Le MARK VI est facile à exploiter grâce à l'interface homme machine notamment le logiciel de visualisation à temps réel simplicity HMI.
- Le MARK VI contient un réseau de transmission et de communication moderne qui se caractérise par la redondance et la rapidité du transfert des données (Ethernet, IONet, câbles).

Conclusion générale

Aux cours de notre stage nous avons exploité une partie du code d'application qui gère le démarrage et la mise en charge de la turbine à gaz.

Bien que notre stage se soit déroulé dans les bonnes conditions, nous avons rencontré quelques difficultés quand à la disponibilité des ingénieurs de notre spécialité et de certains outils (simulateur du logiciel TOLBOOX) pour raison de licence non accordée à SONATRACH ce qui a réduit notre champ d'action, pour cela nous avons développé un programme STEP7 qui sera chargé dans l'automate programmable en vue de commander la séquence de démarrage du turbocompresseur.

A la fin nous avons terminé notre modélisation par l'introduction d'un système de supervision pour garantir l'interface Homme/Machine et assurer le contrôle et la surveillance du procédé.

La modélisation et la programmation de la séquence de démarrage ainsi que la plate forme de supervision que nous avons créée permettent la compréhension du déroulement de la séquence de démarrage et de faire la liaison avec le programme en TOOLBOX pour le maîtriser plus.

Pour le problème de manque d'ingénieur de notre spécialité, il pourrait être résolu s'il y avait plus d'investissement et si les compétences universitaire étaient encouragées et recrutaient, pour que notre pays assure lui-même la maintenance de ses infrastructures et la création de nouveaux programmes qui faciliteront la commande des procédés industriels.

ANNEXE A

Fonction des différentes pompes :

QA : pompe auxiliaire de l'huile de lubrification, sa pression est de 10kg/cm^2 , elle délivre l'huile d'étanchéité.

HQ : pompe auxiliaire de l'huile hydraulique de commande, sa pression est de 90kg/cm^2 , elle sert à délivrer l'huile à haute pression pour la commande et la régulation des différentes vannes (IGV, SRV, GCV...).

QV : pompe d'étanchéité.

QE : pompe auxiliaire de l'huile de lubrification de secours, elle est alimentée par une batterie (courant continu).

ANNEXE B

Explication des mots clé :

ETERNET : réseau local avec un système de détection, utilisé pour relier plusieurs ordinateurs entre eux.

IONET : c'est un réseau ethernet utilisé pour communiquer les données entre la carte VCMI de communication dans le module de contrôle.

DCS : système de contrôle distribué.

FSR : référence de cours de combustible.

HMI : Interface homme/machine.

LVDT : transformateur différentielle des variables linéaires.

TMR : triple modulaire redondant.

UDH : magistrale de données de l'unité.

ANNEXE C

Les abréviations des signaux utilisés par le système de commande MARK VI :

lettres	Associer au matérielle de la turbine	Associer à un paramètre physique	Constante ou point de consigne
A	auxiliaire	Courent/analogique	/
B	portant	vibration	/
C	compresseur	autorisation	/
D	charge	Pression différentielle	/
E	Electrique/urgence	/	/
F	combustible	fréquence	/
G	Contrôle ou gaz	Tension	/
H	fréquence	Hertz/hydraulique	/
I	Inter refroidisseur	Impacte/pression	/
J	/	/	/
K	combustion	/	constante
L	lubrification	Force logique	/
M	extraction	Divers	/
N	directrice	Vitesse	/
O	/	/	/
P	Dispositif de démarrage	Pression statique	/
Q	huile	Débit ou volume	/
R	vireur	/	constante, référence ou variable de contrôle
S	station	Coup	/
T	turbine	Température	/
U	/	/	/
V	/	Volt	/
W	eau	watt	/
X	Gaz d'échappement	proportion	/
Y	/	/	/
Z	Signal local	/	/

ANNEXE D

La table des mnémoniques

	Etat	Mnémorique	Opérande	Type de don
1		10%HP atteint	M 27	BOOL
2		20%HP ademe	M 23	BOOL
3		40%HP ademe	M 40	BOOL
4		50%HP atteint	M 41	BOOL
5		60%HP ademe	M 42	BOOL
6		75%EP ademe	M 35	BOOL
7		Accélération à 100%HP	M 10	BOOL
8		Accélérer à 20%HP	M 04	BOOL
9		afficher Débr	M 81	BOOL
10		Alumage	M 06	BOOL
11		Alumage terminé	M 25	BOOL
12		Arrêt d'urgence	E 10	BOOL
13		Arrêter la Turbine	M 16	BOOL
14		AUX active	M 21	BOOL
15		AUX secours prête	M 20	BOOL
16		EP et HP à l'arrêt	M 31	BOOL
17		chargé/déchargé	M 37	BOOL
18		Charger	E 01	BOOL
19		Chauffage	M 07	BOOL
20		Chauffage terminé	M 26	BOOL
21		CONST pressurisation	M 72	BOOL
22		CRANK	E 04	BOOL
23		Cycle Exécution	OB 1	OB 1
24		Décharger	E 11	BOOL
25		Démarré	M 83	BOOL
26		Démarrer	E 02	BOOL
27		Désaccouplément	M 43	BOOL
28		échec allum du chauffe	M 15	BOOL
29		Echec 6E	M 30	BOOL
30		Fin de séquence	M 34	BOOL
31		Famme	E 07	BOOL
32		FSRSJ	M 32	BOOL
33		Machine à l'arrêt	M 00	BOOL
34		Mise en charge	M 12	BOOL
35		Moteur de lancement	M 33	BOOL
36		OFF	E 02	BOOL

	Etat	Mnémorique	Opérande	Type de don
32		FSREU	M 32	BOOL
33		Machine à l'arrêt	M 00	BOOL
34		Mise en charge	M 12	BOOL
35		Moteur de lancement	M 33	BOOL
36		OFF	E 02	BOOL
37		Phase d'activation aux	M 02	BOOL
38		Phase essai aux sec	M 01	BOOL
39		Compte de lubrifi QA	M 75	BOOL
40		Compte de lubrifi QA	A 45	BOOL
41		Compte détaché CV	M 73	BOOL
42		Compte détaché CV	A 43	BOOL
43		Compte hydro -Q	M 74	BOOL
44		Compte hydro -Q inc	A 47	BOOL
45		Préparation /Vacc	M 70	BOOL
46		Préparation proces/c	M 03	BOOL
47		Proces actif	M 22	BOOL
48		Purge	M 05	BOOL
49		Purge terminés	M 24	BOOL
50		Recharger	E 06	BOOL
51		REMOTE	E 03	BOOL
52		Torche	M 71	BOOL
53		Torche GCY SRV	M 73	BOOL
54		Turbine en décharge	M 14	BOOL
55		Turbine prête pr redém	M 17	BOOL
56		Turbine en charge	M 13	BOOL
57		URGENCE	M 77	BOOL
58		vanne anti- pompage	M 35	BOOL
59		vanne b-passe	A 40	BOOL
60		vanne d'anti-pompage	A 43	BOOL
61		vanne d'aspiration	A 41	BOOL
62		vanne de reculament	A 42	BOOL
63		vanne de tache	A 44	BOOL
64		vanne des huiles	M 80	BOOL
65		Vérification générateur	M 11	BOOL
66				

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE :

- [1]. Documentation interne SONATRACH, annuaire statique
- [2]. Rapport d'activité de la direction d'exploitation, région HASSI R'mel, 2007
- [3]. Documentation interne SONATRACH, stage ingénierie, système DCS, CENTRE DE FORMATION E.I, R4.09.02.
- [4] GE CONTROL System TOOLBOX : documents.
- [5] GE CONTROL System Solution-MARK VI controller :
- documents
 - Standard libraryMark VI
- [6] GE industriel Systems-SPEEDTRONIC Mark VI TMR : heavy duty gaz turbine control
- [7] GE Power Systems- SPEEDTRONIC Mark VI : régulation turbine.
- [8] Documentation internes : présentation du pole Gazier de HASSI R'mel.
- [9] NUOVO-PIGNONE : turbine à gaz MS5002B.
- Documentation technique du logiciel de supervision Wince
- Documentation technique du logiciel de programmation STEP7
- [10] RENE David, Hassane ALLA, (Du GRAFCET au DRP), Deuxième édition revue et augmentée.

SOMMAIRE
