**République Algérienne Démocratique et Populaire**
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**
**Université Mouloud MAMMERI, 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

## Commande d'une turbine à gaz par le système de commande SPEEDTRONIC Mark VI

Dirigé par : M$^{r}$ BENSIDHOUM

Proposé par : M$^{r}$ BERKANE

Présenté par :

M$^{elle}$ BELMILOUD Yamina
M$^{r}$ BELGACEM Lyes

Soutenu le : 12 / 07 /2010

*Promotion 2010*

Ce travail a été préparé à : SONATRACH « HASSI R'MEL »

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu tout puissant, pour tout le courage qu'il nous a donné afin de réaliser ce modeste travail.

Nous tenons aussi à remercier notre promoteur monsieur BENSIDHOUM pour son encadrement, et aussi monsieur CHARIF pour son aide ainsi que sa disponibilité.

Nos sincères remerciements vont également à tout le personnel de SONATRACH à Hassi R'mel et les travailleurs de la station sud de compression de gaz qui nous ont facilité la tâche durant notre stage pratique en particulier Messieurs : BERKANE, AD, BRAHIM, ELHOUWARI du Boosting et à tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à notre formation.

Que les membres du jury trouvent ici l'expression de nos profonds remerciements pour avoir bien voulu juger ce modeste travail.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

# dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents pour tous leurs sacrifices et leur aide.

Ma très chère sœur « Jedjiga ».

Mes frères « Hafidh et Moumouh ».

Toute ma famille.

Tous mes amis de Hassi R'mel, de TiziOuzou et de la marine.

Yamina

Ma grand-mère

Mes chers parents

Mes frères Karim et Samir

Ma sœur Sabrina

Toute ma famille

Tous mes amis (e)s en particulier Karim et Karima

LYES

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**Sommaire** **Page**

**Introduction générale ……..…….. 1**

**Chapitre I**

**I.1 Description du champ de Hassi R'mel …… 3**

**I.1.1 Situation géographique de Hassi R'mel ...…… 3**

**I.1.2 Historique du champ de Hassi R'mel …….. 4**

**I.1.3 Présentation du champ de Hssi R'mel ……. 5**

**I.1.4 Organisation de la direction régionale de Hassi R'mel …….. 6**

**I.2 Description de la station de compression sud ...…….. 8**

**I.2.1 Généralités ……..…… 8**

**I.2.2 Caractéristiques de fonctionnement de la station ..…….. 9**

**I.2.3 Composants principaux de la station ……... 10**

**I.2.4 Description du process de la station sud ……..… 10**

**I.2.4.1 Alimentation en énergie électrique ..…….. 10**

**I.2.4.2 Circuit gaz ...……. 11**

**I.2.4.3 Circuit du combustible ……... 13**

**I.2.4.4 Système de torche ...……. 15**

**Chapitre II**

**II.1 Définition d'une turbine à gaz ……... 16**

**II.2 Description de la turbine à gaz MS5002b ...……..… 16**

**II.2.1 Présentation de la turbine à gaz type MS5002b ……. 16**

**II.2.2 Principe de fonctionnement ……..… 17**

**II.2.3 Différentes parties principales de la turbine à gaz ……..... 18**

**II.2.3.1 Zone d'aspiration d'air ……..... 18**

**II.2.3.2 Compresseur axial ...……..… 18**

**II.2.3.3 Section de combustion ……... 19**

**II.2.3.4 Section turbine ……... 20**

**II.2.3.5 Echappement …….. 21**

**II.2.4 Partie auxiliaire de la turbine à gaz MS5002B ……... 21**

**II.2.4.1 Turbine de lancement …… 21**

**II.2.4.2 System de gaz combustible …… 21**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**II.2.4.3 Circuit d'huile de graissage ……... 22**

**II.2.4.4 Système air d'étanchéité et de refroidissement ……... 23**

**II.3 Compresseur centrifuge ……... 23**

**II.3.1 Définition ……... 23**

**II.3.2 Composants principaux du compresseur centrifuge ……. 23**

**II.3.3 Principe de fonctionnement ……..…… 24**

**II.4 Instrumentation ……... 25**

**II.4.1 mesure de pression …… 25**

**II.4.2 Mesure de débit ……...…….. 26**

**II.4.3 Mesure de température ……..…….. 26**

**II.4.4 Détecteur de flamme à ultraviolet ..……. 27**

**II.4.5 Détecteur de vitesse ……..……. 27**

**II.4.6 Détecteur de vibration …….……. 27**

**II.4.7 Fin de course ……..…… 27**

**II.4.8 Les actionneurs …….……. 28**

**Chapitre III**

**III.1 Description de l'armoire mark II ……..…… 29**

**III.1.1 Tableau face avant ……...…… 29**

**III.1.2 Arrière du tableau de commande ……...…… 31**

**III.2 Partie commande …… 32**

**III.3 Commande de lancement ……...…… 33**

**III.3.1 Paramètres de la commande de lancement …… 34**

**Chapitre IV**

**IV.1 Définition du système Speedtronic Mark VI …… 40**

**IV.2 Architecture de système ……..…… 41**

**IV.2.1 Armoire E/S ……..…… 41**

**IV.2.2 Armoire de commande ……..…… 42**

**IV.2.3 Interface homme machine (HMI) ……...…… 46**

**IV.3 Les réseaux de communication ……..…… 47**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**IV.4 Boite à outil du système de commande Mark VI ……..…… 48**

**IV.4.1 Espace de travail …… 48**

**IV.4.2 Code d'application ……..…… 49**

**IV.4.3 Configuration d'un nouveau projet sur Mark VI ……..…… 51**

**IV.4.4 Programmation ……..…… 56**

**VI.5 Concept de la commande de vitesse …… 57**

**IV.6 Le programme ……..…… 61**

**IV.6.1 Définition des signaux ……..…….. 61**

**IV.6.2 Définition des blocs …… 63**

**IV.6.3 Elaboration du programme de contrôle de vitesse de l'arbre BP … 63**

**IV.6.4 Exemple de création d'un module ……...… 64**

**IV.6.5 Le programme ……...… 67**

**IV.6.6 Interprétation du programme ……..… 70**

**Conclusion générale ……..... 72**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**Introduction générale**

Actuellement l'Algérie se trouve face à de grands changements dans l'économie nationale ; Dans le secteur agricole, ainsi que dans le secteur industriel qui exige un système d'appareillage permettant l'amélioration du travail, l'accélération des rythmes de production, l'augmentation de la qualité et le volume des produits finis. La turbine à gaz est parmi les machines ayant un rôle primordial dans les domaines d'activité de l'industrie lourde.

Dans notre pays, l'industrie de pétrole utilise essentiellement les turbines à gaz: pour produire l'énergie électrique dans les centrales, dans les stations de compression que ce soit pour le stockage, réinjection ou transport du gaz, dans les stations de pompage ou les raffineries de pétrole ce qui donne à la turbine à gaz une importance capitale dans l'économie national.

La turbine à gaz a été mise au point en tant que machine d'entrainement industriel ou de production d'électricité vers la fin des années 40.Depuis elle a connu de multiples évolutions. Les premiers systèmes de commande pour turbine à gaz étaient basés sur les concepts de régulation hydromécanique, avec adition d'une commande pneumatique de température, d'une limitation prédéterminée du combustible pendant le lancement et une séquence de démarrage essentiellement manuelle. Des dispositifs indépendants assuraient la protection contre d'éventuelles survitesses, d'excès de température, d'incendies, de pertes de flamme ou d'huile de graissage, ou bien des vibrations.

La conception des commandes des turbines à gaz a bénéficié des progrès rapide de la technologie des commandes, ce qui a donné le point de départ de la première commande électrique pour la turbine à gaz en 1968; Dont le nom deviendra SPEEDTRONIC MARK I.

Grace aux progrès établis par la technologie électronique basée sur les composants semi-conducteurs, le système de commande SPEEDTRONIC a connu des nouvelles versions plus développées, MARK II au début des années 70, le MARK II ITS en 1976, le MARK IV en 1982.

Le SPEEDTRONIC MARK V était le système de commande de nouvelle génération basé sur les microprocesseurs de grande fiabilité et disponibilité qui a été introduit pour la commande des turbines à gaz et à vapeur au début des années 90.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Le SPEEDTRONIC MARCK VI est la dernière version de ce système et est actuellement employé pour la commande de plusieurs turbines à gaz en Algérie. Ce système grâce aux derniers progrès de la théorie de la commande et de la communication, ainsi qu'aux derniers perfectionnements dans les techniques électronique et informatique, tire profit de ces innovations pour améliorer la sureté et la souplesse de fonctionnement de la turbine à gaz pour les services intensifs et de pointe.

Dans ce mémoire nous allons étudier et exploiter ce nouveau système de commande employé à HASSI R'Mel, comme nous allons étudier le programme de commande du lancement d'une turbine à gaz sous Mark II, pour tenter de proposer un programme pour la commande de vitesse de l'arbre BP sous Mark VI.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

# CHAPITRE 1

# PRESENTATION DU SITE HASSI R'MEL

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## Introduction

L'Algérie est l'un des principaux pays producteurs de gaz naturel, possédant environ 10% des réserves mondiales. Elle se place au cinquième rang mondial. Plus de 50% de ces réserves connues sont concentrées dans le gisement de Hassi R'Mel.

## I.1 Description du champ de Hassi R'Mel

### I.1.1 Situation géographique de Hassi R'Mel

Le gisement de Hassi R'Mel est situé à 550 km au sud d'Alger, entre les Wilayas de Ghardaïa et Laghouat. Dans cette région relativement plate du Sahara septentrional, Le paysage est constitué d'un vaste plateau rocailleux. L'altitude moyenne est d'environ 750 m, cette région est caractérisée par un climat sec, une faible pluviométrie (140mm/an) et une humidité moyenne de 19% en été et 34% en hiver.

Les amplitudes thermiques sont importantes et les températures varient entre –5°C en hiver, et plus 45°C en été.

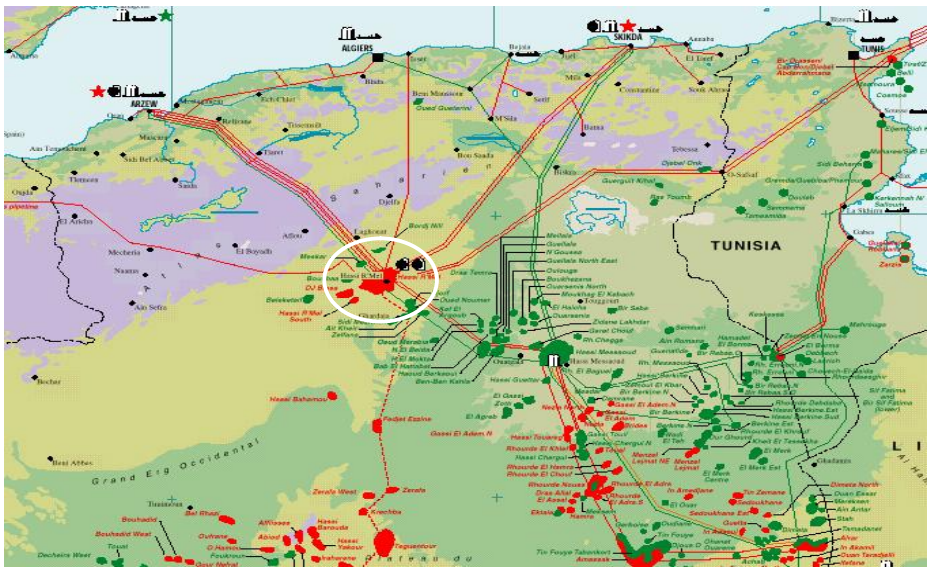



**Figure I.1** : **Situation géographique de Hassi R'Mel**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### I.1.2 Historique du champ de Hassi R'mel

La première compagne géophysique dans la région a eu lieu en 1951. En 1952, le forage du premier puits d'exploitation, à quelques kilomètres de Berriane, a révélé la présence d'un excellent réservoir d'hydrocarbures.

Le premier puits HR1 a été foré en 1956 sous le sommet de l'anticlinal qui constitue le gisement de Hassi R'Mel. Ce puits a mis en évidence la présence d'un gaz riche en condensât d'une pression de 310 bars et d'une température de 90C° ; La profondeur atteinte est de 2332m, il révéla aussi la présence d'un réservoir de gaz humide.

De 1957 à 1960, sept autres puits ont été forés (HR2, HR3, HR4, HR5, HR6, HR7, HR8), et en 1961 le gisement de HR a commencé à produire.

Quatre étapes importantes ont marqué le développement du champ :

- Première étape 1961-1969

En1961, réalisation d'une petite unité de traitement de gaz (Module 0) de 1.3 milliards $m^3$ par an, cette réalisation a coïncidé avec la construction de la première usine de liquéfaction du gaz en 1964 à Arzew. En1969, la capacité de production est portée à 4 milliards $m^3$ par an.

- Deuxième étape 1969-1971

Après la nationalisation des hydrocarbures en 1971, la capacité de traitement du champ atteinte était de 14 milliards $m^3$/an.

- Troisième étape :

La capacité de traitement a été portée à 94 milliards $m^3$ / an par :

-La réalisation de 4 complexes de traitement de 20 milliards $m^3$/an chacun.

-La réalisation de deux stations de réinjection de gaz d'une capacité unitaire de 30 milliards $m^3$ par an et d'une puissance unitaire de 600000 CV.

- Etape actuelle :

Après un temps d'exploitation du gisement de Hassi R'mel, on a constaté une diminution de la pression du gaz dans les puits. Pour cela, on a mis en place un système d'augmentation de pression que l'on appelle 'Boosting' pour maintenir la pression et l'exploitation des unités en place sans changement du process.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

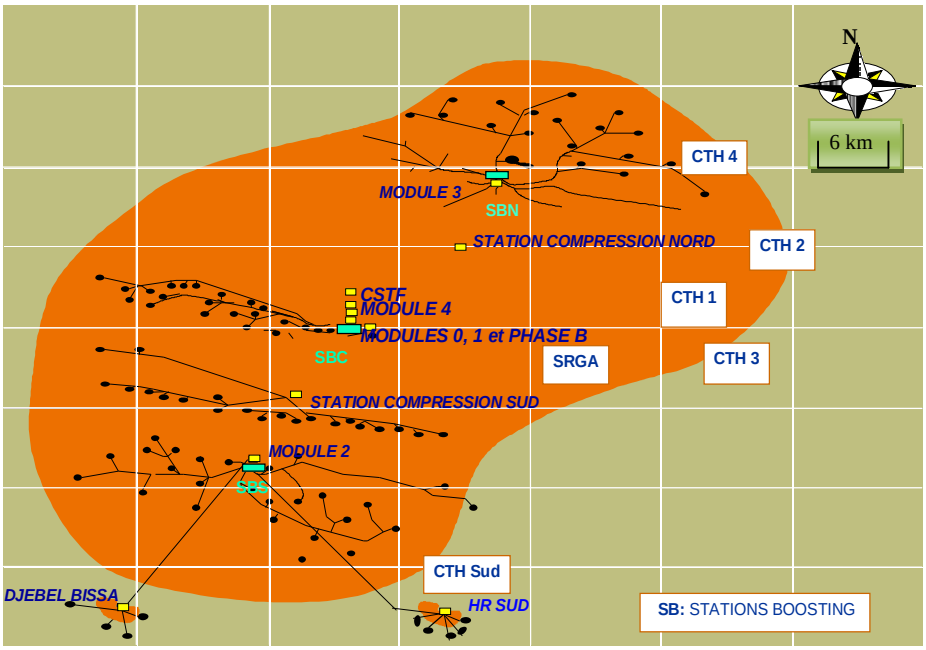
### I.1.3 Présentation du champ de Hssi R'mel

Pour une exploitation rationnelle du gisement, les unités de traitement de la région de Hassi R'mel sont réparties en trois secteurs étalés sur toute sa superficie.

- **Secteur Nord, regroupant**
  - Module 3 : unité de traitement de gaz.
  -SCN : station de compression Nord.
  - SBN : boosting nord.

- **Secteur Centre, regroupant**
  -Module 0 : unité de traitement de gaz.
  - Module 1 : unité de traitement de gaz.
  -Module 4 : unité de traitement de gaz.
  -CSTF : centre de stockage et de transfert.
  - SBC : boosting centre.

- **Secteur Sud, regroupant**
  - Module 2 : unité de traitement de gaz.
  - CTG Djebel Bissa.
  -HR Sud.
  - SCS Station de compression Sud.
  -SBS : boosting sud.






PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### I.1.4 Organisation de la direction régionale de Hassi R'Mel

La Direction Régionale est une structure mise en place en 1990 qui répond aux objectifs suivants :

- Développement du gisement gazier de Hassi R'Mel.

- Mise en place des nouvelles technologies dans l'engineering des installations.

Les missions des structures composant la direction régionale sont les suivantes :

- Ø Division approvisionnement et transport
  - L'approvisionnement de matériel et pièces de rechange au moyen des divers budgets, Appels d'offres et commandes locales.
  - La réception des équipements et pièces de rechange, la vérification de leur conformité et leur mise en stock.

- Ø Direction technique
  - La gestion et la prise en charge des nouveaux projets industriels.
  - La réalisation des modifications suggérées par les sites utilisateurs.

- Ø Direction engineering et production
  - Développement du gisement ;
  - Entretien des puits et installations de surface (wire-line et work-over).

- Ø Direction exploitation
  - Exploitation optimale des unités.
  - Planification et réalisation des programmes de production.

- Ø Direction maintenance
  - Maintien des équipements en état de bon fonctionnement.
  - Planification des entretiens préventifs.
  - Mise en place des politiques de maintenance.
  - Mise en place et développement de l'outil informatique (GMAO).



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ø Direction logistique

- Suivi et réalisation des infrastructures de base de la région.
- Entretien des installations domestiques de la région (électricité, froid, plomberie, menuiserie).

Ø Division sécurité

- Application des mesures de sécurité (prévention des accidents).
- Mise en place de la politique HSE (hygiène, sécurité et environnement) au niveau du site industriel.

Ø Division informatique

- Développement de logiciels d'exploitation pour l'ensemble des structures de la direction régionale.
- Entretien du réseau et de l'outil informatique.

Ø Division intendance

- Suivi des prestations en matière de restauration et hébergement.
- Suivi de la gestion du patrimoine.

Ø Division finance

- Gestion des budgets des structures, ordonnancement.
- Suivi financier des projets d'investissement, d'exploitation et d'équipement.
- Gestion de la trésorerie, comptabilité générale.

Ø Division ressources humaines

- Gestion de carrière du personnel.
- Gestion du recrutement et la formation du personnel.
- Gestion sociale du personnel en matière de santé, loisirs et administration générale.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## I.2 Description de la station de compression sud

### I.2.1 Généralités

Les stations de compression Nord et Sud sont conçues pour comprimer le gaz provenant des installations de traitement de gaz (MPP0, MPP1, MPP2 et MPP3 MPP4) et le réinjecter dans le sous-sol (nappe gazière Hassi R'mel).

La réinjection a pour but de :

- Maintenir la pression du gisement élevée afin de récupérer le maximum de liquide (condensat et GPL)
- Eviter de torcher le gaz et le perdre inutilement

La station de compression est étudiée pour comprimer le gaz jusqu'à 350 bars.

La compression est réalisée sur deux étages avec un refroidissement intermédiaire, l'étage « basse pression » comprime le gaz jusqu'à 150 bars et l'étage « haute pression » jusqu'à 350 bars, la station comporte 9 lignes de compression en parallèle (voir figure I.3).

Il est prévu un collecteur intermédiaire auquel sont reliés les refoulements des neuf compresseurs du premier étage et l'aspiration des neuf compresseurs du deuxième étage, ainsi qu'un collecteur final recevant le refoulement des neuf compresseurs du deuxième étage (voir figure I.3).

Chaque compresseur est entrainé par une turbine à gaz, model MS5002b. Les unités de compression sont installées dans des enceints acoustiques prévues d'un système de ventilation spécial pour évacuer la chaleur produite par les machines.

Ces unités sont groupées dans 4 bâtiments préfabriqués et aérés par des ventilateurs placés sur le toit.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

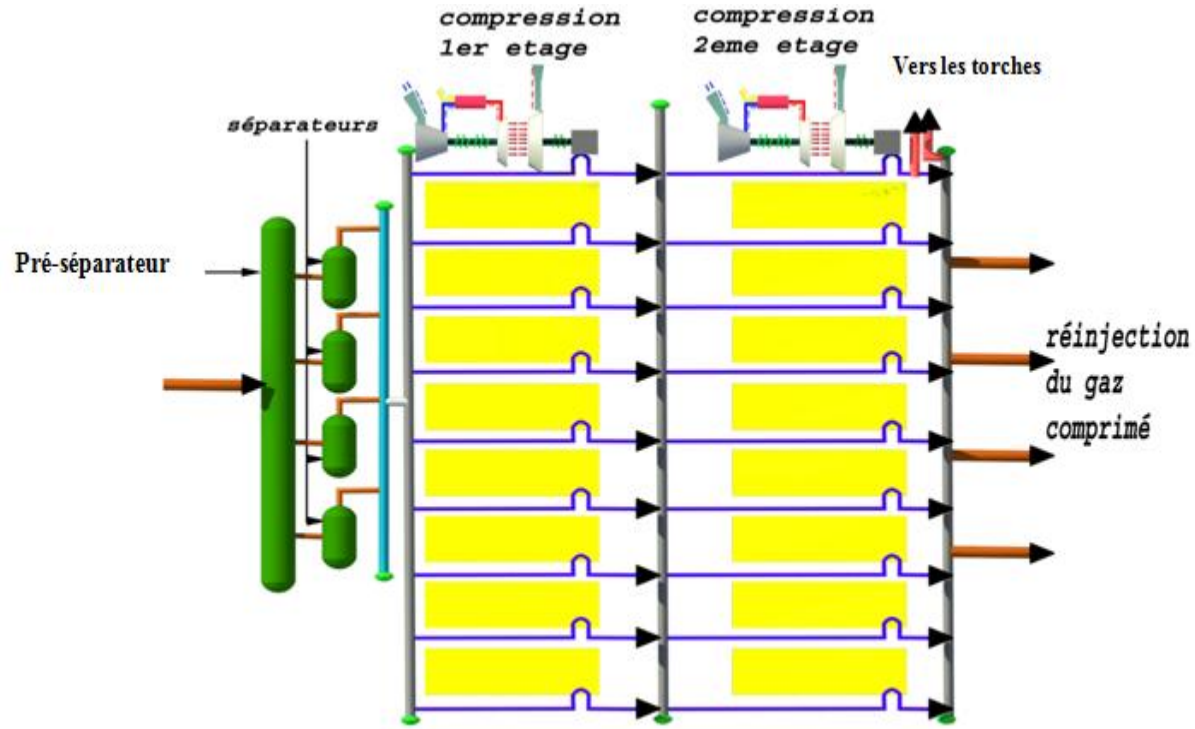



**Figure I.3 : Station de compression sud**

### I.2.2 Caractéristiques de fonctionnement de la station

#### I.2.2.1. Caractéristiques générales

- Altitude : 760m
- Température hiver/été : -5°C/40°C
- Humidité relative : 34%

#### I.2.2.2Condition de fonctionnement nominal

- La pression du gaz à l'entrée de la station 70 bars
- Température du gaz à l'entrée de la station 45°C
- Pression du gaz à la sortie de la station 350 bars
- Température à la sortie 100°C

#### I.2.2.3 Capacité de la station

Sur la base des données illustrées jusqu'à présent, la capacité de la station, avec toutes ses unités de compression en marche (9 unités du 1$^{er}$ étage et 9 unités du 2$^{ème}$ étage) à une température ambiante 34°C est la suivante :



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

| | |
|---|---|
| Débit réinjecté en $m^3/h$ | 3 787884 |
| Débit réinjecté en kg/h | 2 969 940 |

### I.2.3 Composants principaux de la station

- Un pré-séparateur
- Un groupe de 04 séparateurs (parallèle) pour le gaz process
- 09 turbocompresseurs $1^{er}$ étage (BP)
- 09 turbocompresseurs $2^{ème}$ étage (HP)
- Quatre salles des machines
- Deux postes de fuel gaz pour l'alimentation des machines
- Deux générateurs de gaz inerte pour les travaux de soudure et de purge
- Quatre groupes d'aéro-réfrigérant pour le refroidissement du gaz
- Un turbogénérateur
- Un système de distribution de l'énergie électrique
- Une unité de transfert et d'épuration de l'huile
- Une unité de production d'air comprimé pour instrument et service
- Une unité de refroidissement d'eau
- Système anti-incendie à eau
- Système anti-incendie par agents chimiques
- Un système de torche

### I.2.4 Description du process de la station Sud

#### I.2.4.1 Alimentation en énergie électrique

La station est alimentée en énergie électrique par deux lignes provenant de SONALGAZ de 30 kW chacune, qui arrivent à la sous station électrique (SSE) où sont abaissés à 5,5 KW à l'aide de deux transformateurs de 8 MVA pour chacune.

En cas de panne sur le réseau de la SONALGAZ, la station est munie d'un turbogénérateur électrique de puissance 3440 KVA qui peut alimenter les récepteurs prioritaires de la station et éviter ainsi son arrêt.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### I.2.4.2 Circuit gaz

#### I.2.4.2.1 Section d'aspiration 1er étage de compression (basse pression 'BP')

Le gaz rentre dans la station à une pression de 70 bars, à travers deux connexions 36" qui se relient au collecteur d'aspiration 52", sur cette ligne est installée la vanne à boisseau sphérique de sectionnement V201.

Pour pressuriser la ligne en aval de la V201 et permettre aussi son ouverture, on a installé la vanne automatique de pressurisation V202 qui introduit le gaz dans la ligne jusqu'à ce que le pressostat PDSL 1-20 signale que la différence de pression entre l'amont et l'aval de la V201 est inférieur à 1.5 kg/cm$^2$, donnant de cette façon l'ordre d'ouverture de la V201. Successivement le gaz rentre dans le récipient vide FA 20, qui sert d'un pré-séparateur pour séparer d'éventuelles grosses quantités de liquide entraînées par le débit du gaz. Ce gaz rentre dans les scrubbers à chicane, placé en parallèle et capable de séparer les petites particules de liquide entraînées par le gaz. Ces scrubbers sont FA 202-203-204-205.

A la sortie des scrubbers, le gaz est mesuré par le débit mètre F1-201, ensuite il est envoyé aux machines. Toutes les décharges des liquides séparés sont collectées dans le manifold des hydrocarbures 6" et envoyées à l'extrémité de la station pour une éventuelle récupération.

Toutes les décharges des soupapes de sécurité et des vannes de mises à l'arrêt sont collectées dans la ligne 20" qui amène le gaz loin de la station, dans la clôture, où le gaz est brûlé dans les torches.

Le gaz des services spéciaux (gaz combustible et de démarrage du turbogénérateur, gaz aux pilotes des torches, gaz combustible au système de production de gaz inerte, gaz combustible à la centrale thermique) est prélevé de la ligne 52" en amont de la V201, par la ligne 3".



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

#### I.2.4.2.2 Unité de compression 1er étage

Le gaz rentre dans le compresseur centrifuge où il est comprimé à une pression de 150 bars. Le compresseur est entrainé par la turbine à gaz de type MS5002b, à travers le multiplicateur à 2 axes horizontaux.

Des connexions avec des vannes manuelles de drainage sont installées sur la caisse du compresseur ; le gaz qui sort du réservoir de l'huile d'étanchéité est prélevé par la ligne 1" et ensuite envoyé dans le collecteur de traitement du gaz combustible.

#### I.2.4.2.3 Réfrigérant du gaz compresseur 1er étage

Le gaz comprimé par le compresseur du 1er étage est refroidi dans le réfrigérant inter étage (ex EA 221) où l'élément de refroidissement est l'air ambiant. Le réfrigérant est de type « tirage induit » c'est-à-dire l'air est aspiré à travers des ventilateurs à ailettes et déchargé en haut grâce à des enceintes placées sur le faisceau tubulaire contenant le gaz et supportant les ventilateurs eux-mêmes. L'unité est constituée par 4 faisceaux tubulaires (en parallèles) et des manifolds pour collecter le gaz.

#### I.2.4.2.4 Séparateur 1er étage

En aval du réfrigérant 1er étage il y a le séparateur de refoulement 1er étage, du type chicane, pour la séparation de vapeur d'eau éventuelle, ou bien d'hydrocarbures et de condensât.

#### I.2.4.2.5 Collecteur inter étage

Tous les refoulements des neuf compresseurs du 1er étage sont reliés au collecteur inter étage 16" installé sur le rack, à coté du collecteur d'aspiration 52".

La décompression du collecteur inter étage en cas d'arrêt normal ou de secours est effectué par la vanne de mise en torche V201 qui évacue le gaz sur la ligne de torche 20". La ligne 2" pour la pressurisation du collecteur final de la station à travers la vanne automatique V204 se détache du collecteur inter étage (les refoulements des compresseurs 2eme étage sont reliés au collecteur final de la station).



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### I.2.4.2.6 Unité de compression 2$^{éme}$ étage

Le gaz rentre dans le compresseur du 2$^{éme}$ étage où il est comprimé à une pression de 350 bars. Le compresseur est entrainé par une turbine à gaz identique à celle du 1$^{er}$ étage grâce au multiplicateur à deux axes horizontaux. Aussi le compresseur du 2$^{éme}$ étage est muni de drainage de caisse avec des vannes manuelles, et d'une ligne de récupération du gaz, qui évacue l'huile d'étanchéité vers le colleteur 3" qui est relié à l'unité de traitement du gaz combustible.

### I.2.4.2.7 Réfrigérant du gaz 2$^{éme}$ étage

Le gaz comprimé par le compresseur du 2$^{eme}$ étage est refroidi dans le réfrigérant final (ex. EA 222) où l'élément de refroidissement est l'air ambiant. L'unité est constituée par deux faisceaux tubulaires, trois ventilateurs sont installés pour les deux faisceaux ; Le débit d'air nécessaire au refroidissement peut être assuré par les deux ventilateurs seulement en cas de panne du troisième.

### I.2.4.2.8 Collecteur final

Les tuyauteries de refoulement des compresseurs du 2$^{eme}$ étage sont reliées au collecteur final de la station (20" de diamètre nominal). Les vannes de sectionnement V 251, V 253, V257 et V259 sont installées sur ces tuyauteries. Pour la pressurisation des lignes en aval des vannes de sectionnement, on a installé des vannes automatiques V252, V256, V258 et la V 260 en parallèles avec les vannes de sectionnement.

La décompression du collecteur final en cas d'arrêt normal ou de secours est obtenue par la vanne de mise en torche V251 qui évacue le gaz sur la ligne de torche 20".

### I.2.4.3 Circuit du combustible

Le gaz combustible pour l'alimentation des turbines à gaz est prélevé du collecteur d'aspiration des compresseurs grâce à deux tuyauteries 8" et envoyé à deux groupes de réduction de pression.

Un groupe alimente les turbines à gaz des deux premiers bâtiments (8 turbines), le 2$^{eme}$ groupe alimente les deux autres bâtiments (10 turbines).



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Chaque groupe de réduction est constitué par trois vannes de régulations en parallèle, deux en fonction et une autre de secours. Ces régulateurs maintiennent la pression en aval à 18kg/cm$^2$

Les débits du gaz combustible sont enregistrés sur le tableau auxiliaire de la station par des enregistreurs à deux plumes, un pour de faibles débits et l'autre pour des débits élevés.

Le gaz est ensuite envoyé dans un séparateur avec chicanes où d'éventuelles gouttelettes d'hydrocarbures liquides sont séparées et purgées à travers le purgeur automatique dans le collecteur de drainage des hydrocarbures, les soupapes de sécurités, la vanne automatique de régulation de pression en amont tarée à 19 kg/cm$^2$ qui maintient la pression d'alimentation des turbines en gaz combustible constante, les vannes de mise à la torche sont placées en aval du séparateur. Le gaz combustible est acheminé vers les collecteurs qui alimentent les machines.

Le gaz combustible pour certains services auxiliaires et pour le turbogénérateur de secours est prélevé en amont de la vanne d'interception de la station V 201.

### I.2.4.4 Système de torche

Le système de torche a été étudié pour faire face aussi bien au fonctionnement normal de la station, qu'à toute situation de secours (intervention des soupapes de sécurité, dépressurisation des unités de compression jusqu'à la dépressurisation totale de la station).

Ce système est constitué par cinq collecteurs de torche qui acheminent le gaz vers cinq torches placées à 500 m environ de la station.

Toutes les décharges des soupapes de sécurité, des vannes de dépressurisation de différents circuits, des vannes de régulations des circuits de gaz combustible et de démarrage et des turbines de lancement sont acheminées vers le collecteur de torche. Chaque torche est munie d'un pilote d'allumage placé dans une enceinte à 2.80 m environ de la torche elle-même.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**Conclusion**

Notre stage pratique nous a donné l'opportunité de comprendre le fonctionnement de la station de compression de gaz ainsi que ses différents composants, en effet cette station constitue un élément primordial dans la production du gaz, en utilisant principalement la turbine à gaz.

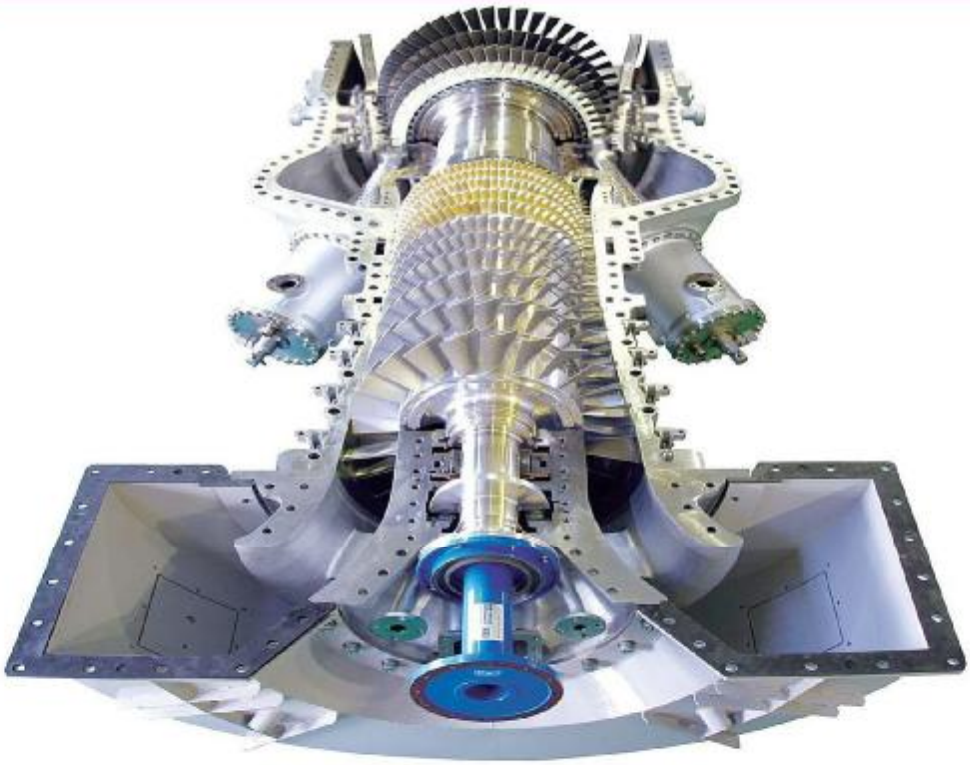
Pendant ce stage nous nous somme intéressé à l'étude de la turbine MS5002B qui fera l'objet du chapitre suivant.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

# CHAPITRE 2

# PRESENTATION DE LA TURBINE A GAZ MS5002B



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**Introduction**

Afin de pouvoir modéliser notre système et le commander, il est nécessaire de connaitre le principe de fonctionnement et les différentes parties de la turbine, ainsi que ses organes de mesure et de contrôle.

**II.1 Définition d'une turbine à gaz**

La turbine à gaz est une machine rotative qui pressurise de l'air, le mélange à un combustible et le brule dans des chambres de combustion. Les gaz ainsi produits sont détendus au niveau des aubes d'une turbine. Actuellement toutes les grandes turbines à gaz sont de type à écoulement axial. Au moment du démarrage les turbines à gaz sont actionnées par un moteur, une turbine à détente ou autre moyen.

Les turbines à gaz sont mono-arbre ou bi-arbre. Les turbines à un seul arbre sont aptes à l'entraînement des machines qui fonctionnent à vitesse constante, telle que les alternateurs, pour cette raison, elles sont employées dans la génération d'énergie électrique. Dans les applications où la puissance est réglée en variant la vitesse de la machine conduite, on utilise principalement des turbines à gaz à deux arbres, dans ce cas-ci, la turbine est divisée en deux sections séparées mécaniquement :

- Une section à haute pression, qui fonctionne à vitesse constante dans une plage de puissance, et entraîne exclusivement un compresseur axial.
- Une section à basse pression liée à la machine conduite par l'intermédiaire d'un accouplement. Cette section peut changer sa vitesse de rotation indépendamment de la section turbine à haute pression.

**II.2 Description de la turbine à gaz MS5002b**

**II.2.1 Présentation de la turbine à gaz type MS5002b**

Les turbines à gaz **MS5002B NUOVO-PIGNONE** est une turbine à gaz d'entrainement à deux arbres qui fonctionne suivant un cycle simple. Elle est employée pour entrainer un compresseur centrifuge. La portion d'une turbine à gaz pour entrainement mécanique est la partie dans laquelle le fuel et l'air sont utilisés pour produire une puissance sur l'arbre. Cette turbine possède deux roues de turbine indépendantes mécaniquement. La roue de la turbine du premier étage haute pression entraine le rotor du compresseur d'air, du type axial à seize étages, et l'arbre entrainant les accessoires (pompes de lubrification et



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

hydraulique). La roue de la turbine du second étage, ou étage basse pression, entraine la charge (compresseur centrifuge).

Les deux roues de la turbine ne sont pas liées afin de leurs permettre de tourner à des vitesses différentes pour s'adapter aux variations de charge. Ce modèle de turbine implanté au niveau de HASSI R'Mel fonctionne au gaz naturel. **[1]**

**Caractéristique de la turbine à gaz MS5002:**

| | | |
|---|---|---|
| Puissance | | 18450 KW |
| Vitesse turbine HP | | 5100 tr/min |
| Vitesse turbine BP | | 4500 tr/min |
| Température de combustion | | 927 °C |
| température d'échappement | | 450 °C |
| Compresseur d'air | Type | Flux axial |
| | Nombre d'étage | 16 |
| | Taux de compression | 8,2 |
| Vitesse minimale | | 2370 tr/min |
| Vitesse de déclenchement | | 5240 tr/min |
| Nombre de Chambre de combustion | | 12 |
| 02 Gammes de vitesse | | 105% maxi et 70% mini |

### II.2.2 Principe de fonctionnement

Une turbine à gaz fonctionne de la manière suivante :

- 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 une chambre de combustion
- acheminement de l'air à pression et à température élevées vers la section de la turbine, qui convertit l'énergie thermique en énergie mécanique pour faire tourner l'arbre ; Ceci sert, d'un côté à fournir l'énergie utile à la machine conduite, couplée avec la machine au moyen d'un accouplement et de l'autre côté à fournir l'énergie nécessaire pour la compression de l'air, qui a lieu dans un compresseur relié directement à la section turbine.
- évacuation vers l'atmosphère des gaz à basse pression résultants de la transformation mentionnée ci-dessus. Voir figure II.1.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

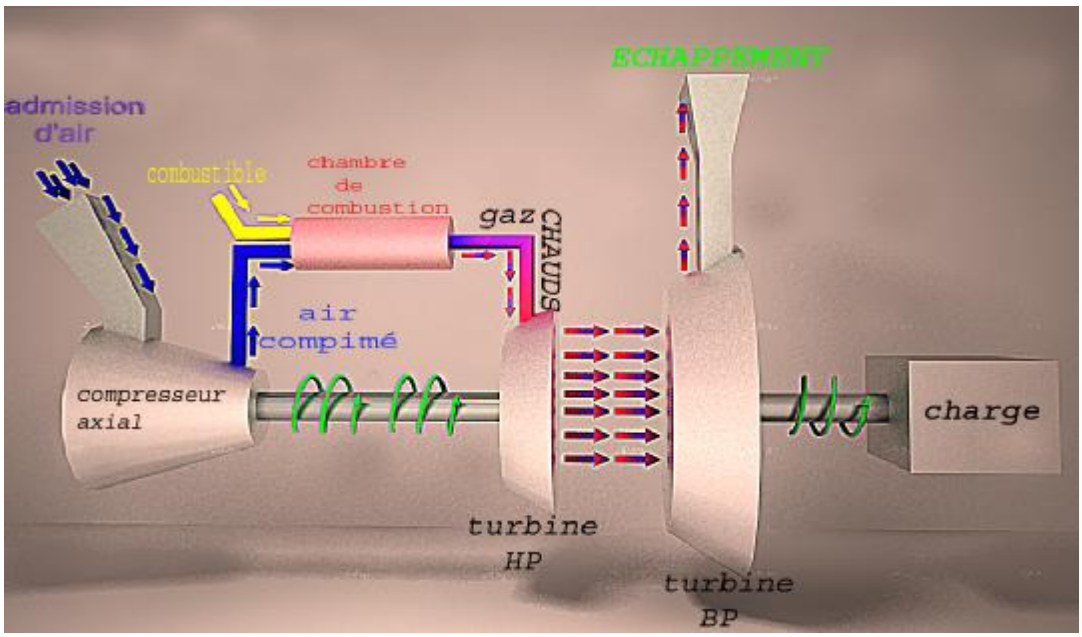



**Figure II.1 : Schéma explicatif d'une turbine à gaz**

### II.2.3 Différentes parties principales de la turbine à gaz

1. zone d'aspiration d'air,
2. compresseur axial,
3. section de combustion,
4. turbine,
5. échappement.

#### II.2.3.1 Zone d'aspiration d'air

Les turbines à gaz consomment une grande quantité d'air pour la combustion et le refroidissement des pièces internes. Cet air doit être filtré pour éviter la pénétration de particules qui peuvent avec le temps éroder le matériel. L'aspiration de la turbine est une enceinte ou compartiment qui abrite les filtres et relié au caisson d'admission de la turbine. Ce système regroupe les fonctions de filtrage et de réduction de bruit à celle de direction de l'air dans le compresseur de la turbine.

#### II.2.3.2 Compresseur axial

Le compresseur est du type à flux axial. Le système à flux axial produit des débits d'air élevés, nécessaires pour obtenir des valeurs élevées de puissance utile avec des dimensions réduites.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Un compresseur se compose d'une série d'étages d'aubes orientables (rotor), qui augmentent la vitesse de l'air en termes d'énergie cinétique, suivie alternativement par des étages d'aubes fixes (stator), qui convertissent l'énergie cinétique en une pression plus élevée.

Le nombre d'étages de compression est lié à la structure de la turbine à gaz et, surtout, au taux de compression à obtenir. Dans la TAG MS5002b il y a 16 étages.

Sur le côté d'admission du compresseur, il y a des aubes variables à l'admission (IGV), dont le but primaire est de diriger l'air, fourni par le système d'aspiration, vers le premier étage des aubes du rotor. Une autre fonction importante des IGV est d'assurer le comportement fluido-dynamique correct du compresseur sous différents régimes transitoires de fonctionnement (par exemple, pendant le démarrage et l'arrêt) quand, en raison de différentes vitesses de fonctionnement par rapport à la vitesse de fonctionnement normale, l'angle d'ouverture des IGV est modifiable : ceci sert à changer le taux de refoulement de l'air et à reconstituer les triangles idéaux de vitesse durant les régimes transitoires.

Le compresseur sert également à fournir une source d'air nécessaire pour refroidir les parois des directrices, des aubes et des disques de la turbine, qui sont atteintes par l'intermédiaire de canaux à l'intérieur de la turbine à gaz, et par la tuyauterie de raccordement extérieur.

### II.2.3.3 Section de combustion

Après avoir été comprimé dans le compresseur, l'air quitte ce dernier pour entrer dans la chambre de combustion afin de participer partiellement dans l'opération de combustion, qui assure un apport d'énergie (thermique) très élevé.

Le système de combustion pour MS5002b se compose de douze chambres de combustion d'une forme cylindrique, disposées symétriquement le long d'une circonférence, dans chaque chambre on trouve un tube à flamme (chemise de combustion), un chapeau, un injecteur de gaz et une pièce de transition.

En plus des éléments cités précédemment, douze tubes d'interconnexion permettent la propagation de la flamme entre les douze chambres de combustion, deux bougies d'allumage pour amorcer la combustion sont placée dans les tubes à flamme 1 et 12, et deux détecteurs de flammes afin de s'assurer que la combustion a lieu dans toutes les chambres, placés dans les tubes à flamme 3 et 10.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Les gaz chauds provenant de la combustion sont véhiculés à la première roue de la turbine du premier étage au moyen des pièces de transition, qui transforment la forme cylindrique du parcours des gaz en une forme annulaire appropriée à la forme de la roue.

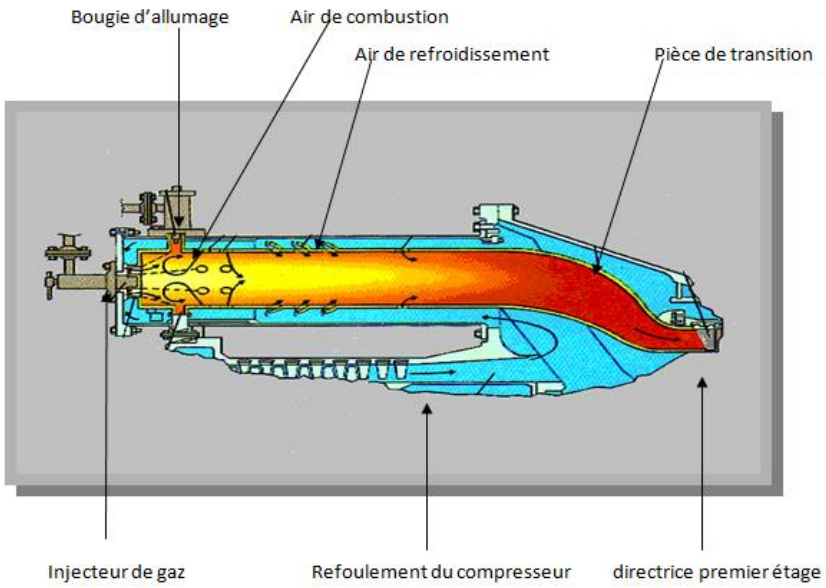



**Figure II.2 : Chambre de combustion**

### II.2.3.4 Section turbine

Après la combustion, les gaz chauds comprimés se dirigent vers le chemin le plus facile (l'échappement) en passant par la roue HP (haute pression) pour céder une grande partie de leur énergie emmagasinée. La trajectoire des gaz dans la roue HP est tangentielle au profil des intrados des aubes afin d'éviter les chocs (perte d'énergie) et d'avoir un couple résultant maximal.

La roue HP est reliée directement au rotor du compresseur axial, l'ensemble est souvent appelé rotor, la détente des gaz dans la roue HP sert à faire tourner le compresseur axial.

Les gaz sortant de la roue HP traversent la directrice de deuxième étage (qui sert à régler la vitesse de la roue HP et la température de l'échappement grâce à ses aubes variables), puis une deuxième détente aura lieu dans la roue BP (basse pression) qui se situe juste après la directrice. Les aubes de la roue BP sont plus longues que celles de la HP et cela pour maximiser la surface de contacte (plus de couple). Elles sont soutenues des deux extrémités afin d'éviter leur flexion. Les gaz quittant la roue BP sont envoyés vers l'atmosphère et le couple résultant sert à faire tourner la charge (compresseur centrifuge).



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### II.2.3.5 Echappement

Le système d'échappement a pour fonction l'expulsion vers l'atmosphère des gaz provenant de la détente dans les roues de la turbine.**[2] [3]**

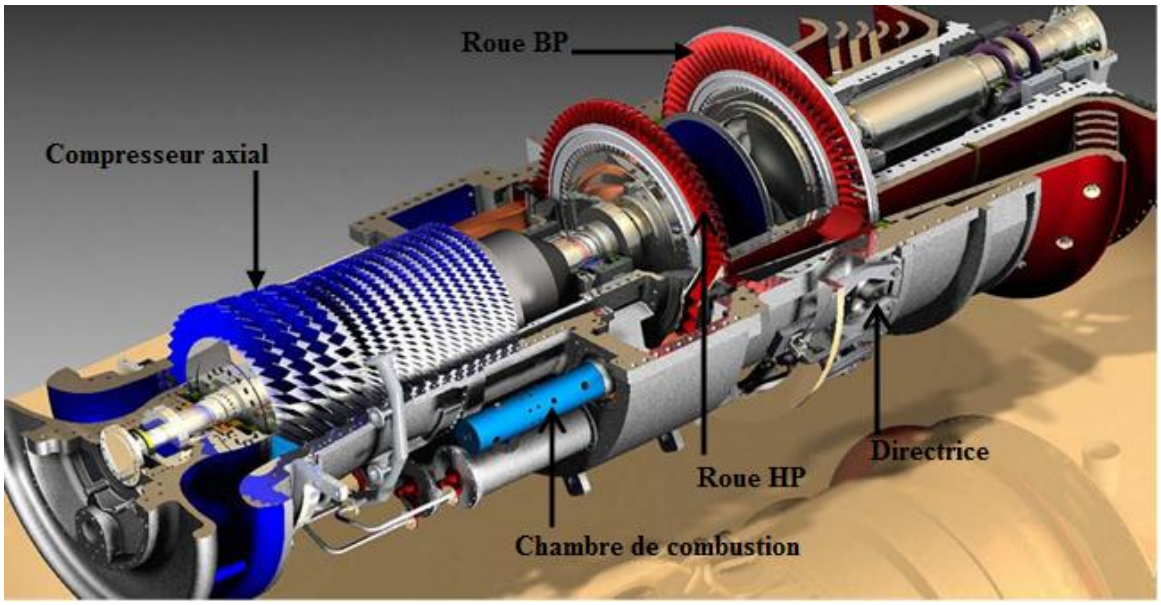



**Figure II.3 : Composants d'une turbine à gaz**

### II.2.4 Partie auxiliaire de la turbine à gaz MS5002B

#### II.2.4.1 Turbine de lancement

Le lancement d'une turbine à gaz nécessite un appareillage auxiliaire constitué d'une petite turbine monté sur un châssis, cette turbine est alimentée par un gaz dit "gaz de démarrage" provenant de la ligne d'aspiration de la station située en aval des aspirateur **FA201-FA205,** ce gaz rentre dans la turbine à une pression de **28 kg/cm²** et en sort après détente à une pression de **0,7 kg/cm²**, elle est capable de fournir une puissance de **3000 tr/mn.** La durée normale d'une opération de lancement est de 10 min**.**

#### II.2.4.2 System de gaz combustible

Ce système est étudié pour envoyer le combustible gazeux aux chambres de combustion de la turbine à gaz à la pression et au taux convenable, afin de respecter toutes les exigences relatives au démarrage, l'accélération et montée en puissance de la turbine à gaz.
Les éléments principaux de ce système sont :



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**a) Vanne d'arrêt/rapport de vitesse**

Elle est utilisée d'un coté comme vanne d'arrêt, pour arrêter le courant de fuel-gaz vers les chambres de combustion à chaque fois que la turbine est arrêté normalement ou en urgence et d'un autre coté à fournir une pression de gaz réglée et stable à la vanne de commande qui va lui permettre d'admettre la quantité de gaz appropriée et exigée par le système de régulation de vitesse et de température depuis le lancement jusqu'au fonctionnement normal.

**b) Vanne de commande ou de réglage**

Cette vanne assure une fonction de dosage du gaz combustible destiné aux chambres de combustion afin de contrôler la vitesse et la charge de la turbine. Elle est commandée par un vérin hydraulique contrôlé par une boucle de régulation asservie au signal de tension VCE**.**

**c) Filtres à gaz**

Ces filtres sont situés en amont de la vanne de gaz pour éliminer les particules étrangères qui risquent de se trouver dans le combustible gazeux.

**d) Pressostat de basse pression**

Installé en amont de la vanne de fuel gaz, il donne un signal d'alarme en cas de chute de pression de gaz.

**e) Vanne d'aération du gaz combustible**

Cette vanne à solénoïde est installé entre la vanne d'arrêt rapport et celle de commande afin d'évacuer les gaz résiduels piégés entre les deux vannes et ceci pendant la période d'arrêt, ceci empêchera l'accumulation de gaz au niveau des chambres de combustion.

### II.2.4.3 Circuit d'huile de graissage

Le circuit d'huile de graissage est conçu pour assurer une alimentation ample en lubrifiant filtré et pression appropriée pour le fonctionnement de la turbine et de ses équipements associés. Le système d'huile de graissage est équipé de trois pompes :

**a) Pompe principale**

C'est une pompe volumétrique d'une pression de refoulement de 8,4 kg/cm². Elle est entrainée par l'engrenage accessoire. Le débit de cette pompe est de 1968 litres/min.

**b) Pompe auxiliaire P0022 (88QA)**

Elle est entrainée par un moteur à courant alternatif (CA). Sa fonction est de fournir de l'huile aux paliers et l'accouplement lors du démarrage et l'arrêt de la turbine quand la pompe principale ne peut fournir une pression suffisante pour le fonctionnement en condition de sécurité.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**c) Pompe de secours P0023 (88QE)**

La pompe centrifuge d'huile de graissage de secoure fonctionne afin de fournir de l'huile de graissage au collecteur principal des paliers pendant un arrêt d'urgence, dans le cas ou la QA a été forcé hors service ou elle est incapable de maintenir la pression adéquate de l'huile de graissage. La QE est utilisée seulement pendant l'arrêt de la turbine car sa puissance et le moteur qui l'alimente (CC) sont incapables d'assurer l'huile pour le fonctionnement normal de la turbine.

### II.2.4.4 Système air d'étanchéité et de refroidissement

La plupart de l'air comprimé est utilisé pour la combustion, une partie de cet air est retiré du compresseur du 10$^{iéme}$ étage et utilisé pour l'étanchéité des paliers N°1, 3 et 4 contre les fuites d'huile et aussi pour le refroidissement des faces avant et arrières des roue HP et BP. **[3]**

## II.3 Compresseur centrifuge

### II.3.1 Définition

Un compresseur centrifuge est une machine dynamique à écoulement continu de fluide, qui a pour objet de transférer de l'énergie mécanique à ce dernier qui la traverse en vue d'en accroître sa pression.

Les deux étages de compression du gaz sont réalisés avec deux compresseurs centrifuges BCL405\a et BCL405\c du type barrel pour haute pression.

La signification des symboles du code des compresseurs est la suivante :

**B :** type "barrel". **C :** fermé. **L** : diffuseur "libre"

**40 :** 40 cm de diamètre des roues du rotor. **5:** 5 roues

**a :** code de la pression d'étude de la caisse : a=200 kg/cm$^2$ pour le 1$^{er}$ étage.

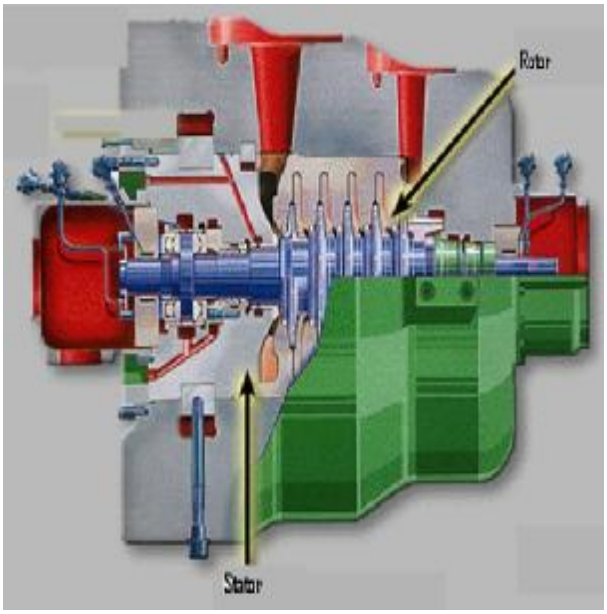
**c :** code de la pression d'étude de la caisse : c=500 kg/cm$^2$ pour le 2$^{er}$ étage.

### II.3.2 Composants principaux du compresseur centrifuge

Ce type de machines est constitué par un corps extérieur contenant la partie du stator dite ensemble de diaphragme où est introduit un rotor formé par un arbre sur lequel les cinq roues sont implantées.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



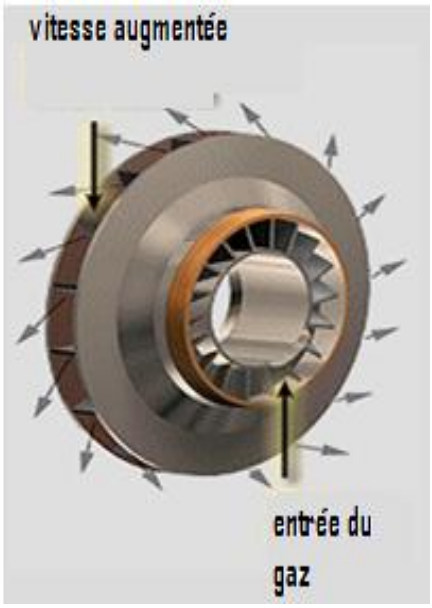




**Figure II.4 : Compresseur centrifuge** **roue du rotor**

### II.3.3 Principe de fonctionnement

Le gaz est aspiré par le compresseur à travers la bride d'aspiration. Il entre dans une chambre annulaire (volute d'aspiration) et converge uniformément vers le centre puis il se dirige vers la première roue. La roue pousse le gaz vers le périphérique en augmentant sa vitesse et sa pression. A la sortie de la roue, le gaz parcourt une chambre circulaire (diffuseur) où la vitesse est réduite et la pression augmente puis il est aspiré par la deuxième roue à travers un canal de retour.

L'arrivé à la sortie de la dernière roue, le gaz est refoulé à une grande pression à travers une chambre annulaire (volute de refoulement) qui l'envoi à la bride de refoulement.



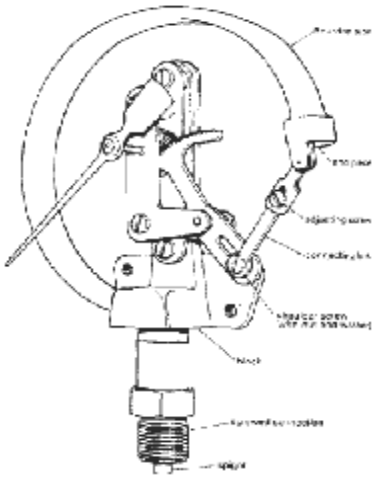
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## II.4 Instrumentation

### II.4.1 Mesure de pression

- **Les manomètres**

Les manomètres utilisés sont de type de bourdon à indication locale, le principe de fonctionnement de ces capteurs est le suivant :



Le tube de bourdon est brasé, soudé ou vissé avec le support de tube qui forme généralement une pièce complète avec le raccord. Par l'intermédiaire d'un trou dans le raccord, le fluide à mesurer passe à l'intérieur du tube. La partie mobile finale du tube se déplace lors de changement de pression (effet bourdon).

Ce déplacement qui est proportionnel à la pression à mesurer est transmis par l'intermédiaire du mouvement à l'aiguille et affiché sur le cadran en tant que valeur de pression.

- **Les pressostats**

Un pressostat est un dispositif comprenant un commutateur électrique dans lequel le mouvement des contacts est réalisé pour une valeur prédéterminée de la pression du fluide.
Les pressostats utilisés sont des instruments robustes de haute fiabilité. Ils sont munis d'un tube de Bourdon spécial ayant une excellente durabilité et de micro-interrupteurs à haute sensibilité.

On trouve deux modèles, celui à un contact et celui à deux contacts, ces pressostats sont de type résistant au feu par sa construction contre l'explosion. Ils sont montés sur la ligne d'alimentation de fuel-gaz et utilisés pour les alarmes, pour donner une alarme en cas de très haute ou de très basse pression, son principe de fonctionnement est le suivant :

Par l'action du tube Bourdon, le micro-interrupteur est entraîné directement pour ouvrir ou fermer le circuit. La pression de tirage peut être changée en faisant glisser le porte-micro-interrupteur au moyen d'une vis de réglage.

- **Transmetteur de pression**

Il permet de convertir une pression différentielle en un signal pneumatique (électrique) proportionnel variant entre 0,2 et 1,0 kg/cm$^2$ (4 à 20 mA). Sa sortie peut être connectée vers n'importe quel récepteur pneumatique (indication ou contrôle de mesure).



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### II.4.2 Mesure de débit

- **Transmetteur de debit**

Pour mesurer le débit au niveau de la ligne de charge d'entrée on utilise un transmetteur de pression différentielle, le principe de fonctionnement est le suivant :

Le principe utilisé est celui de la technique capacitive à deux fils. La pression du procédé est transmise à travers les membranes isolantes et un fluide de remplissage constitué d'huile de silicone à une membrane détectrice placée au centre de la cellule. La membrane détectrice agit comme un ressort étiré qui fléchit en réponse à une pression différentielle qui la traverse.

Le déplacement de la membrane détectrice est proportionnel à la pression différentielle. Sa position est détectée par les plaques de condensateur qui sont situées de part et d'autre de la dite membrane. La différence de capacité entre la membrane détectrice et les plaques de condensateur est convertie électroniquement en un signal 4-20 mA.

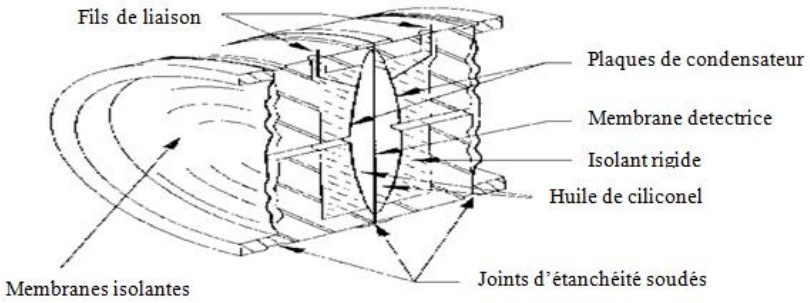



**Figure II.5 : Transmetteur de pression différentielle**

Deux sources de pression agissent de chaque coté du capteur à diaphragme. Les différences de pression d'un coté à l'autre déplaceront le diaphragme et l'aimant qui lui est fixé en fonction du changement de débit. Un aimant à flèche, situé dans une cavité séparée du corps, est mis en rotation par le mouvement de l'aimant du capteur et indique la pression différentielle sur le cadran d'un galvanomètre.

### II.4.3 Mesure de température

- **Thermocouple**

Le thermocouple est la réunion de deux métaux différents par une soudure chaude soumis à la différence de la température ΔT. Ils sont utilisés pour assurer et indiquer la température. Il existe deux fonctions distinctes dans l'utilisation de ces appareillages :

- Indication de température de peau des tubes.
- Indication de température des fluides.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Les thermocouples sont accessibles et facilement remplaçables.

- **Les thermostats**

Les thermostats ou contacteurs de température sont des appareils capables de détecter le franchissement d'un seuil de température utilisés pour protéger des systèmes, appareils contre les températures qui sont susceptibles de provoquer des anomalies. Ils sont constitués d'un bulbe sensible + capillaire sur soufflet ou membrane. Le liquide se trouvant à l'intérieur de la sonde se dilate sous l'action de la température, ceci provoque une pression qui s'exerce sur le piston, qui à son tour agit sur le micro-switch. La distance entre le micro-switch et le piston caractérise le seuil de thermostat. Cette distance est commandée par une vis de réglage de seuil.

### II.4.4 Détecteur de flamme à ultraviolet

Le capteur de flamme à ultra violet consiste en un détecteur rempli d'un gaz sensible à la présence du rayonnement à ultra violet 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'.

### II.4.5 Détecteur de vitesse

La sonde de vitesse consiste en un aimant permanent, entouré par une bobine hermétiquement scellée.

Avec les 60 dents des roues HP et LP, la fréquence en sortie en Hz est exactement égale à une révolution par minute et donc la tension est une fonction directe de la vitesse.

Il y a quatre détecteurs, deux pour le contrôle de vitesse et deux pour le déclanchement de survitesse.

### II.4.6 Détecteur de vibration

Les vibrations, quelles soient sismiques ou propres à la machine, elles sont gérées par un automate programmable indépendant, c'est le Benteley Nevada.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### II.4.7 Fin de course

Les fins de course sont des contacts intégrés sur les vannes qui nous indiquent la position du corps. Il indique l'ouverture ou la fermeture de la vanne, ils sont aussi utilisés pour indiquer les fins de course des vérins.

### II.4.8 Les actionneurs

L'élément terminal d'une boucle de régulation est un actionneur. Il reçoit les ordres de commande du régulateur et les traduit en action directe sur les différentes grandeurs du procédé.

- **Les électrovannes**

Ce sont des dispositifs monostables, c'est-à-dire qu'elles sont à simple effet. L'électrovanne s'ouvre lorsque la bobine est excitée par un courant électrique de commande. Le champ magnétique de la bobine provoque le déplacement d'une palette et d'un électroaimant qui actionne le clapet, un ressort rappelant le noyau en position repos après la disparition du signal électrique de commande.

- **Vanne tout ou rien (TOR) :**

Les vannes automatiques tout ou rien UV - 4750, UV- 4751, vannes de fermeture d'urgence, UV- 4752, vannes d'ouverture d'urgence, sont montées sur le circuit fuel-gaz dont le rôle est d'interrompre ou de permettre le passage du fuel gaz.

Les vannes les plus importantes qu'on utilisera dans notre commande sont :

La SRV : vanne de contrôle de vitesse.

La GCV : vanne de contrôle de gaz. **[3]**

### Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit un modèle de turbine à gaz qui est utilisé à la station de compression à Hassi R'mel. Cette turbine à gaz constitue l'élément principal de la station et elle est composée d'un compresseur axial, douze chambres de combustion et deux roues 'HP et BP'.

La maitrise de principe de fonctionnement de la turbine permet d'élaborer une modélisation sous forme d'organigrammes qui sont représenté en annexe



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

# CHAPITRE 3

# Systéme de commande SPEEDTRONIC MARK II

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**Introduction**

Le but de ce chapitre et de présenter les principes généraux du système de commande Speed Tronic mark II.

La commande Speed Tronic comprend quatre parties fonctionnelles principales (commande, protection, séquence et alimentation), dont le système de commande comprend trois systèmes principaux de base, à savoir lancement, vitesse et température. N'importe lequel de ces systèmes de commande est capable à tout moment de contrôler l'arrivée de combustible à la turbine.

## III.1 Description de l'armoire mark II

### III.1.1 Tableau face avant

Les composants principaux de l'armoire de commande, située sur le panneau avant, sont énumérés ci-dessous, chacun des composants correspond à la désignation indiquée sur la figure III.1

**Figure : III.1 : L'armoire de commande**

**1- Annonciateur**

Indique les incidents ou difficultés survenus dans l'exploitation du matériel, il comprend des circuits et des voyants pouvant signaler 40 états d'alarme.

**2- Indicateur de vitesse de la turbine**

Indique la vitesse de fonctionnement de la turbine, en tours/min et en pourcentage de la vitesse nominal.

**3- Indicateur de température de l'échappement**

Cet instrument indique le signal de sortie de l'amplificateur de commande de température du système Speedtronic**.**

On peut aussi l'employer pour lire la moyenne de thermocouples ou le signal de sortie d'un canal de protection contre l'excès de température, en agissent sur le bouton poussoir correspondant.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**4- Indicateur de température**

Cet instrument de précision de type numérique est utilisé pour lire le signal de sortie des thermocouples du groupe, par exemple aux points suivant :

- refoulement du compresseur,
- espace entre les roues turbine,
-température moyenne à l'échappement,
-échappement (commande ou protection),
-système de l'huile de graissage.

**5- Point de consigne du régulateur**

Indique la valeur de point de consigne du régulateur exprimée en pourcentage de la vitesse nominal.

**6- Indicateur combustible**

L'indicateur combustible(VCE) mesure le signal de sortie du système Speedtronic envoyé au système de mesure du combustible.

Une tension de 2 volts, équivalant à 4 unités VCE correspond une alimentation nulle en combustible.

Une tension de 10 volts ou 20 unités VCE correspond à l'alimentation maximale en combustible.

**8- Module de moyenne et de contrôles des thermocouples**

Le module de moyenne des thermocouples reçoit les signaux des thermocouples situé dans l'échappement et on calcule la moyenne qui est utilisée dans les circuits de commande de température à l'échappement et dans les systèmes de protection de la turbine.

**9- Commutateur-sélectionneur de thermocouple**

Ce commutateur à positions multiples est utilisé pour sélectionner le signal de thermocouple qu'on désire envoyer à l'instrument indicateur de température **(4).**

**10- Voyons lumineux**

Ensemble de voyons qui indiquent différents états sur les différentes parties de la turbine. Par exemple voyons de vitesse qui sont allumés quand la turbine tourne à une vitesse supérieure à une valeur prédéterminée.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### III.1.2 Arrière du tableau de commande

Dans la partie commande de l'armoire on trouve principalement deux supports, le premier est dit 'page speed tonic 1L' constitué par des cartes électroniques et l'autre dit 'page des relais'.

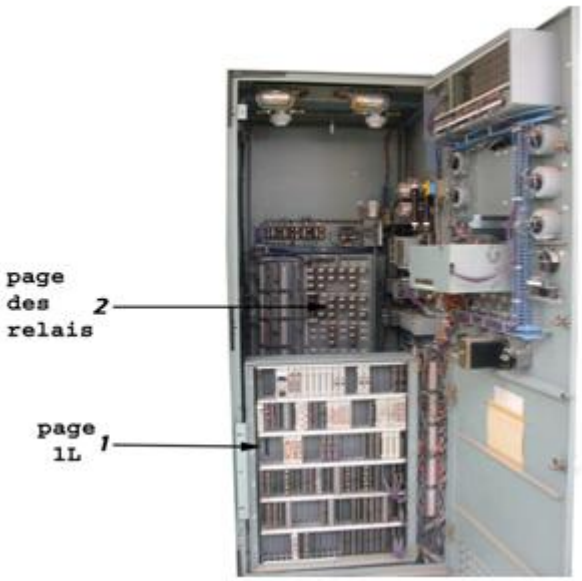



**Figure III.2 : Composants de l'armoire**

**1- Page speedtronic 1L**

Le tableau dit « page speedtronic 1L» est situé dans la moitié inférieur de l'armoire de commande, en ouvrant la porte montée sur des charnières, on peut accéder aux cartes de commande speedtronic utilisée pour obtenir la commande de séquence, les contrôles et les protections de la turbine à gaz.

Cette partie du système speedtronic est désignée par l'appellation « page 1L ».

L'ensemble est devisé en rangées et fentes, chaque rangée étant identifiée par un numéro, de haut en bas, et chaque rangée étant identifiée par une lettre, de droite à gauche.

La combinaison d'une rangée et d'une fente identifie l'emplacement de la position d'insertion d'une carte Speedtronic donnée.

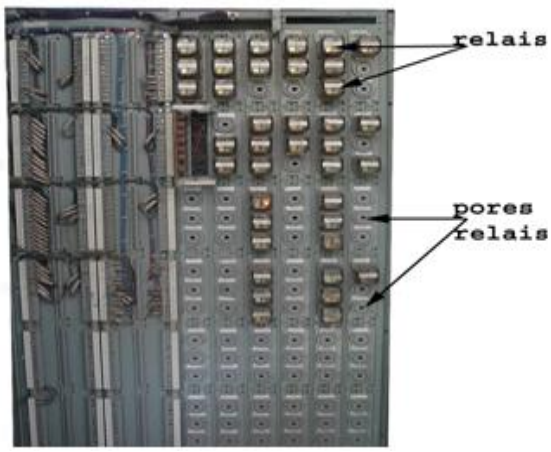
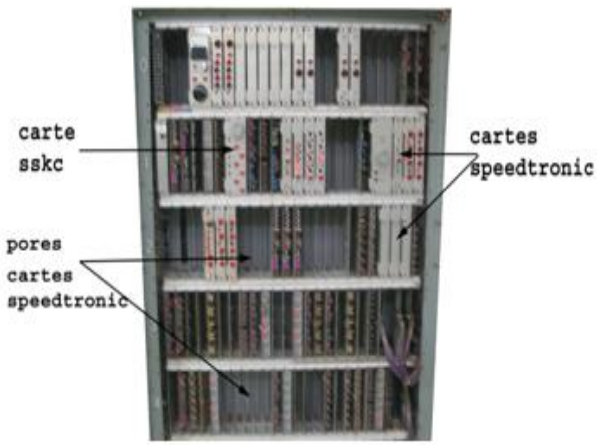



**Figure III.3 : Page des relais**




**Page1L**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**2-Page des relais**

Les relais montés sur cette page sont utilisés pour la commande et les séquences de lancement, de prise de charge et de mise à l'arrêt de la turbine et de la centrale.

Des relais de types classiques sont montés sur un tableau à charnières (figure III.3). Les emplacements des relais sont identifiés par un code de rangée et de fente similaire à celui utilisé pour les pages Speedtronic. Ces relais sont montés sous un couvercle transparent en matière plastique pour les mettre à l'abri des poussières.

Une lampe au néon est branchée en parallèle sur chaque bobine de relais, elle s'allume quand la bobine du relais est mise sous tension. Le couvercle du relais est muni d'un petit bouton-poussoir qui permet de mettre le relais en position de travail en vue de faciliter la recherche des pannes et la vérification des séquences.

**III.2 Partie commande**

Ce système de commande de turbine à deux arbres a pour but d'amener la vitesse de l'arbre BP à un point de fonctionnement prédéterminé et ça en réglant le débit de combustible. Pour garder la vitesse de l'arbre HP constante (à 100 %) on agit sur la directrice du 2$^{eme}$ étage à aubes variables. Cette action est également employée pour commander la température à l'échappement.

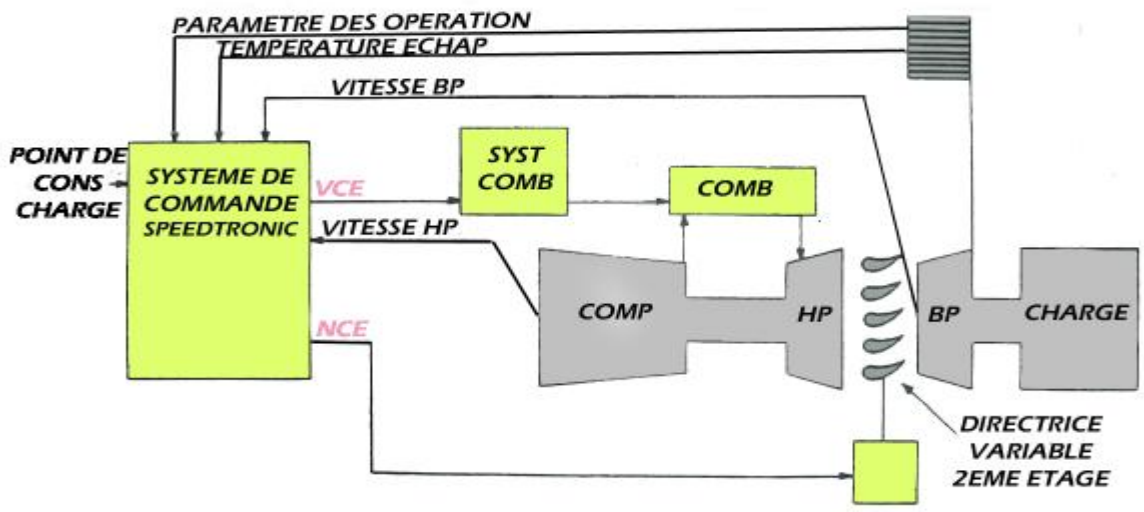



**Figure III.4 : Schémas synoptique de la commande d'une turbine**

VCE : le signal qui contrôle le combustible

NCE : le signal qui contrôle la directrice.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Lorsque la charge demandée devient suffisante pour atteindre la limite de température qui est déterminée en mesurant la température à l'échappement, la commande de température prend alors la priorité sur la commande de charge et limite le combustible.

Les boucles de commande principales mises en jeux sont les suivantes :

1) lancement,
2) vitesse de l'arbre BP,
3) température,
4) accélération,
5) commande de la directrice.

Vue la complexité de commande de la turbine à gaz on prend un exemple pour expliquer les principes de base de ce système, qui est la commande de lancement.

### III.3 Commande de lancement

La commande de lancement réalise le programme d'alimentation de combustible pour la turbine à gaz à partir du moment où le rotor commence à tourner jusqu'à ce que la turbine soit sous la commande de régulateur de vitesse. Des niveaux de combustible fixés commandent et protègent la turbine pendant cette période qui comprend les étapes suivantes : VCE zéro, VCE allumage, VCE réchauffage, VCE accélération, VCE maximum, VCE minimum. Le VCE c'est le signale qui contrôle le combustible ; NCE c'est le signale qui contrôle la directrice.

1. **VCE ZERO**

Au moment de la phase initiale du lancement, le VCE est maintenu à une valeur nulle. Lorsqu'une quantité suffisante d'air est fournie au système de combustion, la turbine est prête pour l'allumage.

2. **VCE ALLUMAGE**

Le VCE d'allumage fournit une quantité suffisante de combustible aux chambres de combustion pour assurer un allumage correct et la propagation de la flamme entre les chambres de combustion.

3. **VCE RECHAUFFAGE**

Après détection de flamme, le niveau du VCE est abaissé pour réduire le combustible et le choc thermique sur les pièces de la veine des gaz chauds, ce qui permet à la turbine de se réchauffer.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**4. VCE ACCELERATION**

Après réchauffage, on peut accélérer la turbine. Le VCE est augmenté progressivement, du niveau de réchauffage à un niveau d'accélération maximum, pour préparer la prise en charge par le régulateur de vitesse.

**5. VCE MAXIMUM**

Ceci est la valeur maximum du VCE qui peut être demandé par la turbine quand elle est sous la commande du régulateur de vitesse.

**6. VCE MINIMUM**

Le VCE minimum, appelé plus Communément combustible minimum d'extinction, correspond à la quantité minimum de combustible que le régulateur de vitesse peut demander. Cette quantité de combustible maintient la flamme dans les chambres de combustion, mais ne produit pas suffisamment d'énergie pour garder la turbine à la vitesse nominale.

La figure III.5 montre de façon graphique la séquence du combustible pendant le cycle de lancement.

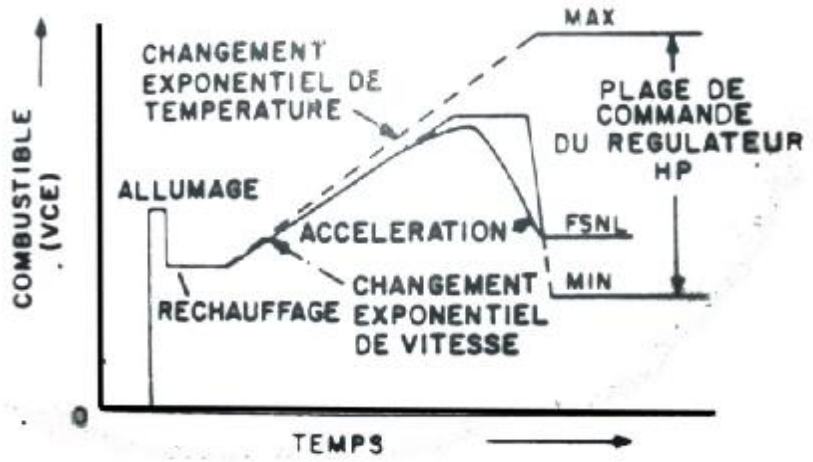



**Figure III.5 : Séquence du combustible pendant le cycle de lancement.**

### III.3.1 Paramètres de la commande de lancement

La carte Speedtronic "SSKC " réalise le système de commande de lancement. Elle établit le programme des limites de combustible et de leurs taux de changement pendant le lancement. Tous les détails de la carte ne sont pas représentés sur la carte, seulement des renseignements sous forme graphique simplifiée sont donnés pour rendre plus facile la compréhension du fonctionnement logique du système. D'une façon générale, toutes les entrées de la carte sont portées du côté gauche de la carte et toutes les sorties du coté droit.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Se référant à la figure III.6, la broche numérotée 24 du côté droit réalise la connexion pour la barre VCE. Juste à l'intérieur de la carte on trouve la diode de blocage qui réalise la porte de valeur minimum pour la commande de démarrage de la barre VCE. L'amplificateur opérationnel se trouve à gauche de la diode, où sa sortie est commandée par la jonction de totalisation.

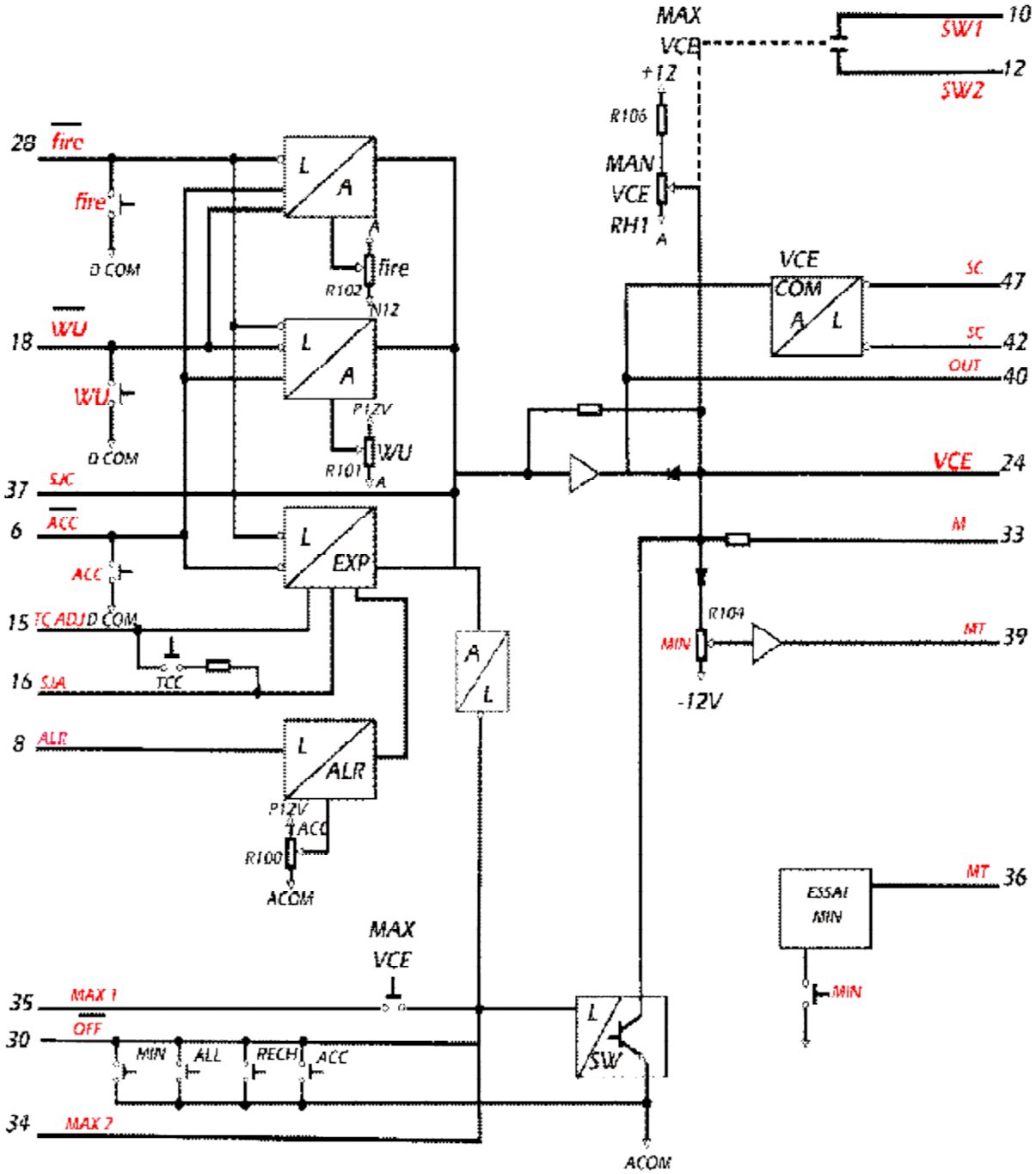



**Figure III.6 : Carte de commande Speedtronic ''SSKC''.**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- **VCE ZERO**

L'entrée sur la broche 30 attaque un commutateur à transistor représenté par la boite désignée "L" et "SW" (logique à commutation, "Logic to SWitching"). Un signal logique convenable alimenté sur "L" débloque le transistor et relie la barre VCE directement au commun logique (A-COM), ce qui maintient le VCE à zéro, indépendamment de tous les autres systèmes. Cette entrée sert à forcer le VCE à zéro en cas de mise à l'arrêt par la commande de vitesse.

L'entrée sur la broche 30 provient du circuit de protection principal, et devient un "0" lorsqu'une certaine séquence de contrôle a été effectuée et qu'un signal de lancement a été donné. Tout système de protection qui ferait déclencher la turbine ferait passer cette entrée d'un état "0" à un état "1". Le signal "non-off" indique que l'entrée sur la broche 30 est l'inverse logique de la sortie normale logique du circuit de protection.

Dans ce cas, la turbine étant déclenchée, l'entrée sur la broche 30 est un état logique "1", et le commutateur transistorisé est conducteur, ce qui met la barre VCE en court-circuit sur le commun en maintenant le VCE à une valeur nulle.

Lorsque la turbine a été lancée, le circuit de protection principal est satisfait et cette entrée passe à un état logique "0" ; le transistor est alors bloqué et la barre VCE est séparée du commun. Un signal VCE peut maintenant être établit sur la barre VCE.

- **VCE ALLUMAGE**

Une entrée convenable appliquée à la broche 28 met sous tension une source indiquée par la boite représentée par "L" et "A". Ceci est un élément de conversion logique à analogique qui, lorsqu'il est conducteur, fait passer un courant à la jonction de totalisation. L'amplificateur opérationnel essaie de maintenir un débit de courant nul à sa connexion avec la jonction de totalisation.

La valeur du VCE d'allumage est réglée au moyen du potentiomètre R102 qui commande le courant de la jonction de totalisation lorsque l'élément L/A est conducteur.
Un bouton-poussoir d'essai "allumage" (fier) employé pour étalonner le système lorsque la turbine est à l'arrêt.

Les entrées de la broche 18 "$\overline{\text{WU}}$" et de la broche 6 "$\overline{\text{ACC}}$" sont également un "1" logique. Lorsque les trois entrées sont toutes un "1" logique, l'élément L/A est conducteur.
La condition non-allumage, correspondant à une entrée sur la broche 28 inverse du signal de sortie normal d'allumage. Au moment convenable pendant la séquence de lancement, l'entrée



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

logique sur la broche 28 passera à un état "0" pour établir le niveau de combustible correspondant à l'allumage des chambres de combustion.

- **VCE RECAUFFAGE**

Les entrées convenables sur les broches 18, 28 et 6 rendront conducteur l'élément L/A, ce qui produit un courant dans la jonction de totalisation.

Le passage du courant dans la jonction de totalisation fait changer la sortie de l'amplificateur opérationnel, produisant une réduction du niveau VCE. Cette nouvelle valeur est appelée "VCE réchauffage" et peut être réglée par le potentiomètre R101.

L'entrée pour la broche 18 "WU" (Warm Up) provient du système détecteur de flamme. La sortie de ce dernier passe à un "0" logique lorsque le détecteur de flamme indique une flamme dans les chambres de combustion. Ce "0" logique, en plus des entrées des broches 28 et 6, rend conducteur l'élément de réchauffage L/A. l'entrée logique "0" sur la broche 18 sert également à bloquer l'élément L/A d'allumage. A ce moment l'élément L/A "WU" est le seul dispositif alimentant la jonction de totalisation de l'amplificateur opérationnel.

Le bouton-poussoir "WU" est employé pour étalonner la vanne de réchauffage du VCE lorsque la turbine est à l'arrêt. Lorsqu'on appuie sur ce bouton, il relie l'entrée 18 à D-COM, ce qui produit une entrée logique "0". Ce niveau logique rend conducteur l'élément L/A WU, ce qui bloque l'élément FIRE (allumage).

- **VCE ACCELERATION**

L'entrée 6 fait monter le VCE de la valeur de réchauffage à la valeur fixe d'accélération. Ce changement est accompli à un taux exponentiel prédéterminé. Le temps nécessaire pour changer le VCE, de la valeur de réchauffage à la valeur fixe d'accélération, est d'environ une minute. L'exponentielle n'est pas réglable, mais le niveau fixe du VCE d'accélération est réglable.

Un "0" logique sur la broche 6, un "0" sur la broche 28 rendent conducteur l'élément L/A d'accélération de sorte que le VCE augmente au taux normal jusqu'à la limite prédéterminée d'accélération fixée par le potentiomètre R100.

La broche 15 est désignée par réglage de la constante de temps ("Time Constant Adjust" : TC ADJ). Cette broche, avec la broche 16 (SJA) est employée pour changer la constante de temps de circuit en branchant des résistances externes entre les broches 16 et 15.
Le bouton-poussoir ACC est employé pour étalonner la limite prédéterminée d'accélération lorsque la turbine est à l'arrêt. En poussant ce bouton, on relie l'entrée 6 à D-COM, ce qui



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

produit une entrée logique "0". Ce niveau logique rend conducteur l'élément L/EXP ACC, ce qui bloque l'élément L/A FIRE et l'élément L/A WU.

Le bouton-poussoir TCC (changement de constante de temps) est employé pour l'étalonnage de la limite d'accélération et le VCE maximum. En appuyant sur ce bouton, on réduit la constante de temps par un facteur de 10. Ceci permet d'atteindre le point d'étalonnage de la limite d'accélération et le maximum de VCE à une cadence plus rapide.

- **VCE MAXIMUM**

A l'entrée 8, l'augmentation de limite d'accélération ("accélération limit raise" : ALR), rend conducteur l'élément L/ALR lorsque le niveau logique sur la broche 8 est à l'état "1". Le niveau logique "1" force la sortie sur le potentiomètre d'accélération à un niveau de +12 volts, ce qui permet à la barre du VCE de passer sous la commande du régulateur. Le réglage pour VCE maximum est obtenu par le potentiomètre R106 situé à la partie supérieure droite de la carte SSKC.

Le potentiomètre R106 est alimenté à partir du régulateur dernier étage +12 volts. C'est une tension à limitation de courant qui alimente la barre VCE.

Le potentiomètre manuel (MAN VCE), le potentiomètre RH1, permet une commande manuelle de la barre VCE. On peut régler entre les valeurs MAX VCE et zéro si une autre boucle de commande n'agit pas pour faire baisser le VCE.

Un interrupteur de fin de course sur le potentiomètre relie la broche 10 'SW1' à la broche 12 'SW2' lorsque le rhéostat RH1 n'est pas complètement en position anti–horaire, pour indiquer que le contrôle MAX VCE n'est pas en position normale.

La VCE maximum est muni d'un verrouillage de permission, entrée 35 MAX 1, de telle sorte que, pour essayer le VCE maximum, le commutateur de l'opérateur « 43 » doit être en position HORS-SERVICE ou LANCEMENT. Si le commutateur de l'opération est en position HORS-SERVICE ou LANCEMENT, lorsqu'on appuie sur le bouton-poussoir MAX VCE, un "0" logique est appliquée sur l'élément L/SW. Ceci bloque le transistor et rend l'élément L/A conducteur. Permettant au VCE d'atteindre la valeur maximum.
L'entrée 34 MAX 2, lorsqu'elle est branchée, est sortie sur un point d'essai d'étalonnage.

- **VCE MINIMUM**

Le VCE minimum, ou circuit de combustible minimum d'extinction, surveille la barre VCE. Au cas où la valeur de VCE tendrait à descendre en-dessous du point de consigne, ce circuit produit une polarisation négative sur la broche 39 « MIN ». La valeur minimum est réglée par le potentiomètre R104, et la polarisation négative est fournie par l'amplificateur



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

R104. La sortie est reprise par la jonction de totalisation de la carte de commande de vitesse et par la partie commande de vitesse.

La valeur du VCE correspondant au minimum de combustible d'extinction peut être essayée en appuyant sur le bouton-poussoir MIN. Une polarisation positive est appliquée sur la broche 36 de MT de la carte de commande de vitesse. Cette polarisation simule un signal de réaction de vitesse qui permet à la carte de vitesse de diminuer le VCE. **[8]**

**Conclusion**

Les outils câblés sont caractérisés par l'établissement de liaisons physiques, et suivant une logique donnée à l'avance. Le système analogique Mark II en est une parfaite illustration. La conception non évolutive, l'inertie et la difficulté de détecter les pannes montrent les limites de ce système.

Aujourd'hui, l'évolution de la micro-électronique et de l'informatique a envahi le domaine de l'industrie pour faire de la technique de l'automatisation un domaine beaucoup plus simple. Grace à ces progrès établis le système de commande SPEEDTRONIC a connu une dernière versions plus développées Mark IV qui sera l'objet du chapitre suivant.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

# CHAPITRE 4

# Système de commande SPEEDTRONIC MARK VI

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**Introduction**

Dans la perspective d'un développement d'une commande programmable, ce chapitre propose une partie de commande de la turbine à gaz qui est la commande de vitesse.

**IV.1 Définition du système Speedtronic Mark VI**

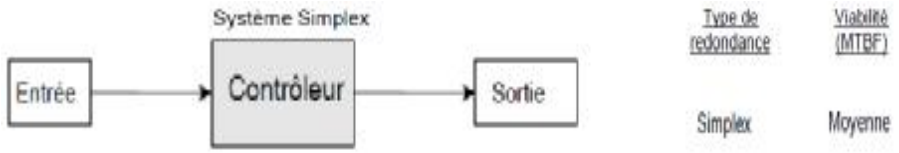
Le système de commande SPEEDTRONIC est prévu pour assurer la commande et la protection des turbines à gaz et à vapeur. Grâce aux derniers développements technologiques on a abouti à la version Mark VI du système SPEEDTRONIC qui est basé sur les automates programmable industriel API.

Les fonctions principales du système de commande de la turbine Mark VI sont les suivantes :

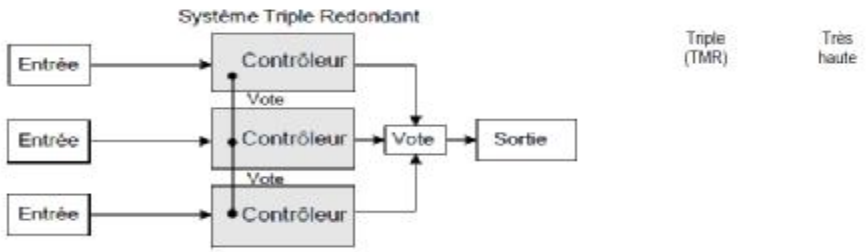
- La commande de la vitesse pendant le démarrage et l'arrêt de la turbine.
- La commande de la charge de la turbine pendant le fonctionnement normal.
- La surveillance et la protection contre d'éventuelles survitesses, réchauffements, vibrations ou pertes de flamme.

Le système Mark VI a été crée pour opérer avec deux configurations différentes :

Ø Configuration Simplex : pour applications non redondées, où le système après une défaillance intérompu.




Ø Configuration TMR : pour applications où les défaillances du système ne causent pas l'arrêt complet du procédé contrôlé.




Afin d'obtenir une plus haute fiabilité, Mark VI utilise une architecture TMR avec techniques sophistiquées de vote du signal.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

La figure suivante montre un système de commande Mark VI typique pour une turbine avec les entrées importantes et les sorties de commande.

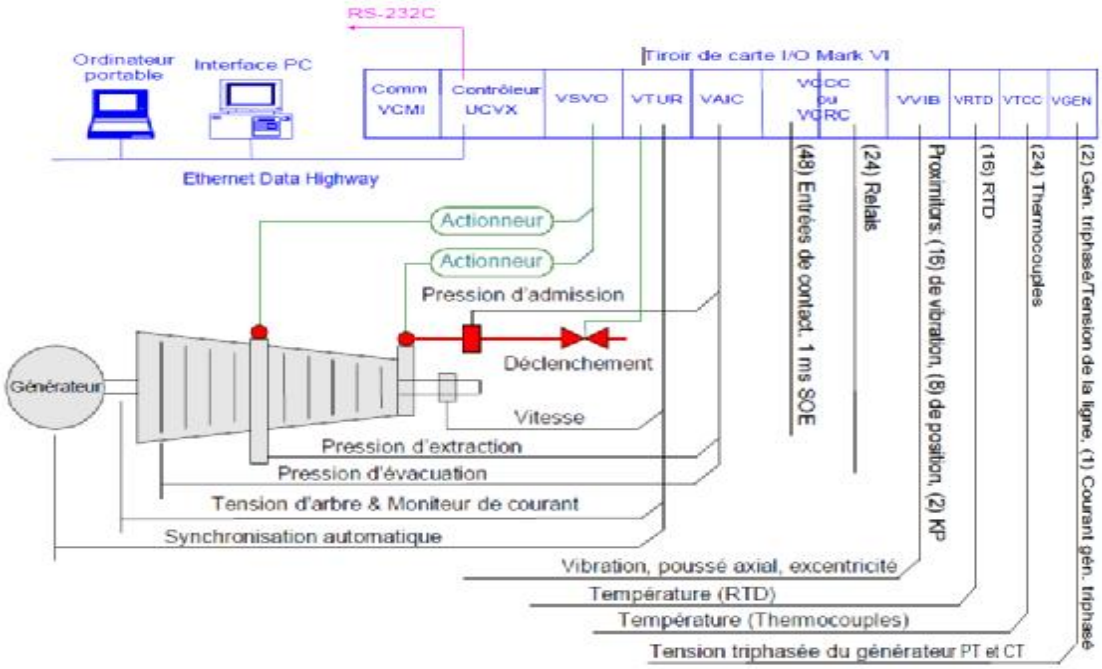



**Figure IV.1** : Système de commande typique de la turbine

## IV.2 Architecture du système

Le système de commande Mark VI se compose des sous systèmes suivant :

### IV.2.1 Armoire E/S

Le compartiment I/O contient soit des modules simples, soit des modules d'interfaces triples, Ceux-ci sont connectés aux contrôleurs par IONet et aux plaques à bornes par des câbles dédiés. Les plaques à bornes se trouvent dans le compartiment I/O situé dans la proximité des modules d'interface. Les demandes de puissance sont 120/240 V ca et/ou 125 V cc.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**Ø Plaques à bornes**

La plaque à bornes fournit le point de connexion du câblage qui provient de l'installation de la turbine et repartit les signaux vers les trois contrôleurs. Chaque type de carte I/O comporte sa carte à bornes spéciale. Puisqu'un circuit de répartition est une défaillance potentielle d'un seul point, la plaque à bornes contient un minimum de circuits actifs, limités principalement aux filtres et aux dispositifs de protection. La puissance pour les sorties vient d'habitude depuis la carte I/O, mais pour certains relais et sorties d'électrovalves, des fiches séparées de puissance sont montées sur la plaque à bornes.

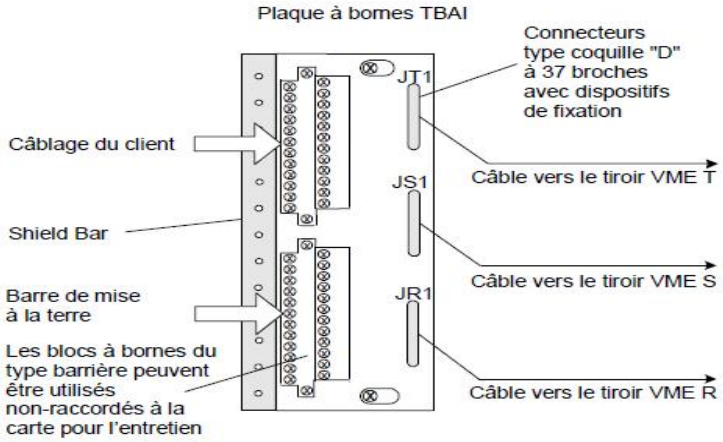



**Figure IV.2 : Plaque à bornes typique**

### IV.2.2 Armoire de commande

La cabine de commande contient soit un module de commande simple Mark VI ou bien trois modules de commande TMR. Ceux-ci sont interconnectés par un réseau I/O simple ou triple à haute vitesse, appelé IONet ; Et sont connectés à UDH par leur port Ethernet.

La cabine de commande nécessite une alimentation de 120/240 V ca et/ou 125 V cc. Celle-ci est convertie à 125 V cc pour l'alimentation des modules.

**Ø Module de commande**

Le module de commande est disponible comme un dispositif de commande intégré et un module I/O ou seulement comme un module de commande autonome. Le dispositif de commande intégré et le tiroir I/O peuvent comporter soit 21 fentes ou 13 fentes VME.

La figure suivante montre un tiroir à 21 fentes avec une carte de communication VCMI à trois IONet et un contrôleur UCVx. L'UCVx doit entrer dans la fente 2. Les autres fentes sont remplies avec les cartes I/O.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

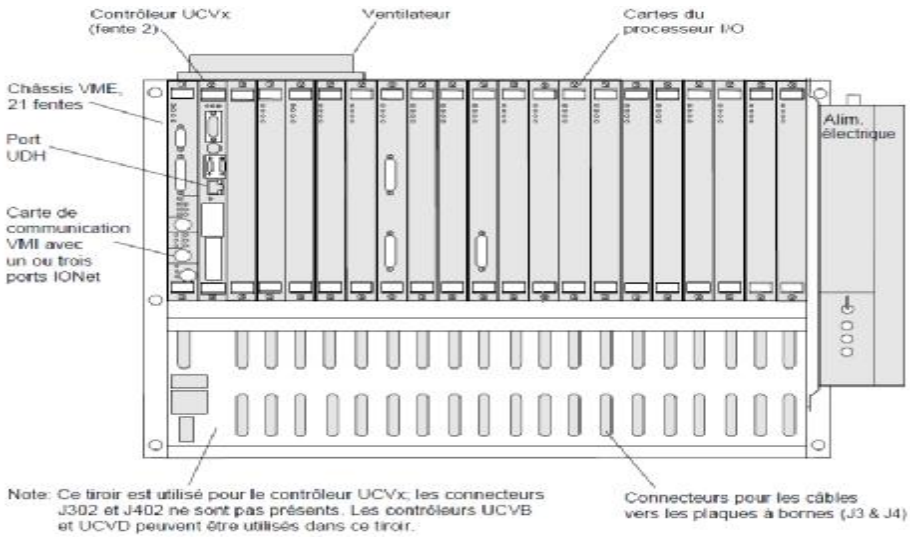



**Figure IV.3 : Module de commande avec cartes de commande, de communication et I/O**

### Ø Module d'interface

Le module d'interface loge les cartes I/O à distance du module de commande. Le tiroir montré sur la figure suivante, est similaire au tiroir VME du module de commande, mais sans contrôleur.

La communication avec le module se fait par un VCMI avec un seul port IONet.

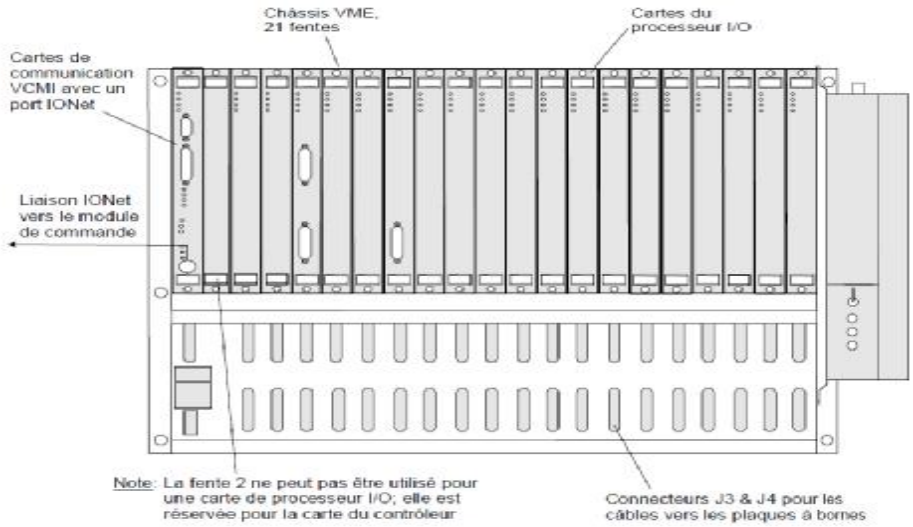



**Figure IV.4 Module d'interface avec cartes VCMI et I/O**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### Ø Carte de communication VCMI

La carte VCMI du module de commande et d'interface communique avec les cartes I/O du tiroir et avec les autres cartes VCMI par IONet.

Les deux versions de cartes VCMI sont montées sur la figure suivante :

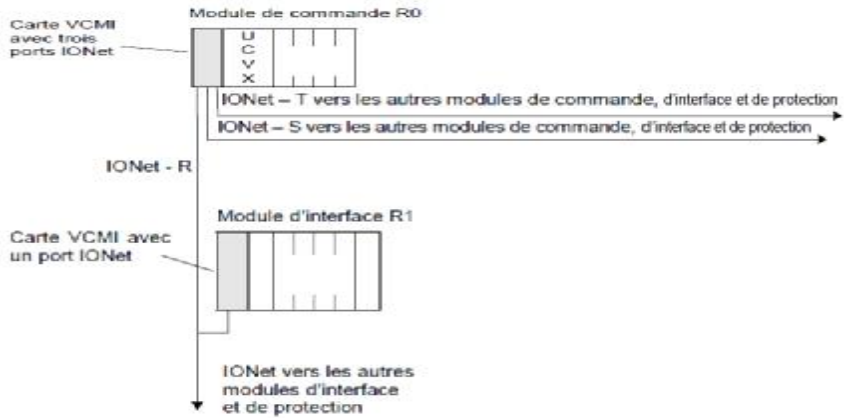



**Figure IV.5 : Cartes VCMI fournissant la communication I/O et le vote I/O**

### Ø Carte de contrôle UCVE

Le contrôleur UCVE est une carte VME à un seul emplacement, logeant un seul processeur à une grande vitesse, une DRAM, une mémoire instantanée, un port Ethernet et deux ports sériels RS-232C. Le contrôleur fournit la communication avec l'UDH par le port Ethernet.

Les données externes sont transférées depuis le/au contrôleur à travers le bus VME, par la carte de communication VCMI. Dans un système simplex, les données proviennent des I/O sans subir le processus de vote, tandis que dans un système TMR, elles proviennent les I/O votées.

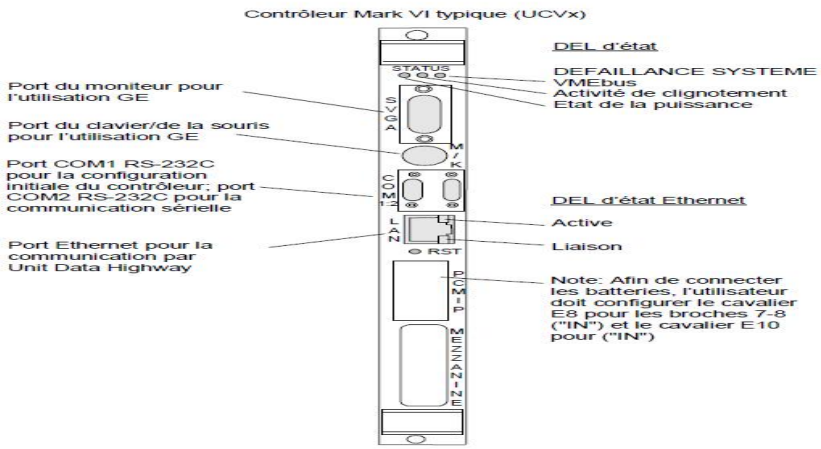



**Figure IV.6 : Compartiment frontal du contrôleur UCVE**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### Ø Cartes I/O

Le tableau suivant indique toutes les cartes I/O du processeur, le numéro des cartes I/O par processeur qu'elles supportent et leurs plaques à bornes standard associées :

| Cartes I/O du processeur | Type de signal I/O | Nombre d'I/O par processeur | Plaques à borne associées |
|---|---|---|---|
| **VAIC** | Entrées analogiques, 0-1 mA, 4-20 mA<br>Sorties analogiques, 4-20 mA,0-200mA | 20<br>4 | TBAI<br>TBAI |
| **VCRC** | Entrées à contact, 70-145 V DC,<br>Sorties de solénoïde<br>Sorties à relais à contact | 48<br>12<br>12 | TBCI<br>TRLY(125 V dc 0.6 A)<br>(24 V DC 3.0 A)<br>TRLY (120/240 V AC) |
| **VRDT** | Dispositif de température à résistance (RTD) | 16 | TRTD |
| **VSVO** | Sorties de réglage à la soupape de réglage hydraulique<br>Entrées de TDVL depuis la position de la soupape<br>Sorties d'excitation de TDVL<br>Entrée de taux d'impulsion pour la surveillance du débit<br>Excitation de la sonde de fréquence | 4<br>12<br>8<br>2<br>2 | TSVO<br>TSVO<br>TSVO<br>TSVO<br>TSVO |
| **VTCC** | Entrées de thermocouple | 24 | TBTC |
| **VTUR** | Sondes magnétiques de vitesse de taux d'impulsion<br>Transformateurs de potentiel, générateur bus<br>Moniteur de courant et de tension d'arbre<br>Interface de disjoncteur<br>Détecteurs de flammes<br>Pilotes à solénoïdes de déclenchement pour les ETD | 4<br>2<br>2<br>1<br>8<br>3 | TTUR<br>TTUR<br>TTUR<br>TTUR<br>TRPG<br>TRPG |
| **VVIB** | Détecteur de proximité d'arbre/sonde sismiques (Vibration/Déplacement/Accélération) | 16 | TVIB |



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### Ø Module de protection de la turbine

Le Module de protection de la turbine (VPRO) et les plaques à bornes associées (TPRO et TREG) fournissent une protection indépendante d'urgence contre les vitesses de pointe. Le module de protection est séparé du dispositif de commande de la turbine et consiste dans des plaques triples redondantes VPRO, chacune avec sa source d'alimentation électrique montée sur la plaque, comme montré sur la figure suivante. La VPRO commande les électrovalves de déclenchement par les circuits de vote du relais se trouvant sur les plaques TREG,TREL et TRES.

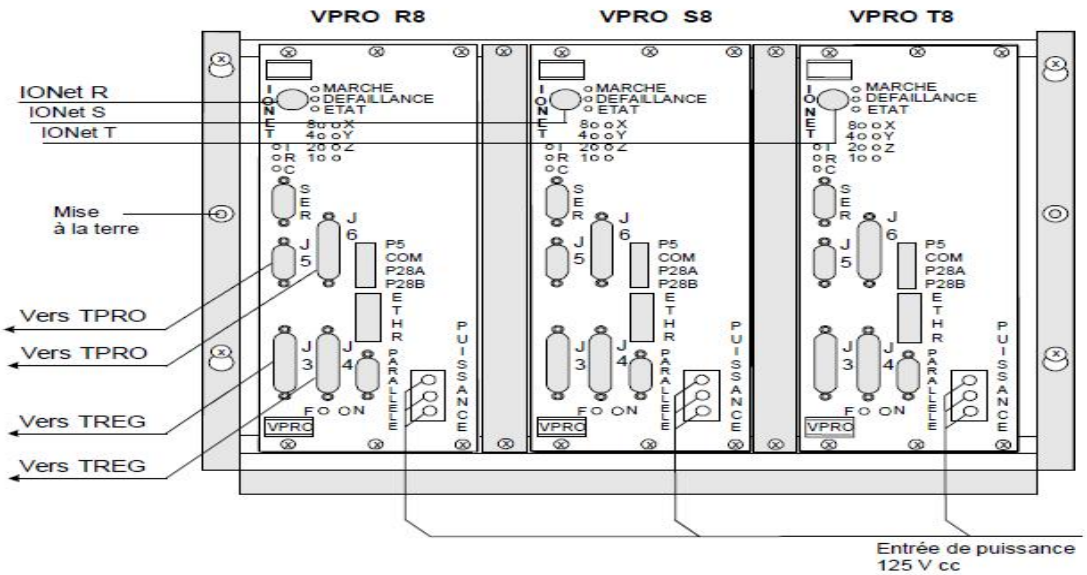



**Figure IV.7: Module de protection de la turbine avec connexions de câblage**

### IV.2.3 Interface homme machine (HMI)

Les HMI typiques sont des PC sur lesquels est installé un système d'exploitation Windows, avec pilotes de communication et logiciel d'affichage de l'opérateur CIMPLICITY.

L'opérateur initie les commandes depuis les affichages graphiques en temps réel et peut visualiser les données et les alarmes de la turbine en temps réel sur les affichages graphiques CIMPLICITY.

Les diagnostics détaillés I/O et la configuration du système sont réalisés à l'aide du logiciel (TOOL BOX).

Les HMI sont connectées à un bus de données ou à des cartes d'interface de réseau redondantes pour une fiabilité augmentée.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### IV.3 Les réseaux de communication

Le Mark VI s'appuie sur une hiérarchie des réseaux utilisés pour interconnecter les différents nœuds. Ces réseaux séparent le trafic des diverses communication sur différents niveaux, suivant leur fonctions individuelles.

- **Unit Data Highway (UDH)**

Le réseau UDH connecte les panneaux de commande Mark VI avec l'HMI. Les médias des réseaux sont de type fibre optique Ethernet. Il utilise les données globales Ethernet (EGD). Ces données sont lues par la carte à contrôleur de communication principale (VCMI) et transmises aux autres contrôleurs.

- **Plant Data Highway (PDH)**

La PDH connecte le serveur CIMPLICITY HMI/de données avec les stations à distance, les imprimantes, les historiens et les autres ordinateurs clients. Elle ne fait pas la connexion directe avec Mark VI.

- **Ethernet Global Data (EGD)**

L'EGD permet de partager des informations entre les composants du contrôleur dans un environnement réseau.

- **Réseau IONet**

IONet est un réseau Ethernet utilisé pour communiquer les données entre la carte de communication VCMI du module de commande, les cartes I/O et les trois sections indépendantes du Module de protection <P>. IONet communique aussi les données entre les contrôleurs des systèmes TMR.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### IV.4 Boite à outil du système de commande Mark VI

La boite à outils (Toolbox) du système de commande est un produit de 'GE Control System Solutions', c'est un logiciel à base de microprocesseurs utilisé pour configurer et maintenir l'équipement de commande. L'application toolbox est une application s'exécutant sous Windows® qui est exécutée sur un Pentium® 166 ou sur un ordinateur personnel plus avancé (pc). Les fonctions primaires de l'application Toolbox comprennent :

• Editeur graphique pour la configuration du code d'application
• Support pour blocs, macros et librairie de modules.
• Organigramme bloc de données en ligne.
• Modification du code en ligne
• Fichier d'aide en ligne
• Configuration et surveillance des E/S
• Gestion des signaux
• Gestion des fichiers multi utilisateurs
• Génération des rapports. **[7]**

### IV.4.1 Espace de travail

L'application Toolbox est démarrée sur des stations de travail sous Windows NT ou 95

**Ø Pour démarrer l'application Toolbox**

1. Cliquer sur le bouton Windows **Start, Programs**, **GE Control System Solutions**, et **Control System Toolbox**.

2. Cliquer sur l'icône de l'application Toolbox. L'espace de travail de l'application Toolbox s'affiche. Il est vide jusqu'à l'ouverture ou la création d'un dispositif.

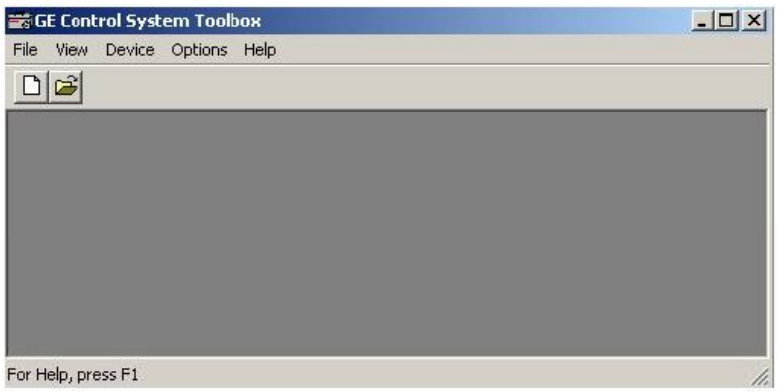



**Figure IV.8 : Espace de travail Toolbox**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

L'écran suivant représente un format de base de l'espace de travail de la boite à outils après avoir créé un nouveau projet :

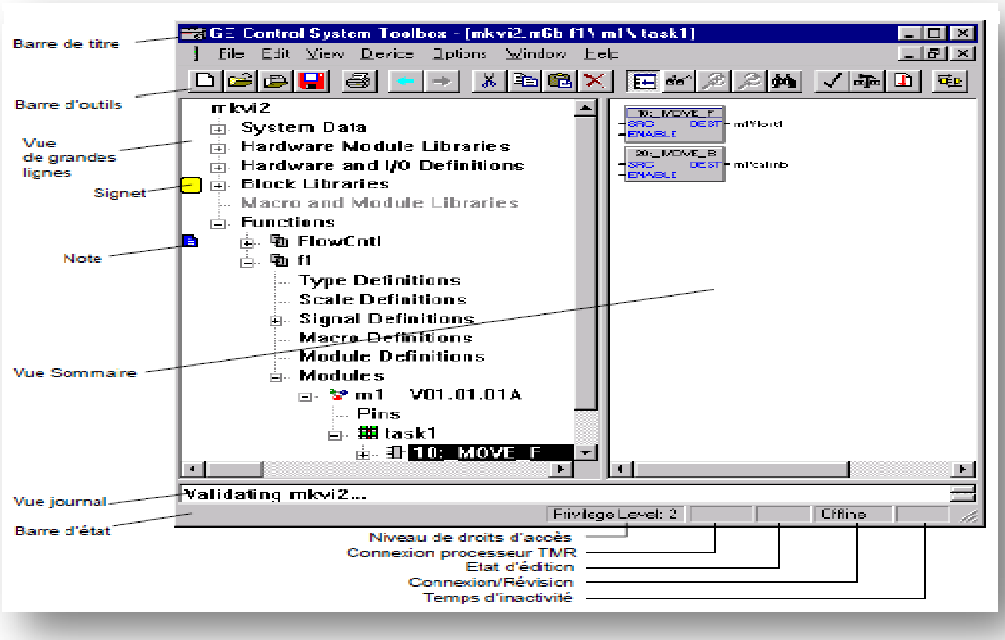



**Figure IV.8 : Espace de travail Toolbox**

### IV.4.2 Code d'application

Le logiciel du contrôleur est composé de blocs qui exécutent une logique de commande. Le logiciel est dénommé **blockware.** Ces blocs correspondent à un bloc de fonction qui existe dans le code du produit. Les définitions de bloc sont importées comme fichiers (.tre) dans les bibliothèques de bloc. 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 quel nombre de modules compose une fonction.

Il y a deux niveaux du groupe de blocs qui peuvent être réutilisés et instanciés un nombre quelconque de fois :

• **Macro(s)** contiennent une collection standard de blocs.

• **Module(s)** son tune collection plus complexe de tâches qui ont une relation de planification définie.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**Ø Blocs**

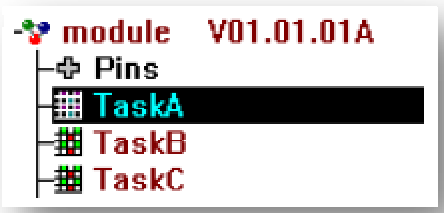
Les blocs sont l'élément de programmation le plus élémentaire. Ils peuvent exécuter des fonctions telles que des fonctions mathématique, ils peuvent résoudre un RLD (Diagramme LADDER du relais) et effectuer une filtration. Ils peuvent résoudre aussi une équation booléenne.

**Ø Macros**

Une macro représente une collection de blocs et d'autres macros qui contient des entrées et des sorties bien définies. Une fois que la macro est définie, elle peut être insérée dans une tâche ou dans une autre macro. Les blocs internes et les connexions de la macro insérée ne peuvent pas être changés.

**Ø Taches**

Elle contient des blocs et /ou des macros qui représentent une séquence de programmation, les tâches sont planifiées sur la base de l'ordre dans lequel elles sont affichées sur l'espace de travail. Dans l'exemple suivant, Task A précède Task B et Task B précède Task C.




**Ø Pins**

Dans la boite à outils, les paramètres de blocs macros et modules sont appelés des pins (broche). Toutes les broches ont un nom unique en fonction de leur bloc, macro ou module. Les broches sont connectées par des signaux qui sont l'unité de base pour des informations variables.

**Ø Modules**

Le module est un ensemble de taches programmées, qui peut être réutilisé autant que blocs.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ø **Fonctions**

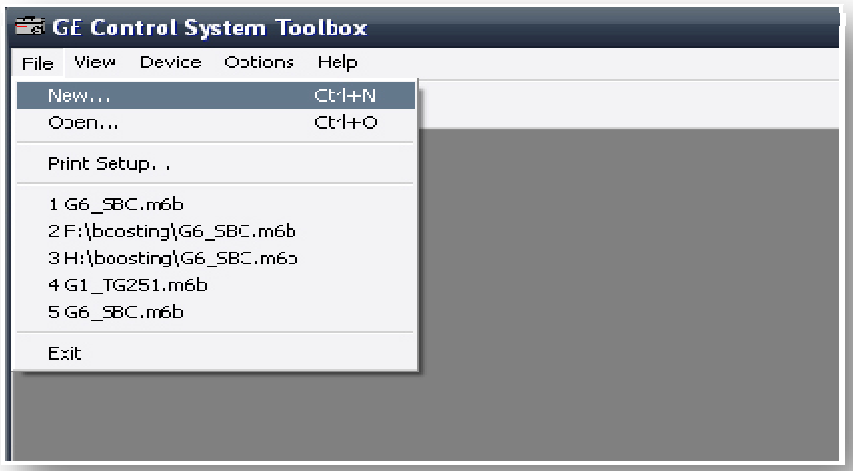
Les fonctions sont au niveau le plus haut de la hiérarchie qui représente la programmation d'une fonction de commande, et sont principalement utilisées pour grouper des modules inter reliés. Les signaux les définitions de module, les définitions macro et les instances d'une fonction donnée, peuvent être associés indépendamment à une fonction. **[5] [6]**

### IV.4.3 Configuration d'un nouveau projet sur Mark VI

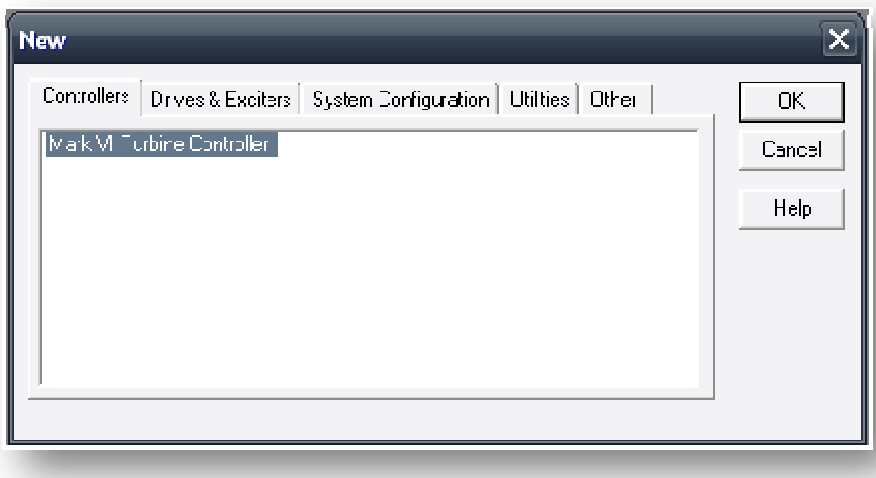
Afin de créer un nouveau projet on procède par les étapes suivantes :

Ø Démarrer l'application toolbox

Ø Du menu **File** créer un nouveau projet



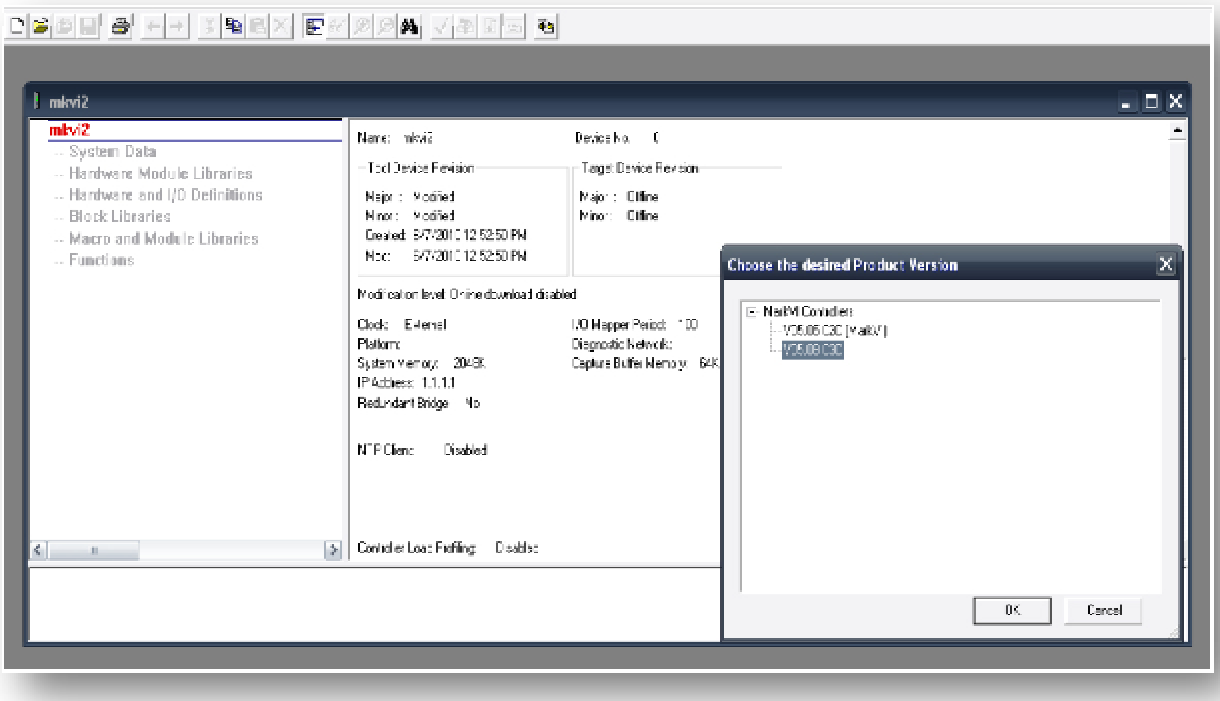

Ø La boite de dialogue **New** s'affiche. Pour la création du contrôleur on clique sur **OK**



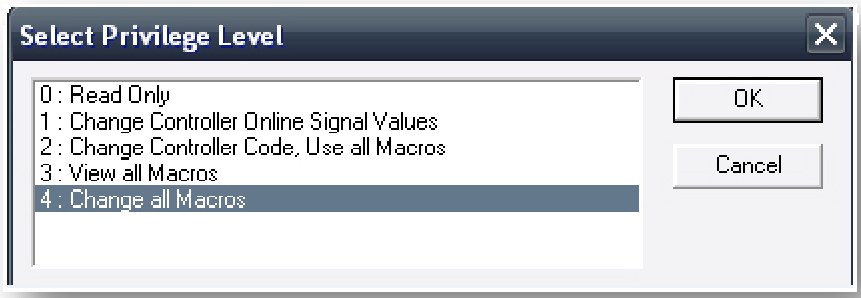


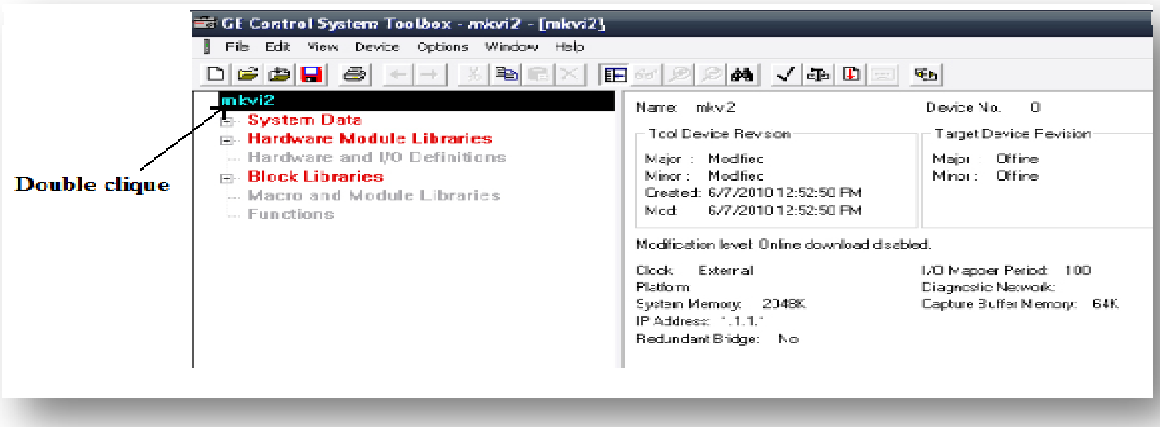

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ø Une nouvelle fenêtre s'affiche pour le choix de la version




Ø On cliquant sur **Option,** on choisi **le privilège**

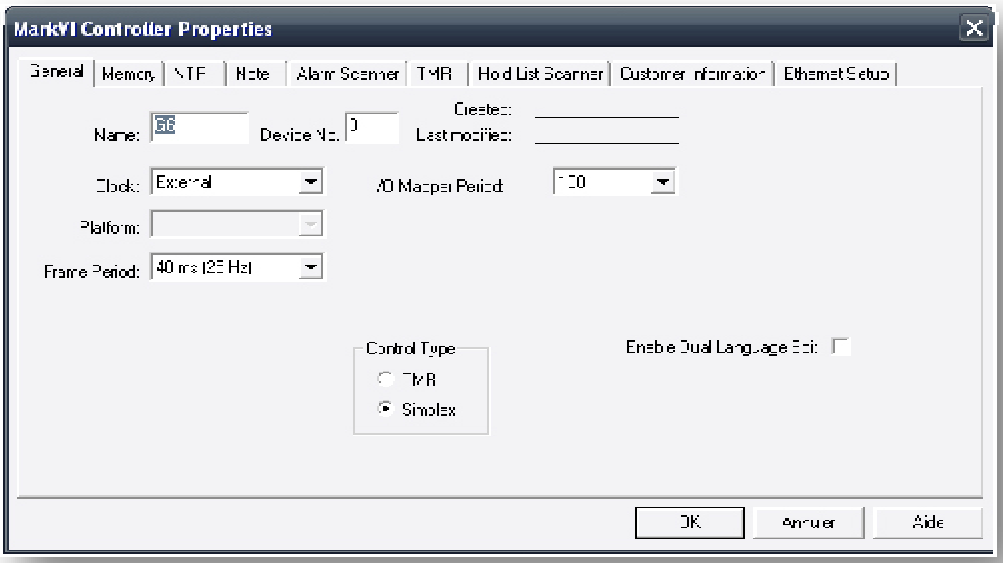


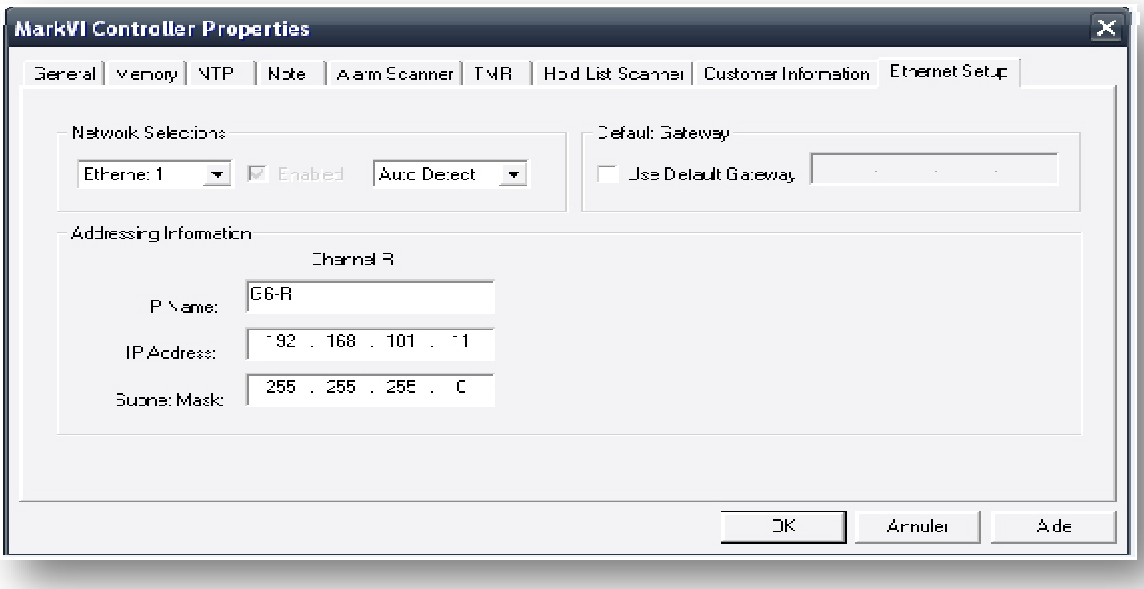



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ø Dans l'onglet **General,** on choisit le nom du projet et le type du contrôleur.




Ø Puis dans l'onglet **Ethernet setup** on introduit le nom et l'adresse IP




Ø Insertion de l'interface réseau EDG

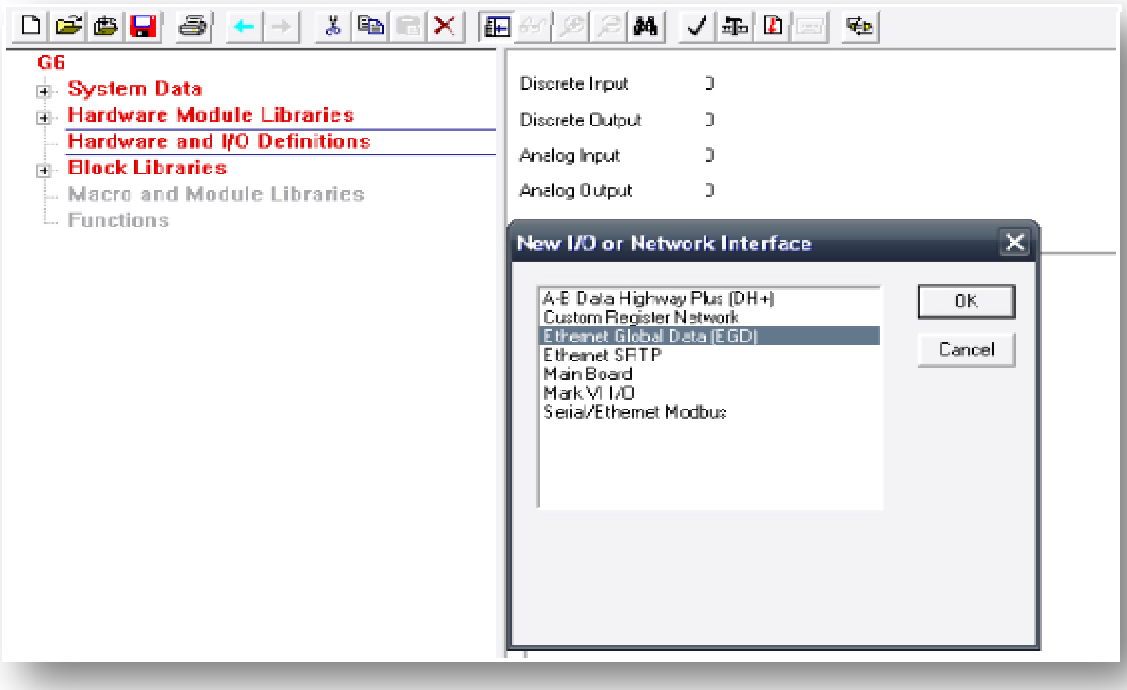
1. Dans **Outline View**, cliquer **Hardware** et **I/O Definitions.**

2. Dans le menu **Edit,** sélectionner **Insert First.** La boite de dialogue **New I/O or Network Interface** s'affiche.

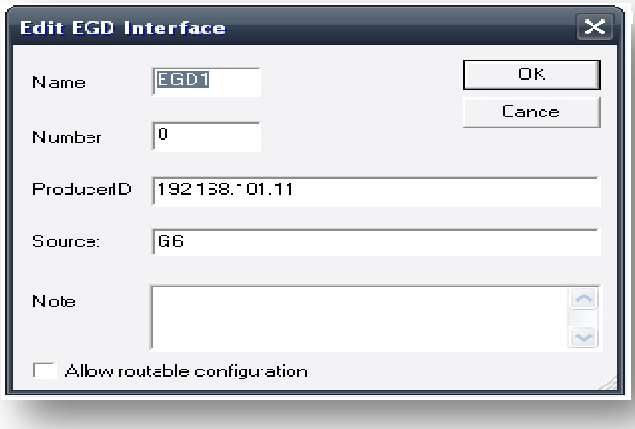
3. Sélectionner l'interface **EGD** (Ethernet Global Data) et cliquer sur **OK**. Le réseau est inséré dans l'**Outline View.**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com




4. une fenêtre s'affiche, on doit mettre la source




- Insérer les I/O du Mark VI

1. De la même façon que dans l'étape précédente, on clique sur **Hardware** et **I/O Definitions** puis sur **Edit,** sélectionner **Insert first.**

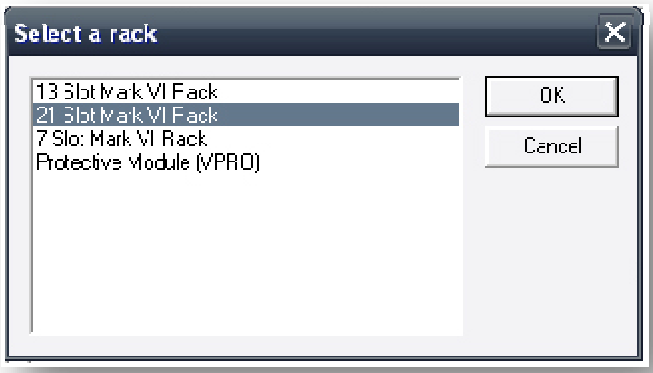
2. Dans la boite de dialogue on clique sur **Mark VI I/O** puis sur **OK.**

Une configuration des I/O Mark VI consiste en un ou plusieurs bâtis, chacun avec un numéro unique. Le bâtis de commande master doit être Rack 0, qui contient le contrôleur Mark VI et la carte VME Communications Interface (VCMI).

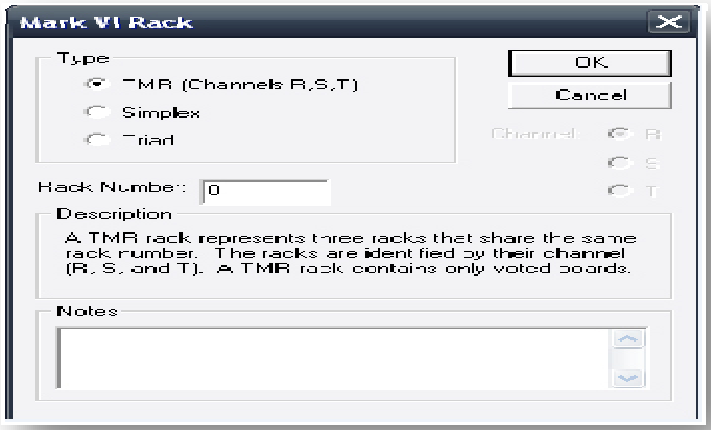


PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

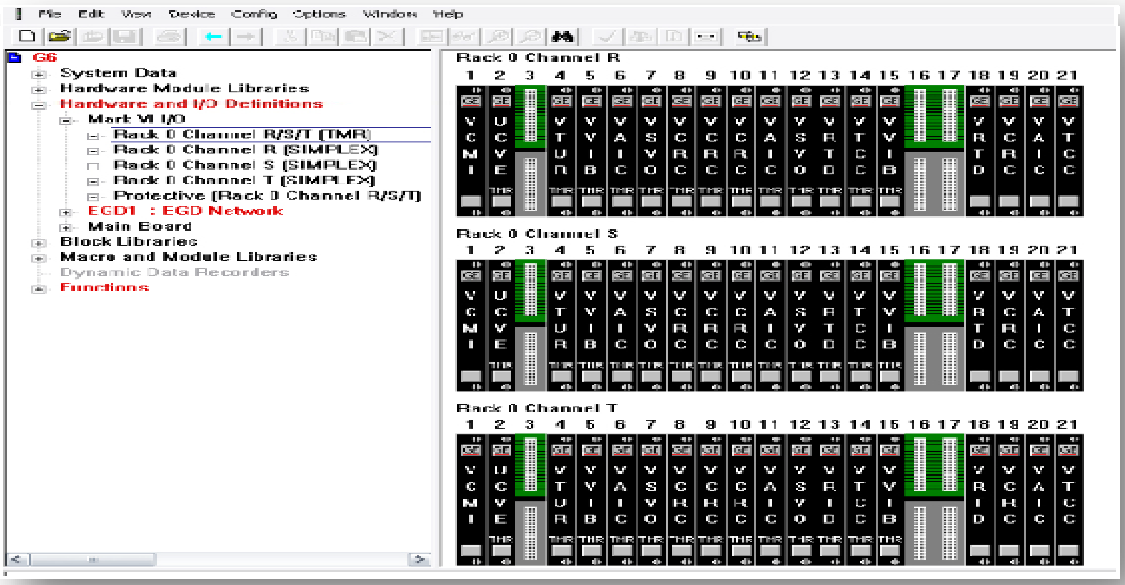
3. sélectionner le rack **Edit-Insert first-Select a rack** et cliquer sur 21 slot.




4. une fenêtre s'affiche, on choisit le type TMR puis on appuie sur **OK**




5. On procède de la même manière pour créer les différentes cartes nécessaires au projet.






PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### IV.4.4 Programmation

Pour créer une nouvelle fonction, on commence par l'ajout d'une nouvelle librairie, un nouveau module, des pins et des taches dans la partie "Macros and Module libraries". Puis on ajoute les nouveaux contacts E/S dans la partie "Hardware and I/O Definitions".
Le nouveau Module créé au niveau du Macros and Module Libraries, sera exporté à la fin vers la partie "function" afin de devenir une partie du code d'application.
On note que chaque contact E/S physique doit avoir une correspondance software aux "pins" dans la partie "function", pour que l'exécution du code d'application se déroule normalement.

Les étapes suivantes montrent comment on crée une nouvelle fonction :

**A**- On ajoute une nouvelle librairie en choisissant le nom dans "Macros and Module libraries", puis on insère un nouveau module en introduisant son nom et ses propriétés dans la partie "Module Definition".

On définit les pins du module qui peuvent être une entrée/ sortie physique, ou variable interne qui sera utilisé dans ce module, puis on configure chaque signal entrée/sortie comme suit :

- On donne un nom au signal de tel façon qu'il soit unique, en le précédant par un préfixe (%D). Ce préfixe signifie que ce signal appartient à la bibliothèque "Macros and Module "libraries".
- Préciser le type du signal (bool, flot…)
- Définir l'échelle du signal.
- Définir sa nature (I/O, alarme,…)

**B**- Une fois les pins sont déclarés et configurés, on peut les utiliser comme étant entrées/sorties d'une tache (séquence) qu'on veut programmer. Cette tache peut être activée selon une période ou par son état d'activation (enable). On doit donc la nomer puis on introduit les blocs et les Macros utilisés pour cette séquence. Il existe plusieurs blocs et Macro ayant différentes fonctions (RLD, TIMER, Filtre, Régulateur PID,…).

- Le nouveau module qui a été créé dans la bibliothèque "Macros and Module "Libraries" peut être ajouté au niveau de la partie "Function" afin d'être exécuté.

**C**- Le nouveau module sera inséré dans la partie "Function", en indiquant le nom de la région et le nom du contrôleur approprié.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

On note que :

- Le préfixe (%D) relatif aux pins sera remplacé automatiquement par le préfixe qui désigne le nom de la région.
- Le nom de chaque signal doit être unique.
- Les noms de blocs et bibliothèque standard sont précédés par un trait de soulignement (_) comme par exemple _CLAMP, pour les différencier des macros et des blocs de la bibliothèque de blocs de l'industrie.
- Dans le procédé à contrôler, les capteurs/actionneurs sont repérés par des numéros et des abréviations (Device Tag). Par convention dans l'application MarkVI, les noms des variables associées aux E/S physiques sont en minuscule.

Dans la partie "Hardware and I/O "Definition", on doit associer chaque signal d'E/S définit dans les pins à son contacte physique réel.

Chaque signale est relié à un point de contacte dans une plaque à bornes au niveau de sa carte E/S approprié.

**D**- Valider, construire et télécharger (**Validate, Build** et **Download**)

### VI.5 Concept de la commande de vitesse

Le système de commande de vitesse contrôle la vitesse et la charge de la turbine à gaz en réaction au signal de vitesse de turbine réelle et à la référence de vitesse demandée.

Le signal provenant de l'arbre « basse pression » est employé pour commander le FSR (combustible), tandis que la vitesse de l'arbre « haute pression » est commandée par la positon de la directrice variable au deuxième étage.

La vitesse de la turbine basse et haute pression est mesurée par trois capteurs magnétiques passifs avec une plage de fréquence de 2 à 20 000 Hertz et à l'aide des détecteurs passifs sur une roue à soixante dents, la sensibilité du circuit permet de détecter une vitesse d'engrenage de rotation de 2 tours/minute pour déterminer si la turbine est à l'arrêt (vitesse zéro). Ainsi au niveau de la carte d'E/S VTUR, les trois signaux de vitesse seront conditionnés (filtrés et convertis en tours/minute) à travers la plaque à borne TTUR, et le signal de vitesse médiane est utilisé par le contrôleur pour la régulation de vitesse et pour le déclenchement de survitesse primaire.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

L'exécution du code d'application par le contrôleur Mark VI traite le signal de rétroaction vitesse BP (TNL) en le comparant avec un point de consigne vitesse/charge (TNR) par un algorithme de commande, ce qui génère un signal de commande relatif à la vitesse (FSRN). Si ce signale est le plut bas par rapport aux autre signaux sortant des différentes boucle de commande, il sera considéré comme un signal de référence (FSR) de la boucle de commande de position pour la vanne de contrôle du gaz (GCV).

La position de la vanne de commande de gaz est destinée à être proportionnelle au FSR qui représente le débit de gaz combustible demandé. Le FSR passe à travers le répartiteur de combustible où le besoin de gaz combustible devient FSR2, qui est ensuite conditionné. Ce signal FSROUT est considéré comme la consigne du régulateur N°4 de la carte VSVO où il est converti en un signal analogique qui se dirige vers la vanne d'asservissement à travers la carte TSVO. La position de la tige de la vanne de régulation de gaz est détectée par la sortie d'un transformateur différentiel variable linéaire (LVDT) qui est réacheminé à travers la carte TSVO vers un amplificateur opérationnel sur la carte VSVO, où elle est comparée au signal d'entrée FSROUT. Il ya deux LVDT qui délivrent une rétroaction ; deux des trois contrôleurs sont dédiés à chaque LVDT tandis que le troisième sélectionne la rétroaction la plus élevée.

Si la rétroaction est en erreur avec le FSROUT, l'amplificateur opérationnel sur la carte VSVO changera le signal vers la servosoupape hydraulique pour qu'elle entraine la vanne de commande de gaz dans une direction permettant la diminution de l'erreur. De cette manière, la relation désirée entre la position et le FSR est maintenue et la vanne de régulation mesure correctement le gaz combustible. En plus de FSRN, la boucle de vitesse génère un autre signal de vitesse FSRNDIF, qui sera injecté dans la boucle de régulation de vitesse de l'arbre HP, de telle façon qu'on aura une anticipation sur la directrice variable pour éviter la survitesse HP dans le cas ou on aura un appel d'augmentation de débit de combustible.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Le schéma synoptique suivant résume la régulation de vitesse d'une turbine bi-arbre :

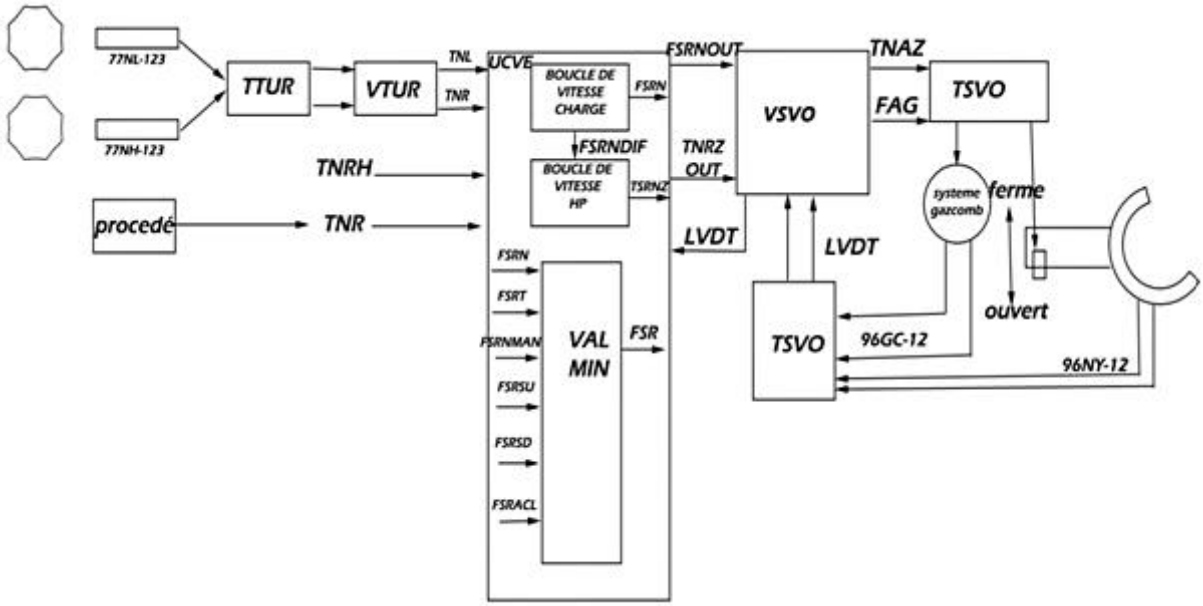



**Figure IV.10 Schéma synoptique de la commande de vitesse**

- **Concept de la protection contre les survitesses :**

Le système de survitesse SPEEDTRONIC Mark VI est conçu pour protéger la turbine à gaz contre d'éventuels endommagements provoqués par une survitesse des rotors de la turbine. Dans des conditions de fonctionnement normales, la vitesse du rotor est contrôlée par la régulation de vitesse. Le système de survitesse ne peut pas être demandé sauf après une défaillance des autres systèmes de contrôle.

Le système de protection de survitesse se compose d'un système de survitesse électronique secondaire et primaire. Le système de protection de survitesse primaire réside dans les contrôleurs <RST>. Le système de protection de survitesse secondaire réside dans les contrôleurs <XYZ> (dans <VPRO>).

Les deux systèmes se composent de capteurs magnétiques pour détecter la vitesse de la turbine, un logiciel de détection de vitesse et des circuits logiques associés et ils sont réglés pour déclencher l'unité à une vitesse seuil de 110% de la vitesse nominale.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- **Système de protection de survitesse électronique**

La fonction de survitesse électronique est assurée à la fois dans <RST> et <XYZ> comme montré dans la Figure suivante. Le signal de vitesse de turbine (TNH) vient des capteurs magnétiques (77NH 1, 2 et 3) et il est comparé à un point de consigne de survitesse (TNKHOS). Lorsque TNH dépasse le point de consigne, le signal de déclenchement de survitesse (L12H) est transmis à un circuit de protection maître pour déclencher la turbine et le message "OVERSPEED TRIP" (DECLENCHEMENT DE SURVITESSE) s'affiche sur l'IHM. Ce déclenchement verrouillera et doit être réinitialisé par le signal de réinitialisation maître L86MR**. [4]**

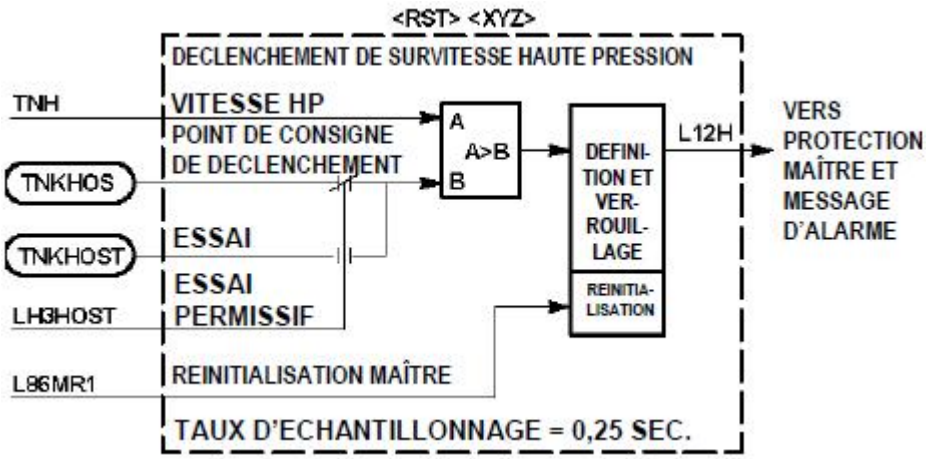



**Figure IV.11 : Déclenchement de survitesse électronique**



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## IV.6 Le programme

### IV.6.1 Définition des signaux

Le tableau suivant présente les différents signaux utilisés dans le programme :

| Signale | Définition | Type | Valeur |
|---|---|---|---|
| **EXT LOWER** | Signale d'augmentation externe | Logique | 0/1 |
| **EXT RAISE** | Signal de diminution externe | Logique | 0/1 |
| **FSR** | Signal de commande du gaz combustible | Réel | % |
| **FSRMAX** | Valeur maximal du FSR | Réel | % |
| **FSRMIN** | FSR minimale pour conserver la flamme de combustion | Réel | % |
| **FSRN** | Signal de commande de la boucle de régulation de vitesse | Réel | % |
| **FSRNDIF** | Signal d'anticipation sur la directrice variable 2ème étage | Réel | % |
| **FSKNG** | Gain proportionnel du régulateur de vitesse BP | Constante | 12.5 |
| **FSKNH** | gain proportionnel du régulateur de vitesse HP OVERRIDE | Constante | 12.5 |
| **FSKNTHC** | constante de temps intégrale du régulateur de vitesse HP | Constante | 2.5 sec |
| **FSKNTC** | constante de temps intégrale du régulateur de vitesse BP | Constante | 2.5 sec |
| **KTNL** | coefficient de conversion rpm-% de vitesse BP | Constante | 46.7%/rpm |
| **K77LS ARATE** | rampe de la référence vitesse/charge | Constante | 10%/ sec |
| **L12L** | Signale de déclanchement survitesse BP | Logique | 0/1 |
| **L14HS** | Vitesse HP 95% de vitesse nominale HP | Logique | 0/1 |
| **L14HUS** | Vitesse HP plus grande que la référence sous vitesse | Logique | 0/1 |
| **L14LS** | Vitesse LP atteint 95% de la vitesse nominale LP | Logique | 0/1 |
| **L3** | Signal indique la fin de séquence de démarrage | Logique | 0/1 |
| **L30F ND** | Boucle de vitesse BP en position de commande | Logique | 0/1 |
| **L30 TXA** | Alarme sur température du gaz d'échappement | Logique | 0/1 |
| **L33CDMN** | Référence vitesse/charge est à la valeur minimale | Logique | 0/1 |
| **L33CDMX** | Référence vitesse/charge est la valeur maximale | Logique | 0/1 |
| **L4** | Signal de protection principal | Logique | 0/1 |
| **L43A** | Sélecteur principal en mode auto | Logique | 0/1 |
| **L43R** | Sélecteur principal en mode remote (à distance) | Logique | 0/1 |
| **L70L** | Augmentation de la référence vitesse/charge | Logique | 0/1 |
| **1701 ddsr** | Ordre de non diminution de référence provenant du DCS | Logique | 0/1 |
| **L70LFPL** | Problème de diminution de la charge | Logique | 0/1 |



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| **L70TNRHR** | Appel d'augmentation de la sous vitesse HP | Logique | 0/1 |
| **L70R** | Diminution de la référence vitesse/charge | Logique | 0/1 |
| **L83HOST** | Test de survitesse HP | Logique | 0/1 |
| **L83LOST** | Test de survitesse BP | Logique | 0/1 |
| **L83OST** | Test de survitesse HP ou BP au cours d'exécution | Logique | 0/1 |
| **L86MR1** | Signal maitre de commande | Logique | 0/1 |
| **L94X** | Arrêt normal en progression | Logique | 0/1 |
| **MAN LOWER** | Signal de diminution manuelle | Logique | 0/1 |
| **MAN RAISE** | Signal d'augmentation manuelle | Logique | 0/1 |
| **RATE1** | Rampe de vitesse BP n°1 | Réel | 0.153%/sec |
| **RATE2** | Rampe de vitesse n°2 | Réel | 0.166%/sec |
| **RATE3** | Rampe de vitesse n°3 | Réel | 0.916%/sec |
| **SD OVRD** | Signal prioritaire d'arrêt normal | Logique | 0/1 |
| **tnl rpm** | Vitesse BP en rpm (feedback) | Réel | Tours/min |
| **TNH** | Vitesse HP | Réel | % |
| **TNKEDB** | Valeur de la zone morte du régulateur vitesse/charge BP | Constante | 0.025% |
| **TNKHOS** | Seuil survitesse HP | Constante | 1,07 |
| **TNKLOS** | Seuil survitesse BP | Constante | 1,1 |
| **TNKHOST** | Référence du test survitesse HP | Constante | 1,1 |
| **TNKLOST** | référence du test survitesse BP | Constante | 113.5% |
| **TNKPRDB** | Valeur de la zone morte | Constante | 0.25% |
| **TNKR3** | Référence vitesse BP maximale | Constante | 1,05 |
| **TNKR4** | référence vitesse BP minimale | Constante | 0,7 |
| **TNKRNR** | Référence HP OVERRIDE | Constante | 1,04 |
| **TNL** | Vitesse BP | Réel | % |
| **TNR** | Référence vitesse/charge BP | Réel | % |
| **TNRP** | Référence vitesse/charge du processus | Réel | % |
| **TNRP H** | Référence vitesse/charge intermédiaire | Réel | % |
| **TNRP HIC** | Référence vitesse/charge provenant du DCS | Réel | % |
| **TRKLOWER** | Référence vitesse/charge est à au dessus du maximum | Logique | 0/1 |
| **TRKRAISE** | Référence vitesse/charge est au dessous du minimum | Logique | 0/1 |



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### IV.6.2 Définition des blocs

Les différents blocs utilisés dans le programme 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 (logiques)

**MENG_F** : c'est un bloc de calcule mathématique qui traite différentes équations mathématiques (addition, multiplication, valeur absolue,…).

**SWITCH_R** : c'est un bloc de sélection. La sélection de l'entrée est faite suivant l'état du signal SEL_T.

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

**_MIN_MAX** : ce bloc prend le minimum ou le maximum des entrées vers la sortie.

**_BENG** : c'est un bloc de résolution des équations logiques (RLD).

**_LATCH** : c'est une bascule qui fonctionne suivant une table de vérité.

**_RAMPH** : ce bloc fait l'incrémentation ou la décrémentation de la valeur actuelle vers une valeur finale tend que le signal HOLD est faux.

**_COMPARE_F** : ce bloc fait la comparaison entre deux entrées.

**ERRORADJ** : c'est un bloc qui compare la vitesse feedback du process (TNRP) avec la référence actuelle (TNR) afin de générer une commande d'augmentation ou diminution automatique du TNR.

**MANSET3** : c'est un bloc de stabilisation qui contrôle la variation de point de consigne.

### IV.6.3. Elaboration du programme de contrôle de vitesse de l'arbre BP

La commande et la protection de la vitesse/charge de l'arbre BP d'une turbine à gaz bi-arbre sont programmées en deux modules :

Le premier module "PC_LOADCtrl" contient une seule tache "Load_Ctrl" qui assure le conditionnement du point de consigne vitesse/charge du process.

Le deuxième module "LPLOAD" contient trois taches :

- Tache 1 : "SPEEDLOAD" pour l'ajustement de point de consigne vitesse/charge.
- Tache 2 : "LPSPEEDREG" pour la régulation de la vitesse BP.
- Tache 3 : "LPSPEEDPROT" pour la protection contre la survitesse.



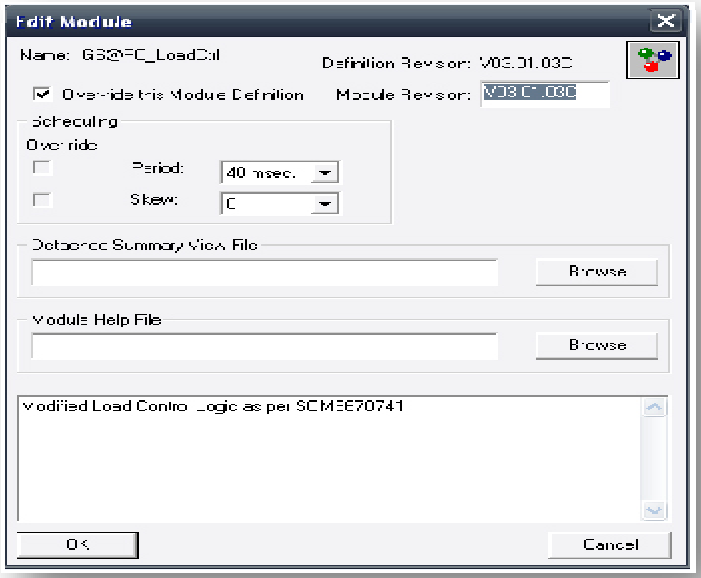
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

### IV.6.4 Exemple de création d'un module

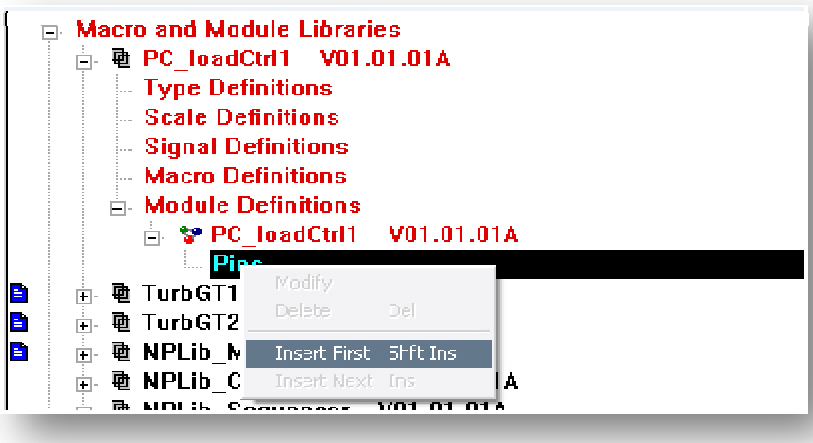
Ø Création du module 1 :

**1-** on ajoute un nouveau module au niveau de "module définitions" dans la partie "Macro and Module Libraries" sous le nom "PC_LoadCtrl".

**2-** on utilise la commande "Modify" pour ajuster la durée d'exécution du module à 40 ms.




**3-** on ajoute les différents signaux (pins) utilisés dans ce module qui sont :
TNR_HIC, TNRP_H, TNRP, TNKR4, TNKR3, K77LS_ARATE

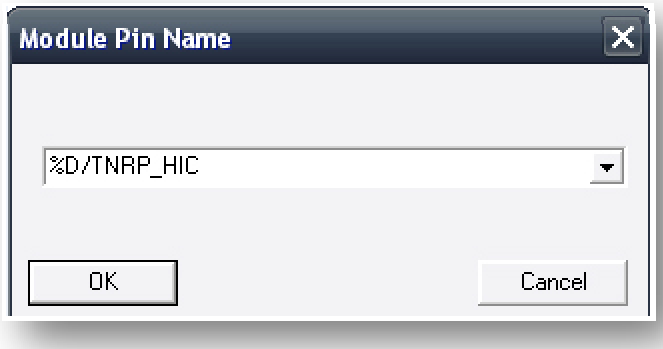




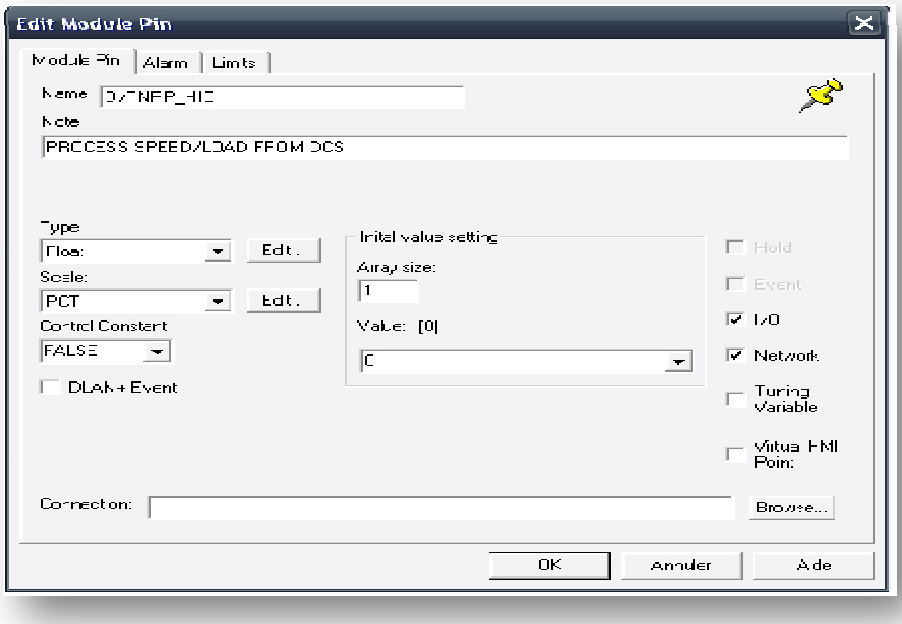

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Chaque signal est configuré de la façon suivante :

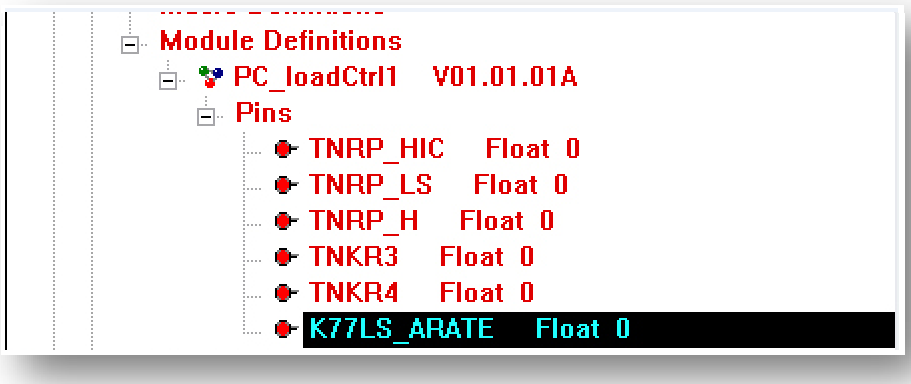
- Non du signal




- Editer ses caractéristiques : type, échelle, E/S et/ou variable locale, note…



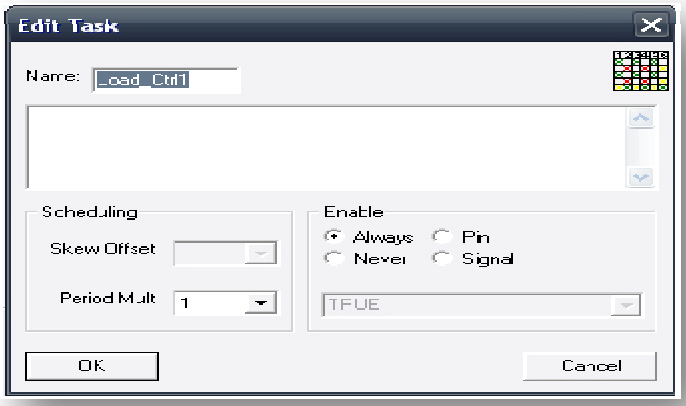

-touts les signaux utilisés sont configurés de la même manière.





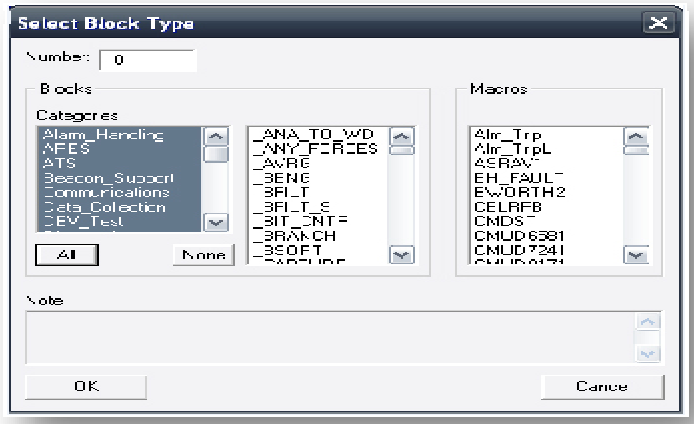

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**4-** On programme une nouvelle séquence sous le nom "Load_Ctrl".

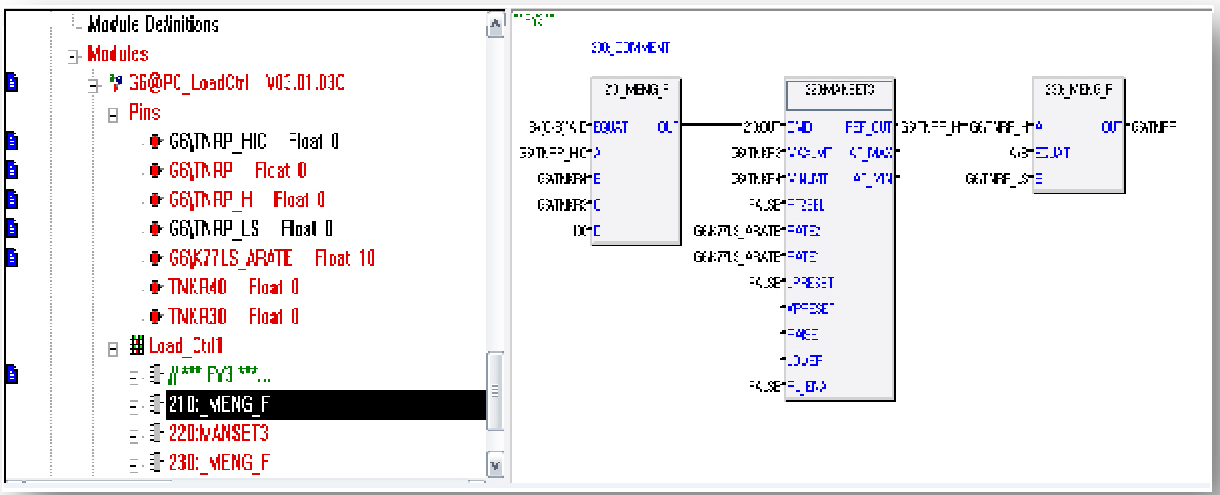



- La programmation de la tache se fait par l'introduction des blocs nécessaire qui sont :

Un bloc_COMMENT, 2 blocs_MENG_F et un bloc MANSET3.




- La nouvelle tache programmée est représentée dans la figure suivante :






PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

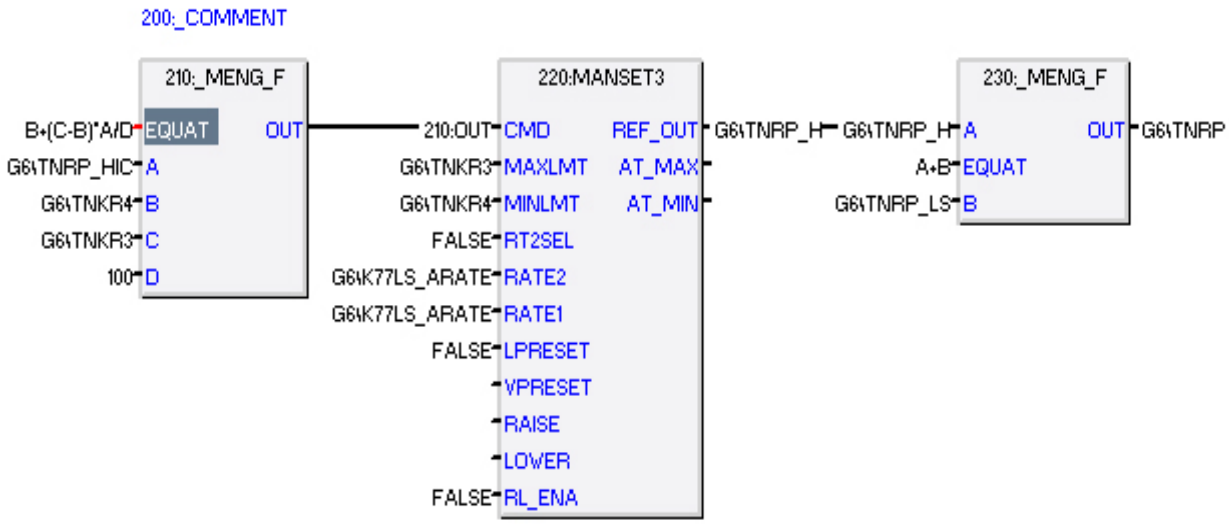
**5-** On doit instancier ce module dans la partie "Functions" pour qu'il soit exécutable puis on valide et on construit notre travail.

A la fin de notre programmation on doit télécharger la nouvelle configuration vers le contrôleur Mark VI (**download**), puis on doit le réinitialiser.

### IV.6.5 Le programme

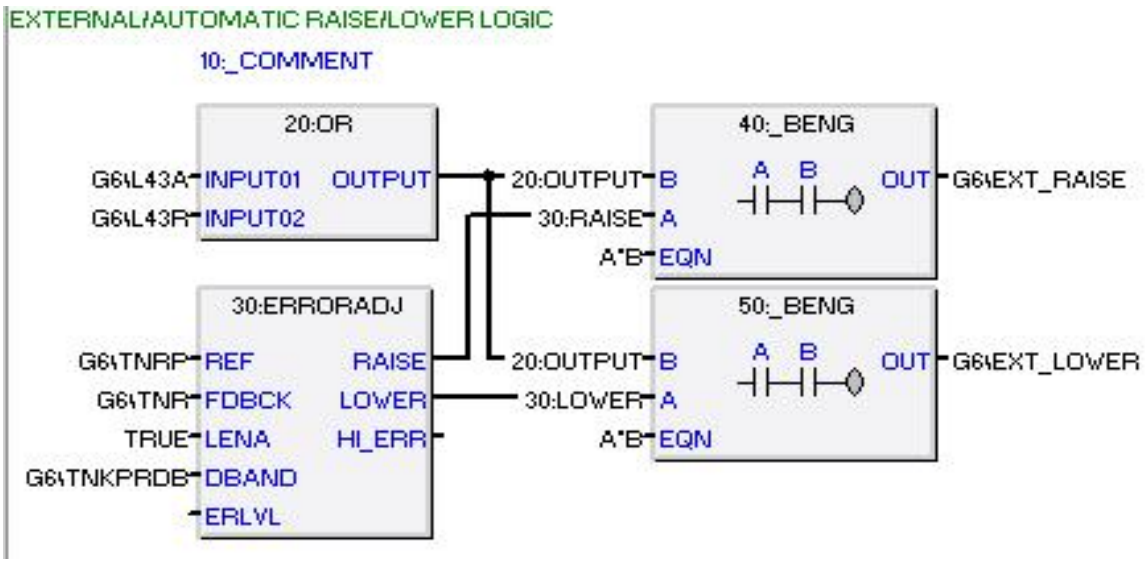
**Module 1 : PC_LOADCtrl**

**Tache1 : load_Ctrl1**



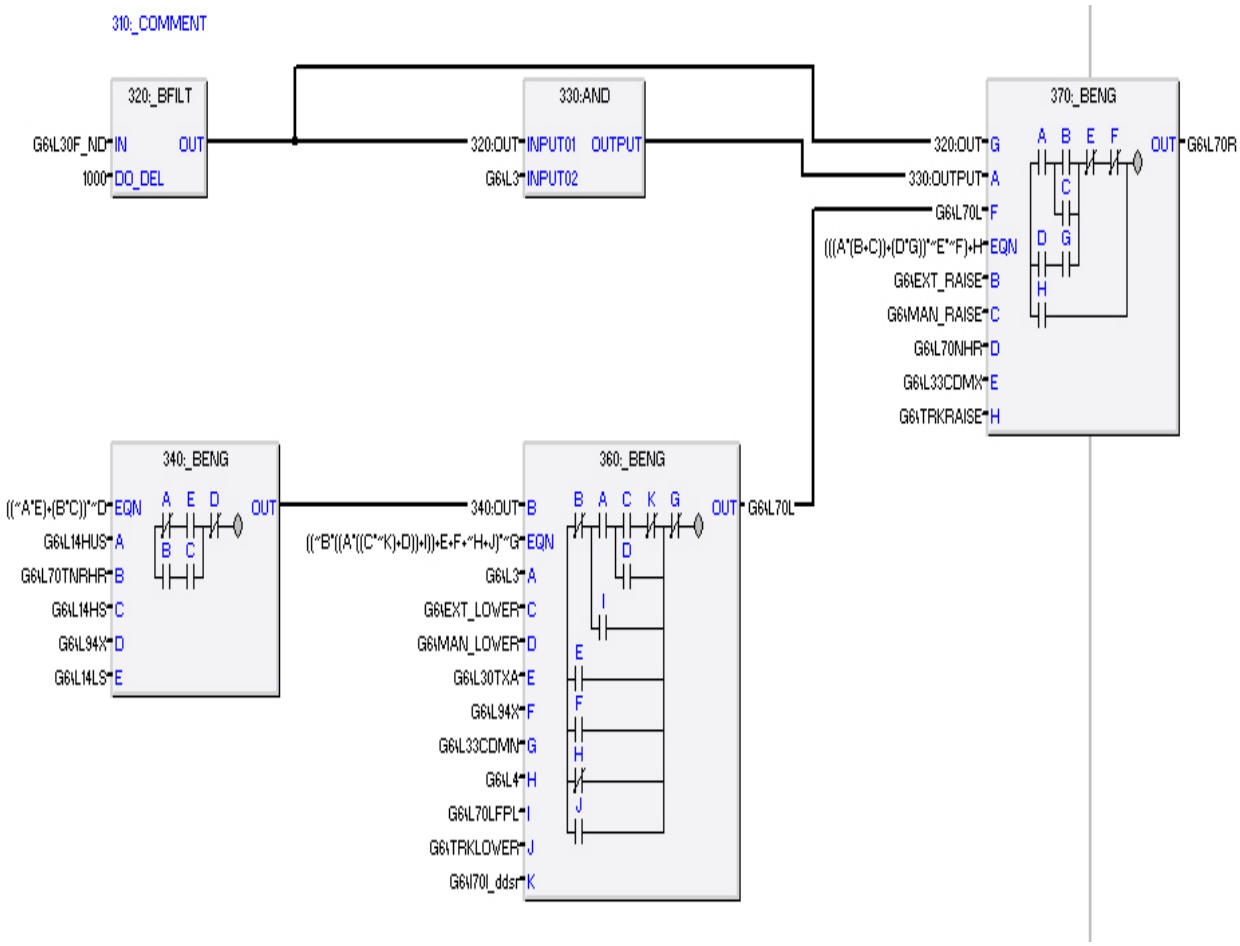

**Module 2 :LPLOAD**

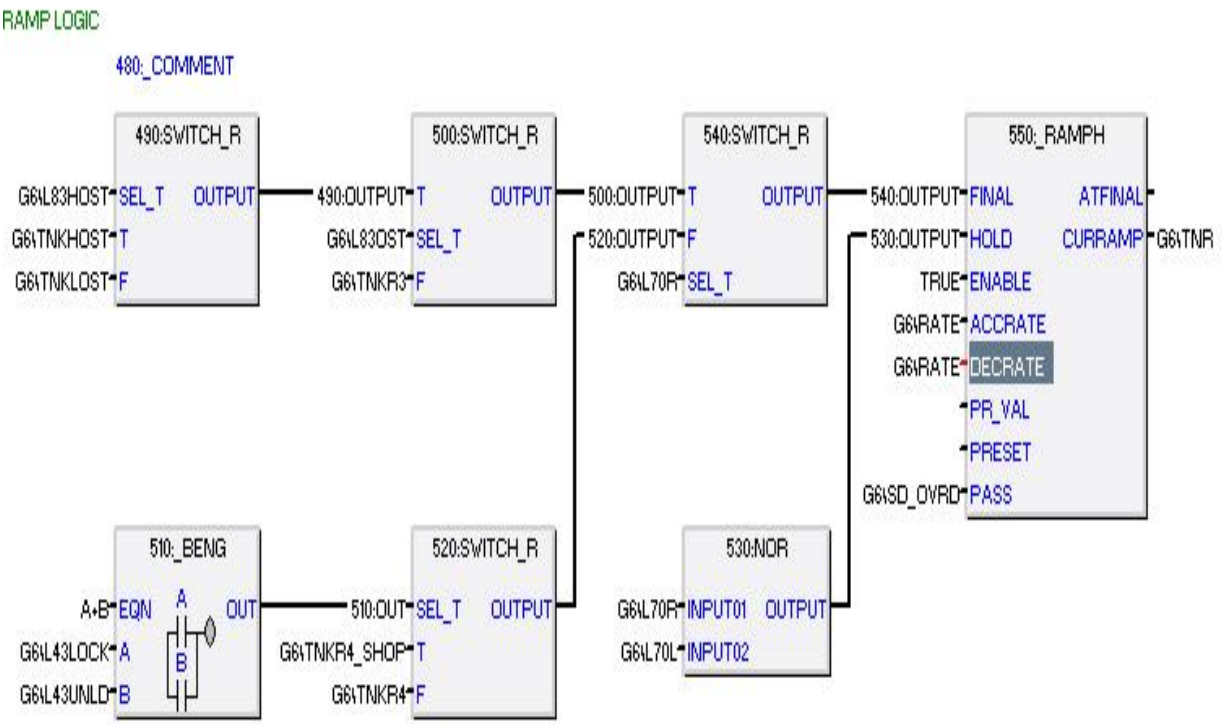
**TACHE1 :SPEEDLOADSP**






PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

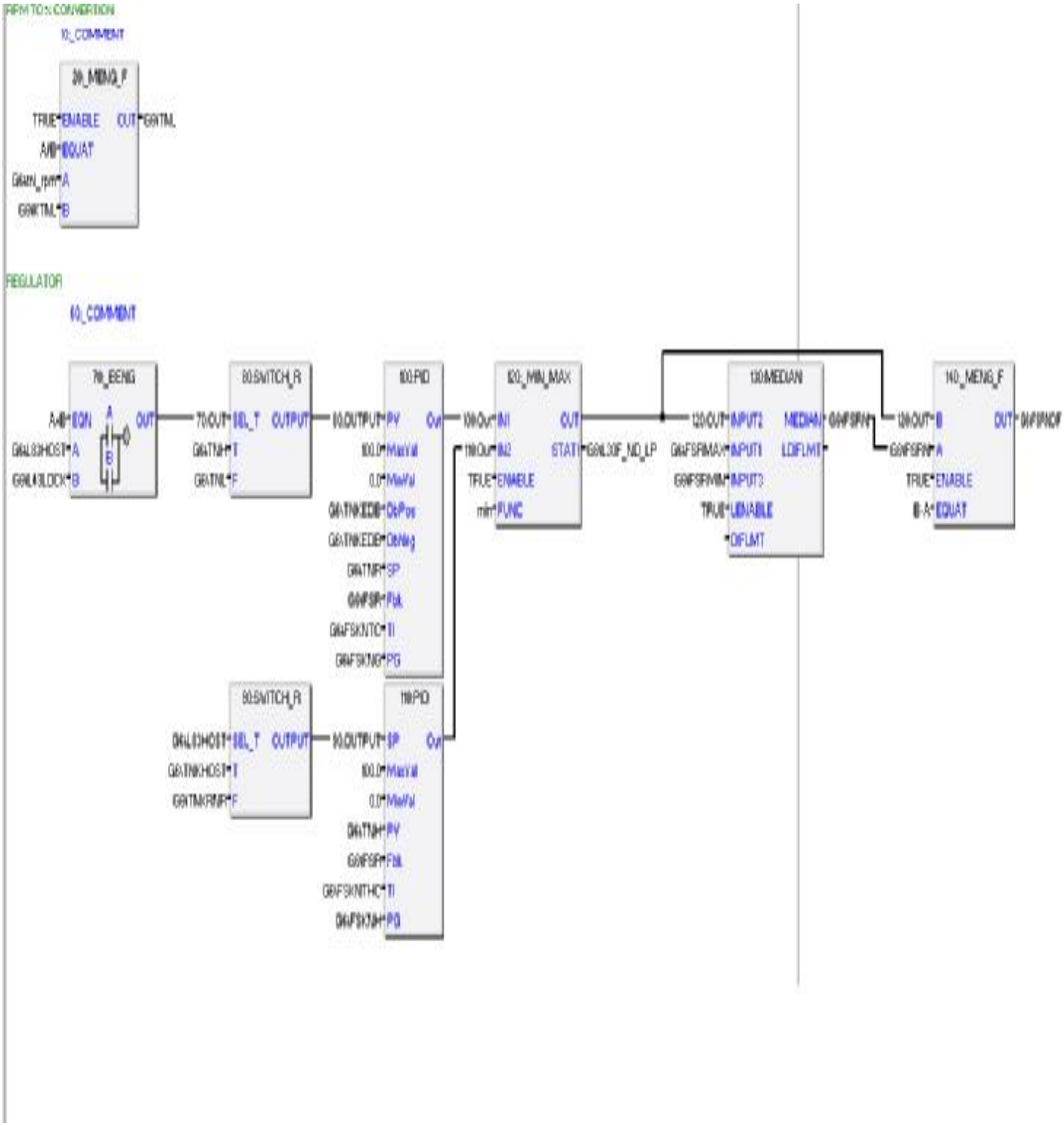





PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

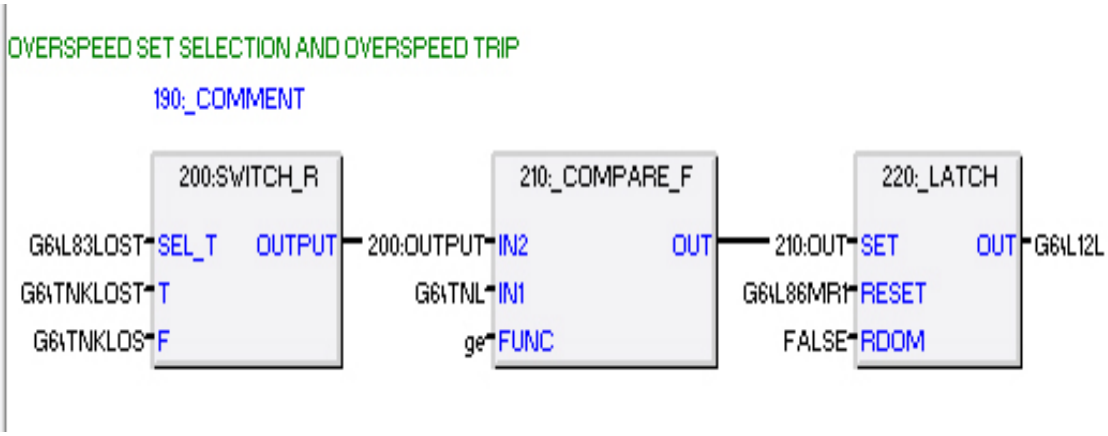
**TACHE2 :LPSPEEDREG**






PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**TACHE3 :LPSPEEDPROT**




**IV.6.6 Interprétation du programme**

- **Module 1**

Le signal TNR_HIC compris entre [0-100%], passant par le bloc "210 :_MENG_F", son échelle sera normalisée entre [70-105%] suivant l'équation prédéfinie du bloc B+(C-D)*A/D telles que A, B, C et D représentent respectivement TNR_HIC, TNRK4, TNRK3 et 100.

70% et 105% représente la valeur minimale et la valeur maximale de la variation du point de consigne vitesse/charge. Le signal sortant de ce bloc rentre au bloc de stabilisation "220 :MANSET3" qui sert à contrôler les variations brusque de la référence suivant une rampe, dans notre cas 10%/sec (K77LS_ARTE) qui est sélectionnée en restant toujours à l'intérieur du diapason des limites. Au niveau de bloc "230 :_MENG_F" , le signal sortant du bloc précédant TNR_H sera additionné au signal TNRP_LS qui représente une autre consigne vitesse/charge provenant du FIC considéré dans notre cas comme nul, la somme donne alors le signal de référence vitesse/charge de process TNRP conditionné.

- **Module 2**

**Tache 1**

Au niveau du bloc "30 :ERRORADJ", le nouveau point de consigne TNRP est comparé avec l'ancien point de consigne TNR afin de générer :

- un appel d'auto augmentation si la différence (TNR-TNRP) positive.
- un appel d'auto diminution si la différence (TNR-TNRP) négative.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Cet ajustement aura lieu si l'erreur est en dehors de la zone morte, alors qu'à l'intérieur de cette zone on aura aucun ajustement, et on doit se trouver soit en mode auto (L43A) soit en mode remote (L43R) sélectionné à travers l'HMI.

Le bloc "360 :_BENG" regroupe les cas permettant une diminution du point de consigne vitesse/charge (L70L).

Le bloc "370 :_BENG" regroupe les cas permettant une augmentation du point de consigne vitesse/charge (L70R).

Le bloc "550 :_RAMPH" incrémente ou décrémente le point de consigne vitesse/charge actuel TNR jusqu'au point de consigne désiré TNRP suivant une rampe RATE. La sélection de la rampe est faite par les deux blocs "420 :SWITCH_R" et "430 :SWITCH_R".

Dans notre programme la rampe RATE est la même pour l'incrémentation et la décrémentation où elle prend l'une des trois valeurs suivantes :

RATE 1 : qui vaut 0.153%/sec, sélectionnée dans le cas de fonctionnement normal.

RATE 2 : qui vaut 0.166%/sec, sélectionnée dans le cas du test de survitesse HP ou BP.

RATE 3 : qui vaut 0.916%/sec, sélectionnée dans le cas de sousvitesse BP.

**Tache 2**

Le signal de rétroaction de la vitesse BP provient de la carte VTUR en tour/min puis il sera converti en pourcentage de la valeur nominale par le bloc "20 :_MENG" en le divisant par un coefficient de conversion KTNL.

La régulation de la vitesse/charge est une régulation proportionnelle intégrale par rapport à deux boucles de vitesse. La boucle ayant un signal de commande calculé minimum sera sélectionnée comme commande de vitesse FSRN.

La première boucle est la boucle de vitesse BP "100 : PID" qui commande la vitesse la plupart du temps, et par conséquent le signal "L30F_ND_LP" prend la valeur logique 1.

La deuxième boucle est la boucle de vitesse HP OVERRIDE "110 :PID" qui domine la boucle de vitesse BP au cas où l'erreur de vitesse BP (TNR-TNL) est supérieur à celle du HP OVERRIDE (TNKRNR-TNR).

Le signal de commande FSRN est limité par deux valeurs FSRMAX (105%) et FSRMIN qui est un signal variable représentant le FSR minimale pour conserver la flamme dans la chambre de combustion.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Le FSRNDIF est un signal d'anticipation pour la directrice deuxième étage (contrôle de vitesse HP) ; l'anticipation aura lieu dans le cas ou la boucle de vitesse demande une accélération de la turbine BP pour éviter la survitesse HP.
FSRNDIF = FSRN(appelé) – FSRN(actuelle).

**Tache 3**

La vitesse de l'arbre BP TNL est comparée au niveau du bloc"210 :_COMPARE_F"à :
- Un seuil de survitesse TNKLOS qui est égale à 110% de la vitesse nominal BP.
- Un seuil sélectionné de test survitesse TNKLOST qui est égale à 113.5% de la vitesse nominale BP.

Si le TNL est supérieur ou égale à TNKLOS/TNKLOST la bascule "220 :_LATCH" génère un signal de déclenchement survitesse primaire BP L12L, qui sera maintenu tant que le signal reset L86MR1 est faux.

**Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons étudié les différents composants matériels et logiciels de l'automate MARK VI, et pu mettre en évidence les innovations apportées par cette technologies en terme de fiabilité et sureté grâce à la configuration TMR et au système de Vote et en terme d'accessibilité grâce à sa nouvelle IHM ergonomique et intuitive. Ceci démontre tout l'intérêt d'adopter cette technologie pour gagner en productivité. Cette étude nous a permis d'élaborer une solution programmable pour la commande vitesse de l'arbre BP d'une turbine à gaz MS5002B.



PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## Conclusion générale

Au cours de notre stage, nous avons eu l'opportunité de travailler dans un milieu industriel des plus exigeants, performants et modernes de notre pays, au sein de la plus grande entreprise d'Afrique « SONATRACH».

Ceci nous a offert la chance de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises pendant notre cursus, de les consolider par des expériences pratiques de manipulation de machines et d'outils opérants dans un processus industriel en marche et, de ce fait, nous ouvrir sur le monde professionnel. Nous avons développé notre esprit d'analyse en étudiant et comprenant des processus industriels notamment le fonctionnement des turbines à gaz. Nous avons développé notre esprit de synthèse en modélisant notre système et notre esprit créatif en proposant un programme commandant la boucle de vitesse de l'arbre BP. Nous avons aussi appris à travailler en équipe et à chercher et traiter l'information au contact de professionnels reconnus. Ainsi nous avons développé dans un environnement pratique les qualités exigées et attendues d'un ingénieur.

Les domaines d'application des outils que nous avons appris à manipuler sont innombrables : Industrie chimique, alimentaire, transport des hydrocarbures, Compression frigorifique, etc. Ce qui nous offre plusieurs possibilités pour notre insertion professionnelle.

Bien que notre stage se soit déroulé dans de bonnes conditions, nous avons rencontré quelques difficultés quant à la disponibilité de certains outils Pour raison de licence non accordées à SONATRACH ce qui à réduit notre champ d'action et nous a obligé a revoir nos ambitions à la baisse, vu que l'accès à l'information était rigoureusement restreint. Ce problème pourrait être résolu s'il y avait plus d'investissement et si les compétences nationales étaient encouragées. Ainsi notre pays pourrait assurer lui-même la maintenance de ses infrastructures et pourquoi pas un jour les développer.

Au terme de ce stage, nos encadreurs ont testé et approuvé notre travail, Ainsi nous pensons avoir atteint notre objectif de profiter de cette opportunité d'apprentissage professionnel et de réaliser un résultat palpable bien que modeste en vue de la complexité et la richesse de ce domaine.

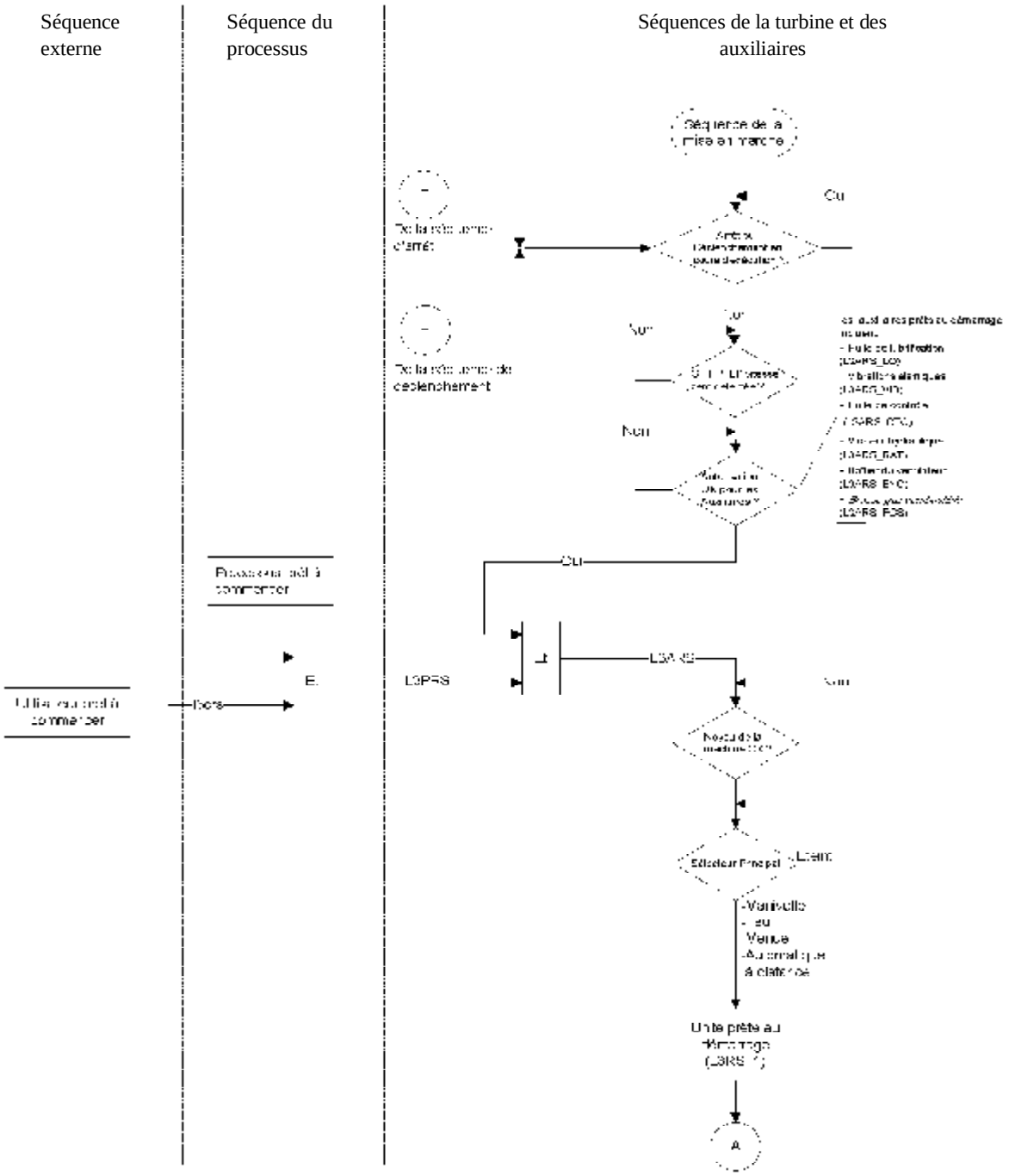


PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**Annexe**

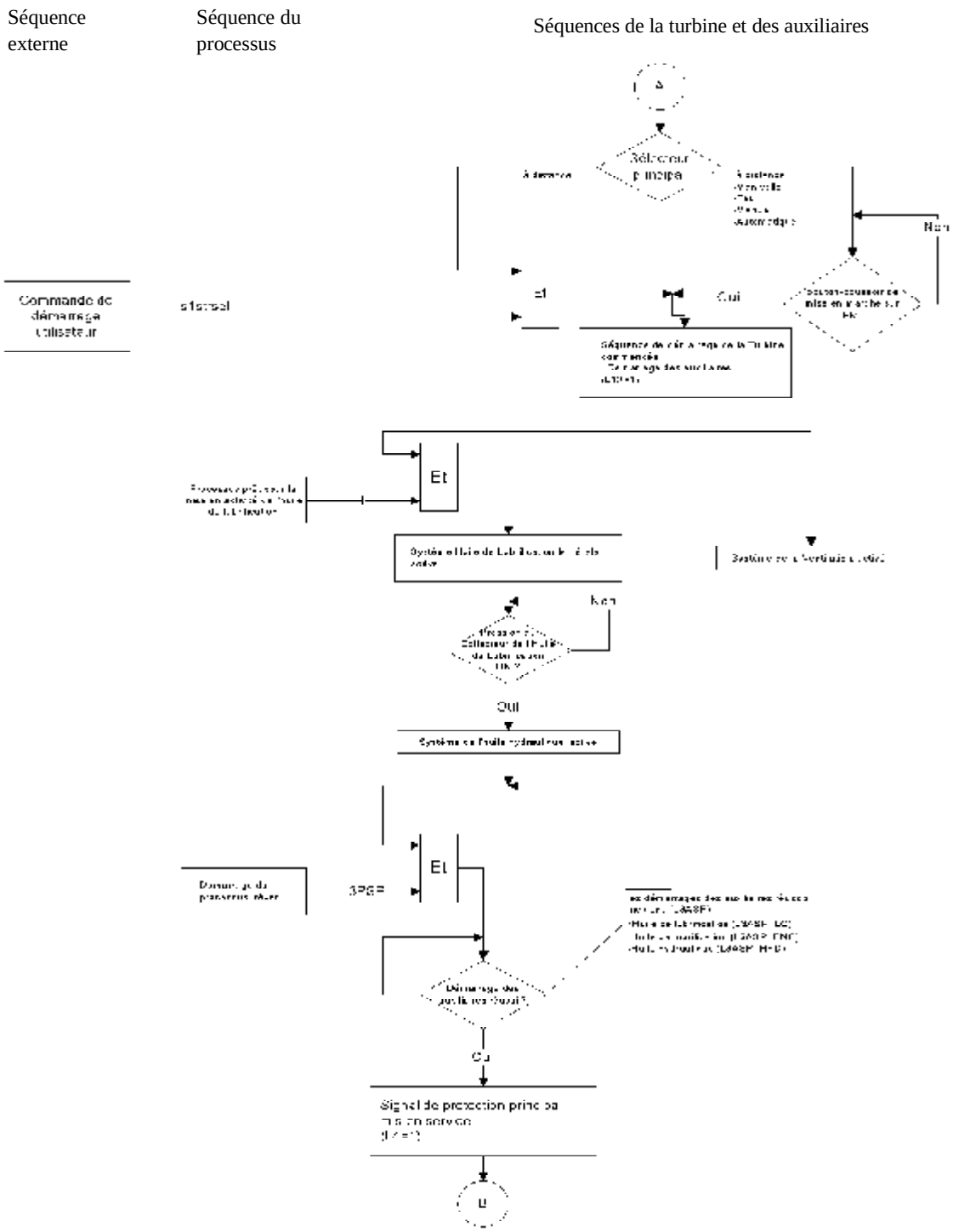
Les organigrammes suivant consistent à une description fonctionnelle du système de commande.

## v Prêt au démarrage :




PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## v Démarrage des auxiliaires :




PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

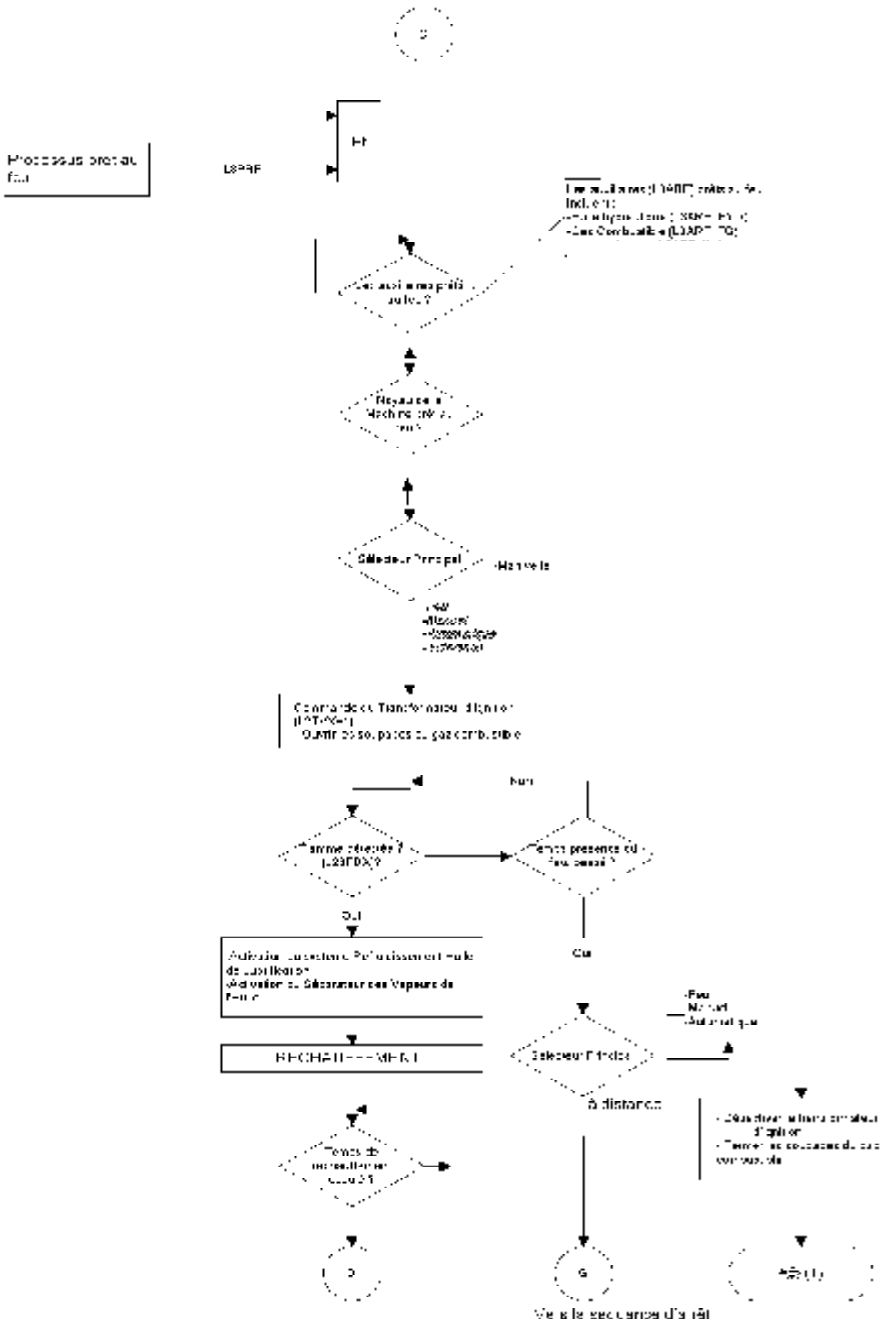
## v Manivelle

| Séquence externe | Séquence du processus | Séquences de la turbine et des auxiliaires |
|---|---|---|

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

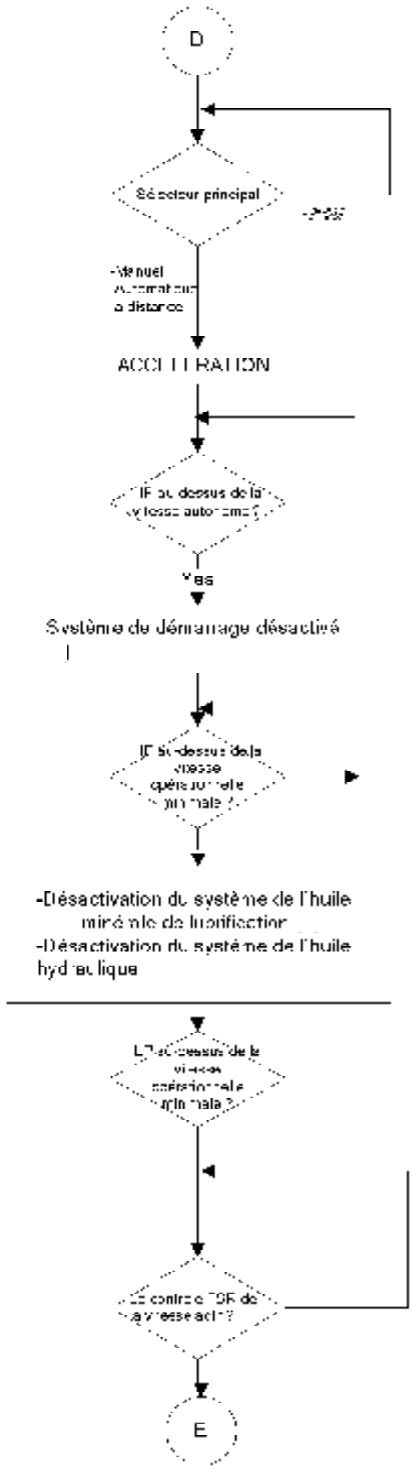
## v Allumage et réchauffage

| Séquence externe | Séquence du processus | Séquences de la turbine et des auxiliaires |
|---|---|---|


Processus prêt au feu
Non
Oui
Oui
Non
Oui
Non
Oui
Oui
Non
Oui
Non
Oui
Non

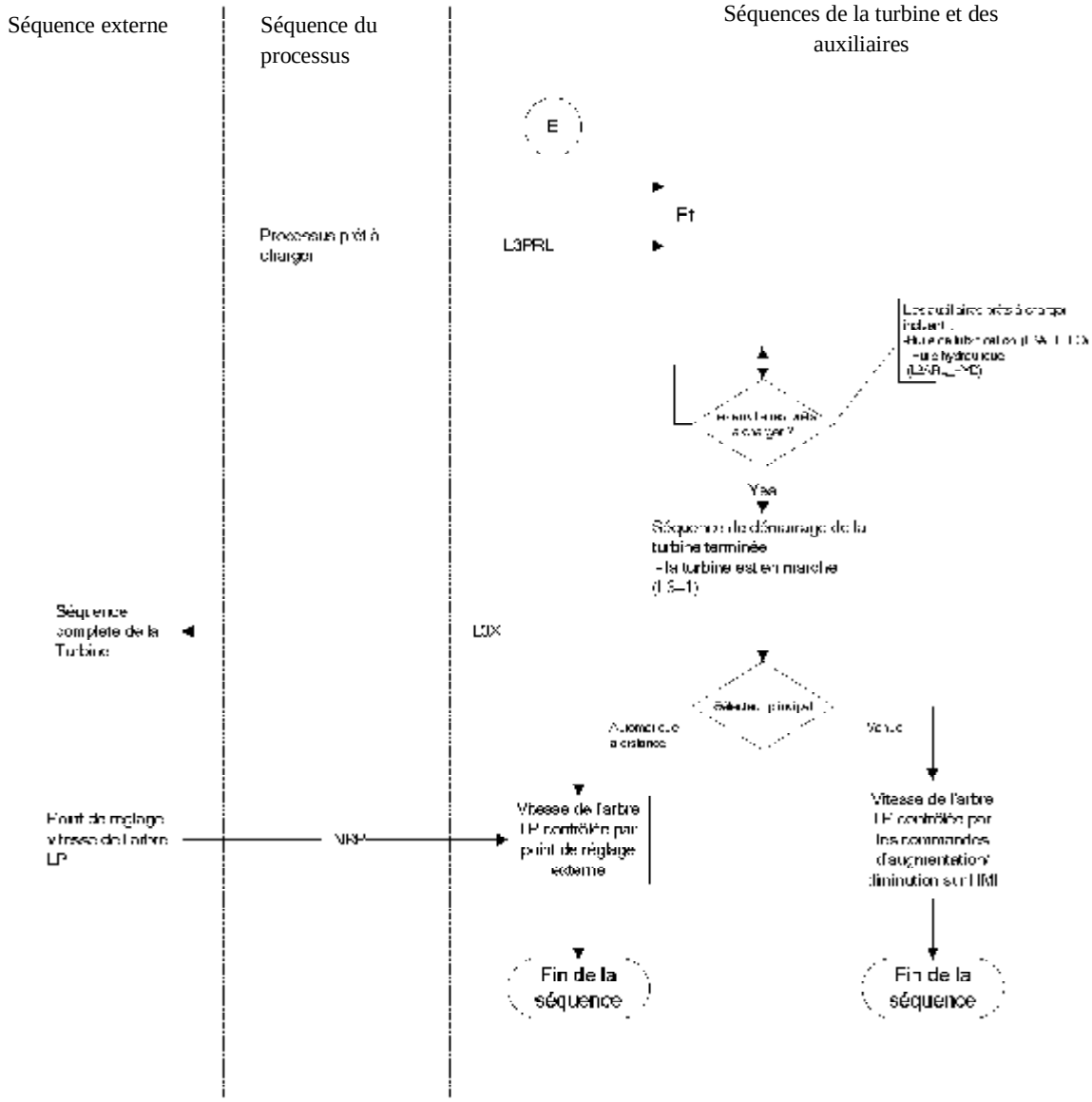
## v Accélération vers la vitesse opérationnelle

| Séquence externe | Séquence du processus | Séquences de la turbine et des auxiliaires |
|---|---|---|



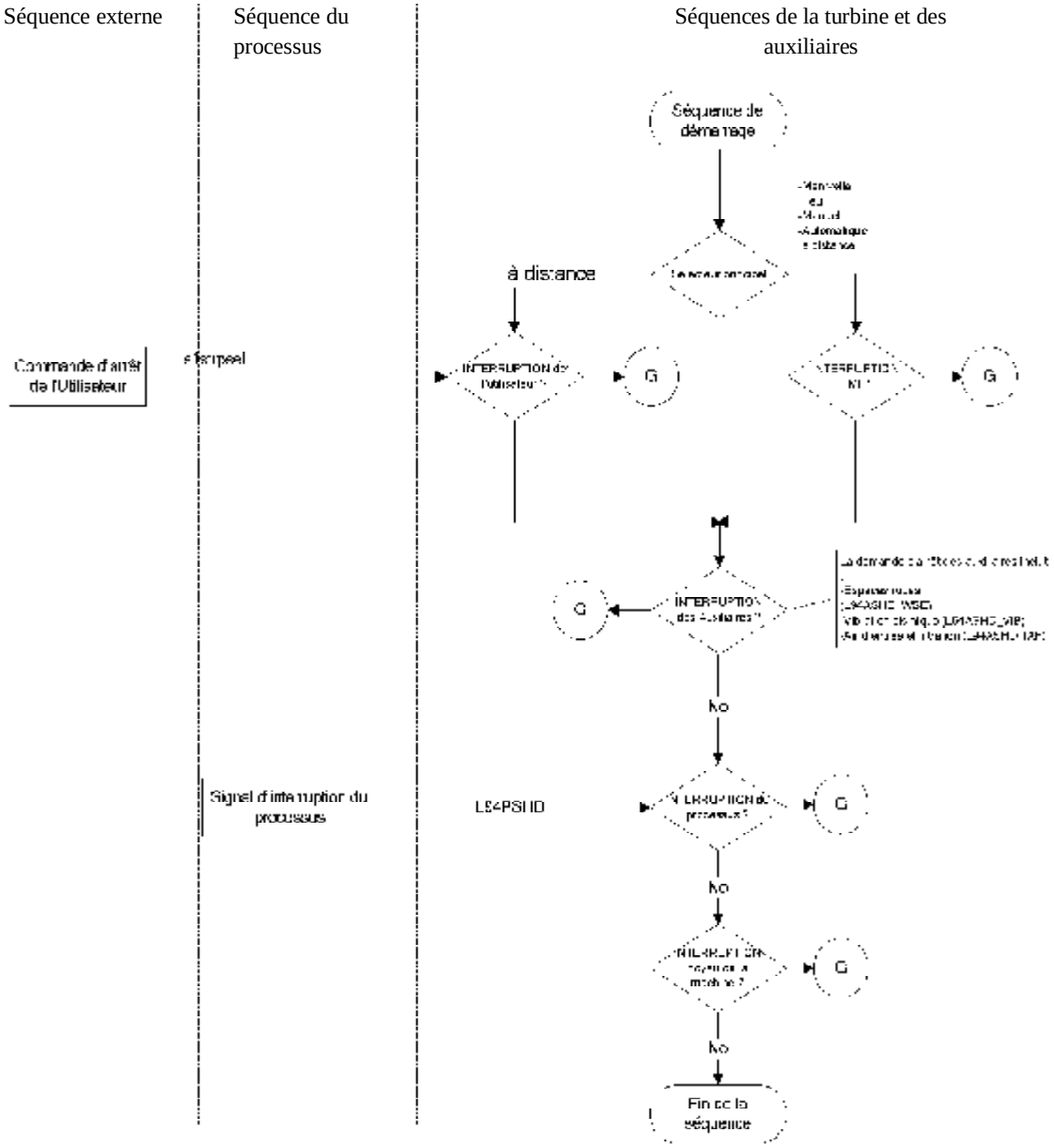

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## v Séquence complète



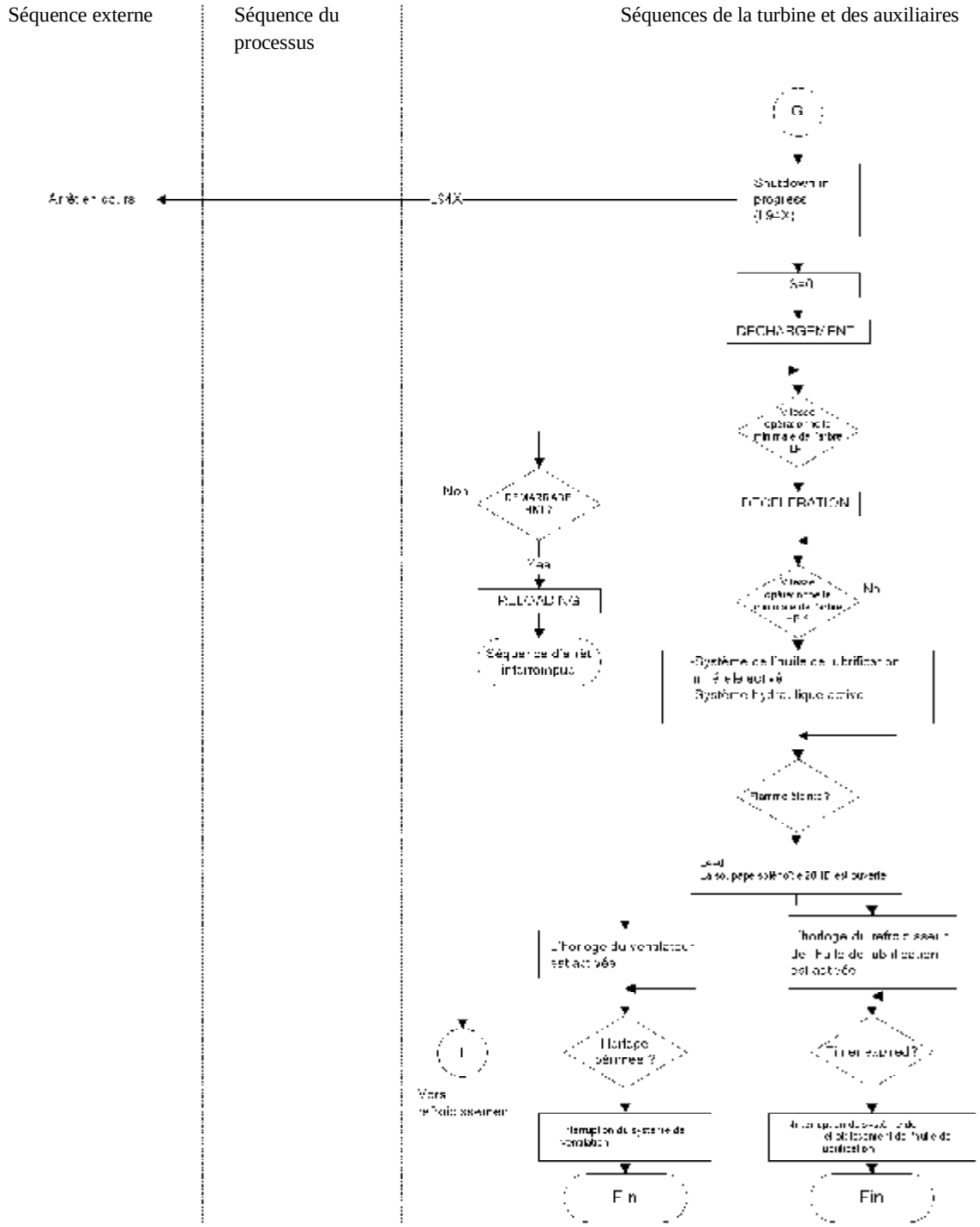

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## v Demande d'arrêt



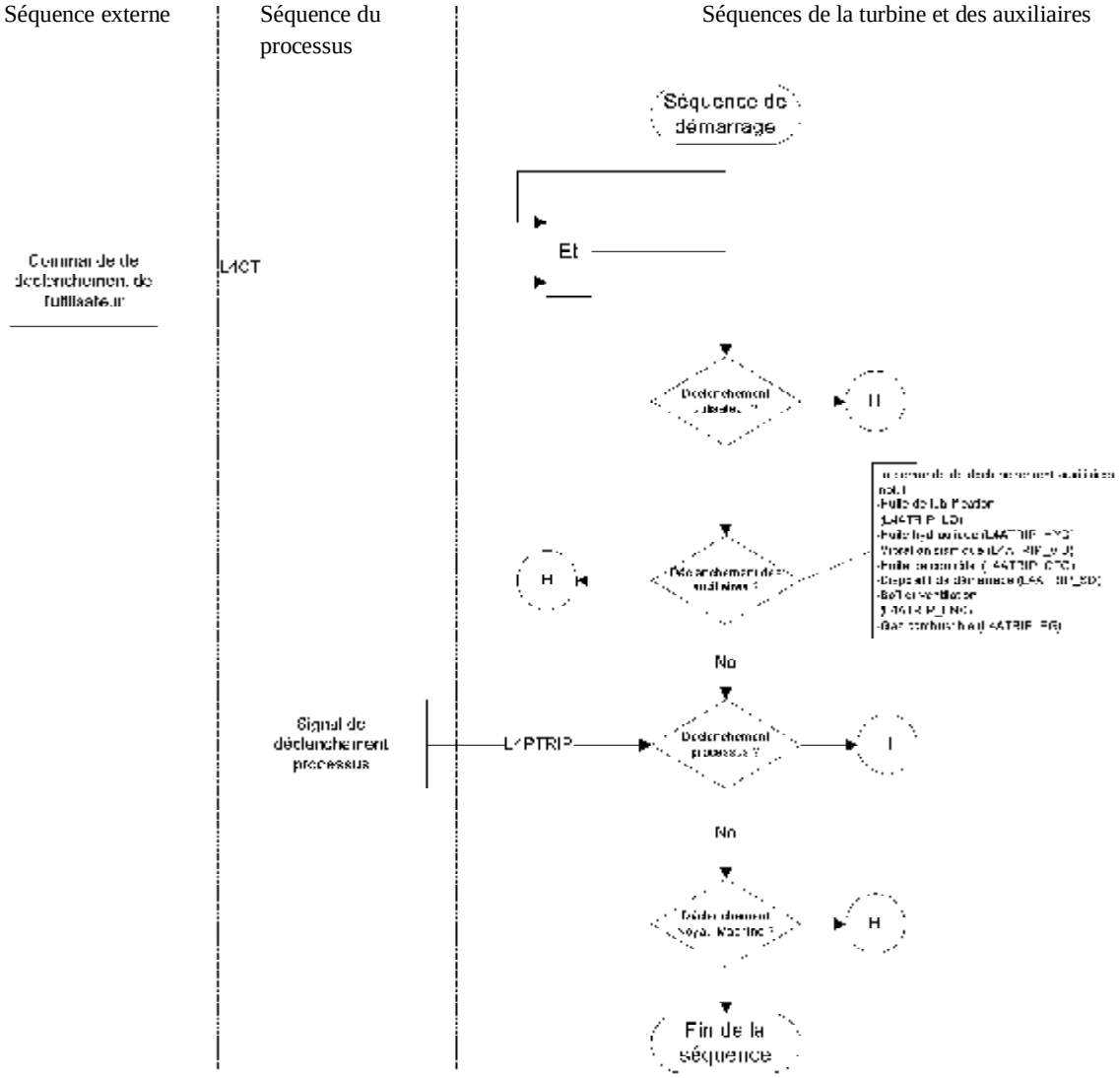

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## v Séquence d'arrêt



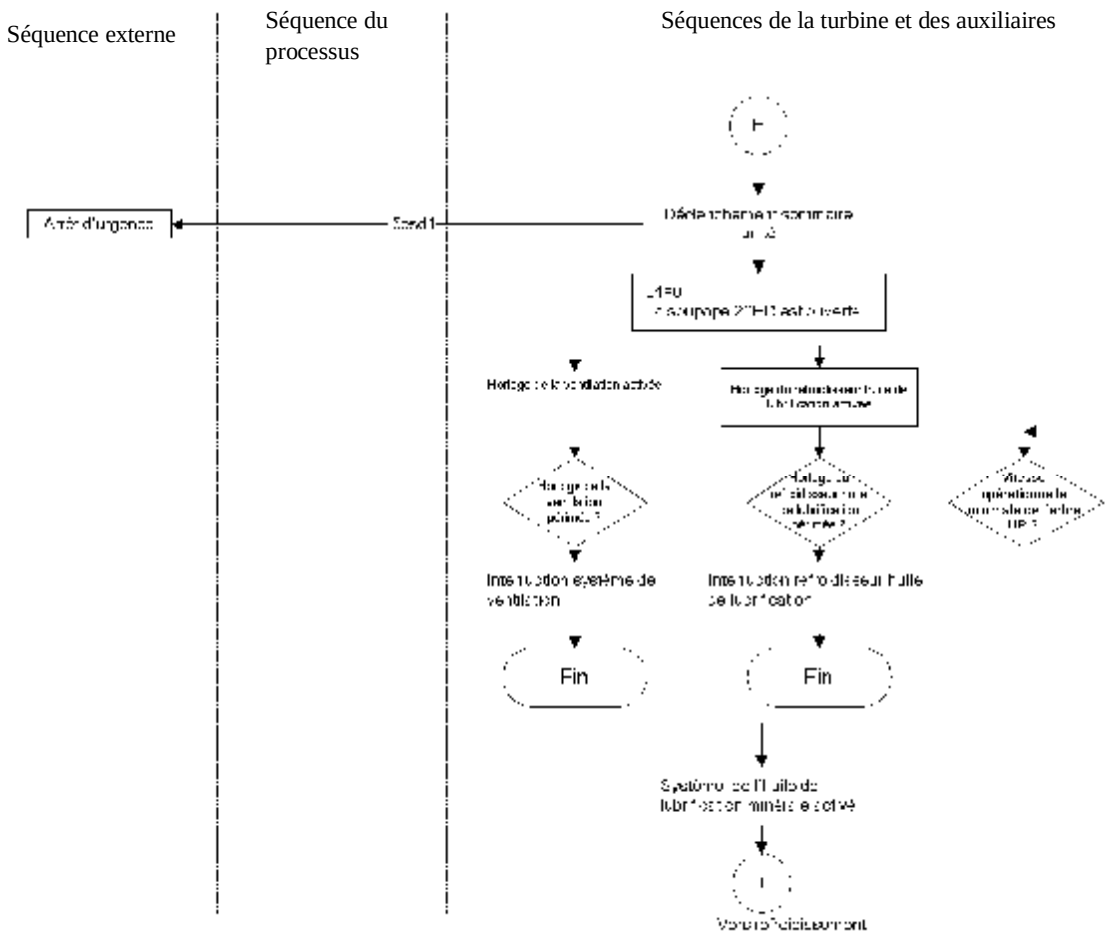

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## v Demande de déclenchement



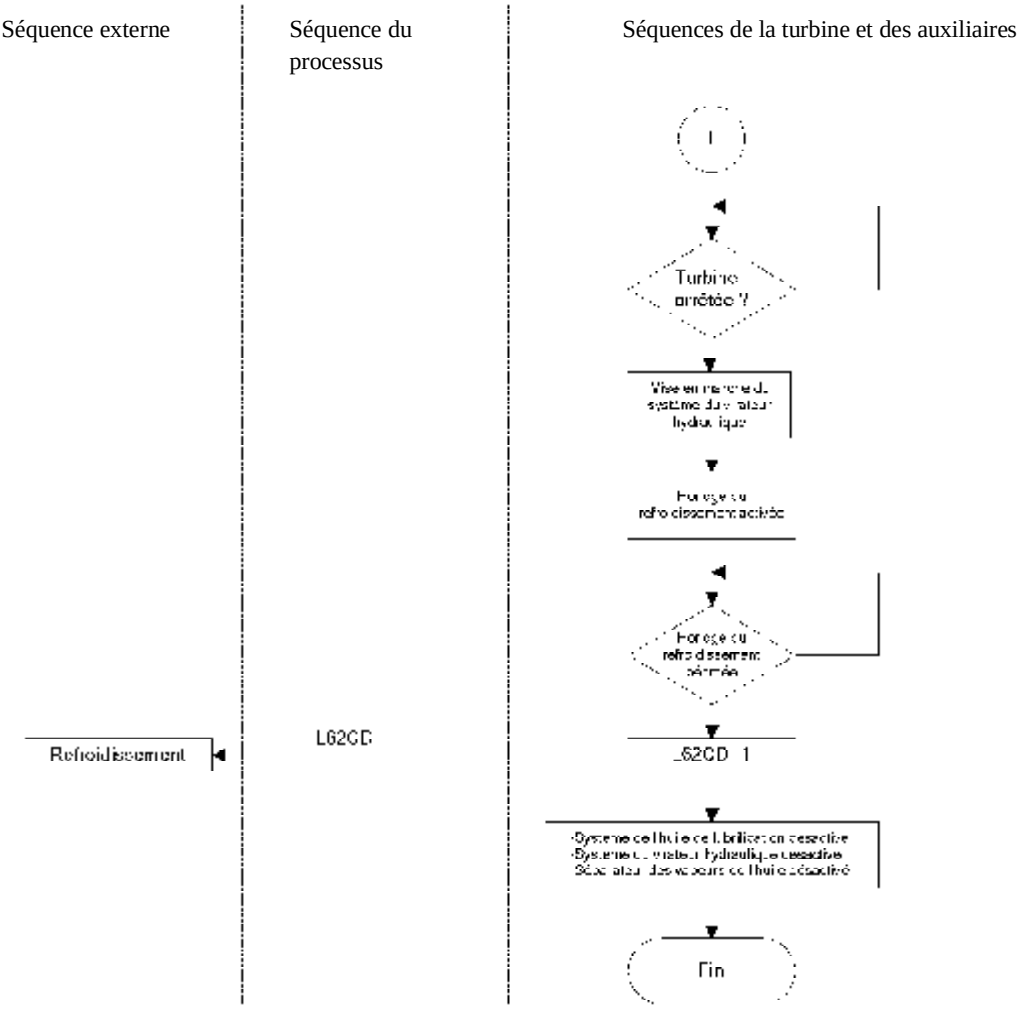

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## v Séquence du déclenchement




PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

## v Séquence de refroidissement




PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

**BIBLIOGRAPHIE**

**[1] NUOVO-PIGNONE** : turbines à gaz MS5002B

**[2] Manuel de constructeur** : station de compression et de réinjection sud

**[3] Documentation SONATRACH** : formation et maintenance

**[4] GE Power Systems -** SPEEDTRONIC MarkVI : regulation turbine

**[5] GE Industrial Systems -**SPEEDTRONIC MarkVI TMR : Heavy Duty Gas turbine control

**[6] GE Control system Solutions** –Mark VI controller : Documents

Standard Library

Turbine Library

**[7] GE Control System TOOLBOX** : documents

**[8] Documents internes**


PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com