

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

**ETUDE DE LA RÉGULATION DE VITESSE DE L'ARBRE
BP D'UNE TURBINE À GAZ DE TYPE MS5002C AVEC LE
SYSTÈME DE COMMANDE SPEEDTRONIC MARK VI**

Proposé par : Mrs : BOUKHELDA.L

Présenté par :

Mr : AMROUNI SOFIANE

Dirigé par : Mr MAIDI.A

Mr : BELKESSA AREZKI

Soutenu le : /07 /2011

Promotion 2011

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

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu « Dieu » le tout puissant, qui nous a donné le courage et la volonté pour bien mener ce modeste travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude, notre grand respect et notre sincère reconnaissance à Mrs ABA DJA Y OUC E F pour son aide à faire ce stage à « SONATRACH »

Nous remercions également notre Co-promoteur Mrs BOUK H E L D A HOUA RI et BALI A B D E LA Z I Z pour leur disponibilité et leur aide tout au long du stage.

Un grand merci, un grand respect et notre sincère reconnaissance à Mr MA I D I A H M E D pour son aide et son esprit rigoureux.

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail trouvent ici l'expression de notre sincère gratitude.

Sommaire

Introduction générale.....	1
<i>Chapitre I : Description du la station Boosting centre(SBC)</i>	
I. présentation de champ de Hassi R'mel.....	3
I-1 Situation géographique.....	3
I-2 Développement de champ de Hassi R'mel.....	4
I-3 Implantation des installations gazières de Hassi R'mel	5
II-Station Boosting.....	7
II-1 Le rôle de la station.....	7
II-2 Les différentes stations Boosting	7
II-3 Représentation des stations Boosting.....	8
II-4 Description de la station Boosting centrale.....	8
II-4-1 Manifold.....	8
II-4-2 Séparation d'entrée.....	8
II-4-3 Boosting.....	9
Conclusion	10
 <i>Chapitre II : Description de Turbo Compresseur</i>	
Introduction.....	11
I-Compresseur centrifuge.....	11
I-1 Définition.....	11
I-2 Les composants principaux de compresseur centrifuge.....	11
I-3 Principe de fonctionnement de compresseur centrifuge.....	12
II-Turbine à gaz MS 5002C.....	12
II-1 Définition.....	12
II.2 Caractéristique de la turbine à gaz MS 5002C.....	13
II-3 Principe de fonctionnement.....	13
II-4 Section principale de la turbine.....	14
II-4-1 Section compresseur.....	14
II-4-2 Section combustion.....	15
II-4-3 Section turbine.....	17
II-5 Système auxiliaire de la turbine.....	18
II-5-1 Système d'admission.....	18
II-5-2 Système de lancement.....	19

II-5-3 Systeme d'échappement.....	19
III-Instrumentation	21
Conclusion	23

Chapitre III : La régulation et la protection de la turbine.

Introduction	25
I-Régulation de Système de commande	25
I-1 Conception de base	25
I-2 Régulation de démarrage	27
I-2-1 Prêt au démarrage	27
I-2-2 Démarrage des axillaires	27
I-3-Régulation de l'accélération	29
I-4- Régulation de vitesse	29
I-4-1- Concept de la régulation de vitesse	30
I-4-2- Concept de la protection contre survitesse	31
I-4-2-1- Protection contre survitesse primaire	32
I-4-2-2- Protection contre survitesse secondaire	32
I-5- Régulation de la température	33
I-6- Système de régulation de combustible	33
I-6-1- Système de traitement asservi	34
I-6-2- Vanne de régulation GCV	35
I-6-3- Vannes de régulation arrêt /détente (SRV)	36
II-Systeme de protection	37
CONCLUSION	39

Chapitre IV : Boite à outils de système de commande Mark VI

INTRODUCTION	40
I-CREATION ET CONFIGURATION DE TMR	40
I-1 Espace de travail	40
I-2 Privilège et mot de passe	41
I-3 Code d'application	41
I-4-Configuration de base	43
I-4-1-Création d'un contrôleur	43
I-4-2-Importation des Bibliothèques	44
I-4-3-déclaration des matériels	44

I-5-Validâte, Build, et Downloade	48
CONCLUSION	48

Chapitre V : Programmation et simulation de la régulation de vitesse

Introduction	49
I- les automates programmables	49
I-1- Définition d'un API	49
I-2 Architecture et gammes d'automates	49
I-3-Choix d'un API	50
II- Définition et rôle du système mark VI (speedtronic)	51
III- Architecture du système	52
III-1- Armoire de régulation	52
III-2-Armoires d'E/S	52
III-3- Module de commande	53
III-3-1 Carte de contrôle UCVE	53
III-3-2 Carte de communication VCMI	54
III-4- Module d'interface	56
III-5- Module de protection de turbine VPRO	56
III-6- Interface homme machine (HMI)	56
III-7- Les réseaux de communication	58
III-7-1 Connexion au système de commande distribuée(DCS)	58
III-7-2 Unité data highway(UDH) (Magistrale de données de l'unité)	59
III-7-3 plan data highway (PDH) (Magistrale de données de l'installation)	59
III-7-4 Ethernet global data (EGD)	59
III-7-5-Modbus	59
III-7-6 Réseau IO Net	59
III-8- Niveau de redondance	60
IV- ARCHITECTURE TMR	61
IV-1 Traitement des données	61
IV-2 Traitement de l'entrée	62
IV-3 - Traitement des sorties	63
V- Programmation	64
V-1- Définition des signaux	64
V-2- Les différentes étapes pour créer un programme	65
V-3 Elaboration du programme de contrôle de vitesse de l'arbre BP	65

V-3-1 Création de module 1.....	66
V-3-2 Création de module 2.....	71
V-4- Le programme.....	74
V-5- Interprétation de programme.....	74
VI-Validation et simulation de la régulation de vitesse en fonctionnement Online.....	77
VI-1 Validation de la régulation de vitesse en fonctionnement Online	77
VI-2 simulation de la régulation de vitesse en fonctionnement Online.....	77
VI-2-1 simulation de la séquence de déclenchement.....	77
VI-2-2- simulation de la séquence de régulation de l'arbre basse pression.....	78
CONCLUSION	79
CONCLUSION GENERALE	80



Désignations

Block (bloc)

Les blocs d'instructions contiennent les fonctions de commande de base, qui sont connectées ensemble pendant la configuration pour former la machine nécessaire ou la commande du processus. Les blocs peuvent effectuer des calculs mathématiques, des séquences ou des opérations de commande continue. La boîte à outils reçoit une description des blocs depuis les bibliothèques des blocs.

Bus

Une magistrale électrique pour transmettre et recevoir les données.

CIMPLICITY

Un logiciel d'interface de l'opérateur, qui peut être configuré pour une grande variété d'applications de commande.

DCS (Distributed Control System) (Système de commande distribuée)

Système de commande appliqué à la commande des chaudières et aux autres équipements de processus.

EGD (Ethernet Global Data)

Données globales Ethernet est un réseau de commande et un protocole pour le contrôleur. Les dispositifs partagent des données par l'échange EGD.

Ethernet

LAN avec un système de détection de la suppression de la collision/collision 10/100 M baud, utilisé pour lier un ou plusieurs composants ensemble. La base pour les niveaux des services TCP/IP et E/S, qui sont conformes au standard IEEE 802.3, développé par Xerox, Digital et Intel.

FSR (Fuel Stroke Référence)

Référence de fin de course du combustible

GCV (Gas Control Valve)

La vanne de contrôle de gaz

HMI (Human Machine Interface) (Interface Homme Machine)

C'est un PC sur lequel est exécuté un logiciel CIMPLICITY.

IO Net

Réseau de communication Ethernet Mark VI E/S ; commandé par les VCMI.

Macro

Un groupe de blocs d'instructions (et d'autres macro-instructions), utilisé pour exécuter une partie du programme de l'application. Les macro-instructions peuvent être sauvegardées et réutilisées.

Modbus

Un protocole de communication série, développé par *Modicon* pour l'utilisation entre les PLC et les autres ordinateurs.

Module

Collecte de tâches, qui comportent une période définie de planification du contrôleur

Online (connecté)

Le mode en-ligne fournit les communications complètes de la CPU, permettant aux données d'être lues et écrire.

PDH (Plant Data Highway)

Réseau de communication Ethernet entre les serveurs HMI et les Visualiseurs HMI et les stations de travail

PLC (Programmable Logic Controller)

Automate programmable. Désigné pour le dispositif de commande discrète (logique) de la machine. Il calcule aussi la fonction mathématique (analogique) et exécute la commande de réglage.

PROFIBUS

Un standard de communication ouverte par la magistrale de champ, défini dans un standard international EN 50 170 et qui est supporté par les systèmes Simplex Mark VI.

RTD (Resistance Temperature Device)

Résistance détectrice de température utilisée pour mesurer la température.

SIFT

Tolérance de défaut implémentée au logiciel, une technique pour le vote de trois ensembles de données E/S entrants pour trouver et annuler les erreurs. Noter que le Mark VI utilise aussi le vote du matériel de sortie.

Simplex

Opération qui nécessite seulement un ensemble de commande et d'E/S et qui utilise en général seulement un canal. L'entier système de commande Mark VI peut fonctionner dans le mode Simplex ou des plaques individuelles VME d'un système qui autrement serait un TMR peuvent fonctionner dans le mode Simplex.

SRV (Speed Ratio Valve)

La vanne d'arrêt /détente

Task (tâche)

Un groupe de blocs et de macro-instructions, planifiés pour l'exécution par l'utilisateur.

TMR (Triple Module Redundant)

Une opération qui utilise trois ensembles identiques de commandes et d'E/S (canaux R, S et T) et qui vote les résultats.

UDH (Unit Data Highway)

Fait la connexion entre les contrôleurs de Mark VI, les PLC et d'autres équipements fournis par GE vers les serveurs HMI.

L'industrie pétrolière est considérée comme la base de notre économie nationale. L'Algérie et considérée parmi les premiers producteurs de gaz et du pétrole, c'est pourquoi elle accorde une importance capitale pour la modernisation de ces complexes. La turbine à gaz et considérée comme les machines jouant un rôle très important dans l'industrie pétrolière, et c'est pour cette raison qu'une attention particulière a été accordée à la commande et la maintenance de cette machine.

Les turbines à gaz sont d'utilisation très vaste dans notre pays. Elles sont utilisées dans les centrales pour produire de l'énergie électrique, aussi dans l'industrie pétrolière vu qu'elles répondent aux exigences de qualité de ce domaine dans notre pays.

La turbine à gaz a été mise au point en tant que machine d'entraînement industrielle ou de production d'électricité vers la fin des années quarante.

De ce fait la nécessité d'utilisation d'un système de commande adéquate à ce type de machine pour assurer une meilleure protection et une commande adaptée à ces machines, il a été mise au point le SPEEDTRONIC MARKVI.

Ce système a connu une très grande évolution, avant il était sous le nom SPEEDTRONIC MARK I et grâce aux progrès réalisés par la technologie électronique basée sur des composants semi-conducteurs, le système de commande SPEEDTRONIC a connu des nouvelles versions plus développées par exemple MARK II au début des années 70, le MARK II ITS en 1976 et le MARK IV en 1982.

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

Le SPEEDTRONIC MARKVI est actuellement employé pour la commande de plusieurs turbines à gaz en Algérie. Grâce aux derniers progrès de la théorie de la commande et de la communication, ainsi qu'aux derniers perfectionnements dans les techniques électroniques et informatiques, ce système tire profit de ces innovations des systèmes numériques pour augmenter encore la sûreté de fonctionnement et la souplesse de la turbine à gaz.

L'objectif de notre travail consiste à étudier et exploiter le nouveau système de commande employé dans les complexes à Hassi R'mel, et nous allons élaborer une solution

Introduction générale

programmable pour la boucle de régulation de vitesse et de protection contre la survitesse de l'arbre BP pour une turbine à gaz bi-arbres.

Le mémoire est constitué de cinq chapitres organisés comme suit :

- Ü Dans le premier chapitre, nous allons faire la description de la station Boosting centre.
- Ü Le deuxième chapitre on fera la description du turbocompresseur et les différents composants de la turbine à gaz MS5002C.
- Ü Dans le troisième chapitre on procédera à l'étude des boucles de régulation principales, de la turbine telle que la boucle de démarrage, d'accélération, de vitesse et la dernière la boucle de protection.
- Ü Dans le quatrième chapitre, nous présentons la boîte à outils (TOOLBOX), qui représente le logiciel de programmation et de configuration MARK VI.
- Ü Dans le cinquième et dernier chapitre, nous allons présenter le système de commande Mark VI qui est un API, puis on élabore la programmation et la simulation de l'arbre BP de la turbine a gaz en temps réel.

Nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre 1

Description générale de la station Boosting centre (SBC)

I-Présentation du champ de Hassi R'mel

I-1- Situation géographique :

A une distance de **550Km** de la capitale et à **120 Km** de la Wilaya de Laghouate, sur une altitude d'environ **755m** se situe la Daïra de Hassi R'mel. Le paysage est constitué d'un vaste plateau rocailleux et le climat sec. Avec une faible pluviométrie (**180 mm** par an) et une humidité moyenne de **20%** en été et de **34%** en hiver, les températures à Hassi R'mel varient entre **5°** et **45°C**. La région est dominée par des vents violents qui soulèvent le sable jusqu'à **110Km** d'altitude et réduisent la visibilité à **15 m**.

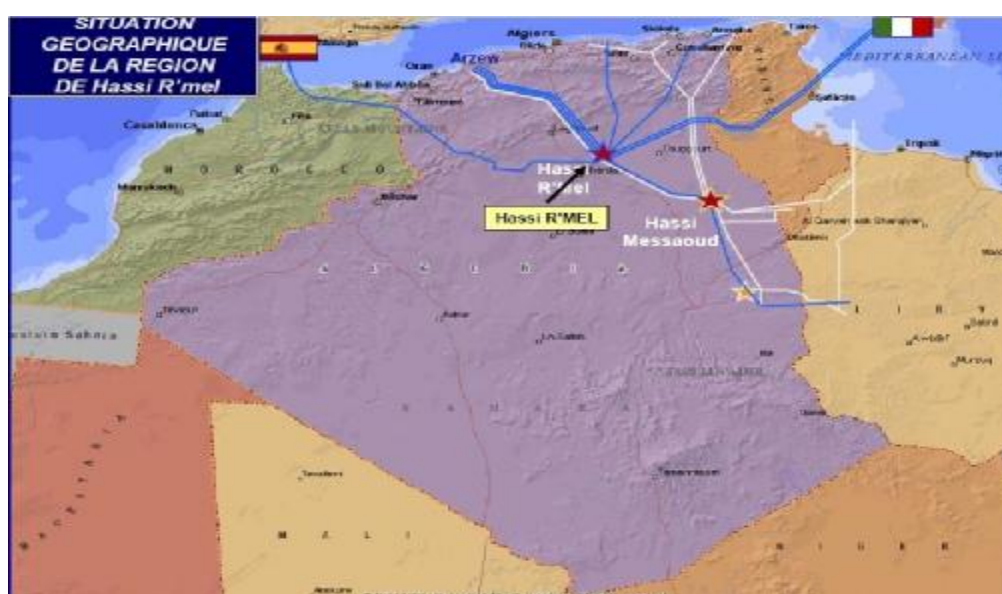


Figure I-1 : Situation géographique de la région de Hassi R'mel.

Le gisement de Hassi R'mel est l'un des plus grands gisements de gaz à l'échelle mondiale. Il a une forme d'ellipse s'étale sur plus de **3500 km²**, **70km** du nord au sud et **50km** d'est en ouest, il se situe à une profondeur de **2200m**, la capacité du gisement est de l'ordre de **3000** milliards mètres cubes récupérables. Les gisements de Hassi R'mel contient les éléments suivants :

- Gaz naturel
- Gaz de pétrole liquéfié GPL (c'est un gaz sous forme liquide)
- Condensat – Gazoline – Liquide

Cette richesse naturelle est convoitée par plusieurs entreprises nationales et étrangères pour l'exploitation et faire des plans d'investissement tel que SONATRACH, SONELGAZ, ENGTP, GENERAL ELECTRIC, NOUVO PIGNONE, JGC ... etc.

I-2 Développement du champ de Hassi R'mel

Les réserves importantes révélées par le gisement découvert, constituent le socle de l'économie nationale et placent le pays parmi les 4 plus importants producteurs gaziers dans le monde. Notons également que le gisement de Hassi R'mel est cerné par un anneau d'huile plaçant le champ parmi les plus importants producteurs du sud du pays.

Trois étapes importantes ont marqué le développement du champ de Hassi R'mel

Ü Première étape

La réalisation d'une petite unité de traitement de gaz, de 1,3 milliards de m³ par an, qui a eu lieu en 1961 et qui a coïncidé avec la construction de la première usine de liquéfaction de gaz et en 1969. La capacité est portée à 4 milliards de m³ par an.

Ü Deuxième étape

La capacité de traitement du champ de Hassi R'mel atteint, après la nationalisation des hydrocarbures en 1971, 14 milliards de m³ par an.

Ü Troisième étape

Cette période a permis de concrétiser un plan de développement qui concerne l'ensemble du champ en mesure de répondre aux besoins énergétiques du pays ainsi qu'aux besoins de nos partenaires. Ce plan a permis également de doter Hassi R'mel d'un modèle d'exploitation pour optimiser la récupération de différents produits.

Actuellement la capacité totale de traitement est de 98 milliards m³ par an. La réalisation de ces objectifs a nécessité la mise en œuvre de :

- Ü Quatre usines de traitement de gaz de capacité nominale unitaire de **20.10⁹m³/an** de gaz sec nommées modules (I-II -III -IV).
- Ü Deux stations de réinjections de gaz de capacité nominale unitaire de **30** milliards de m³/an de gaz sec (station nord et sud).
- Ü Un centre de stockage et de transfert du condensât et du GPL (CSTF) avec une capacité de **80 000 m³** de GPL et **285 000 m³** de condensât.
- Ü installation d'un réseau de collecte de plus de **2 000 Km**

Ü Construction d'un réseau routier de plus de **400 Km** pour desservir les puits et les installations de surface.

Parallèlement à ces objectifs, des gazoducs reliant directement Hassi R'mel à l'Europe ont été réalisés, c'est ainsi qu'elle exploite actuellement le fameux gazoduc transméditerranéen qui relie l'Algérie à l'Italie et la Slovénie via la Tunisie.

I-3 Implantation des installations gazières de Hassi R'mel

Le plan d'ensemble des installations gazières implantées sur le champ de Hassi R'mel est élaboré de façon à avoir une exploitation rationnelle du gisement et pouvoir récupérer le maximum de liquide.

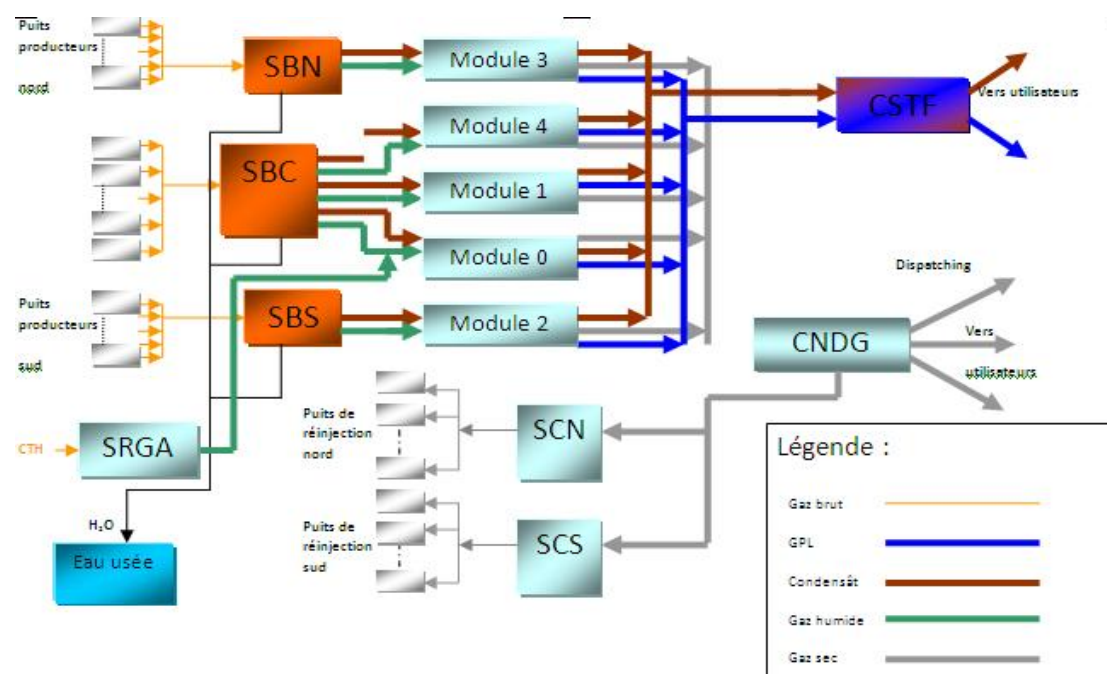


Figure I-2 : Schéma du processus industriel à Hassi R'mel



Figure I-3 : Le champ gazier de Hassi R'mel

Les installations mises en œuvre sont comme suit :

Zone Nord :

- ü 01 Module traitement gaz MPP 3. Puits producteurs
- ü 01 Station Boosting nord SBN.
- ü 01 Station compression nord SCN. Puits injecteurs

Zone Centre :

- ü 03 Modules traitement gaz 0, 1, 4. Puits producteurs
- ü 01 Unité Communs au module 0 et 1
- ü 01 Station Boosting centre SBC
- ü 01 Station récupération gaz associés SRGA
- ü 01 Centre de stockage et transfert CSTF

Zone sud:

- ü 01 Module traitement gaz MPP 2. Puits producteurs
- ü 01 Station Boosting sud SBS
- ü 01 Station compression sud SCS. Puits injecteurs

- ü 01 Unité traitement gaz - Djebel bissa. Puits producteurs et puits injecteurs
- ü 01 Unité traitement gaz - HR Sud. Puits producteurs et puits injecteurs

II- Station Boosting

L'historique de production montre une baisse de pression du gisement conformément au programme de soutirage. Les unités de traitement de gaz sont conçues pour fonctionner à une pression minimale de 100 bars à l'entrée. Tenant compte de ces deux paramètres, le Boosting est une nécessité incontournable. Compte tenu du profil de soutirage considéré, l'échéance Boosting a été repoussée en 2003.

II-1 Le rôle de la station

Depuis le début d'exploitation du gisement gazier de Hassi R'mel jusqu'à ce jour, on enregistre de plus en plus une baisse de pression graduelle. Alors que cette pression ne doit pas chuter au-dessous de 100 bars, parce que le traitement du gaz se base sur plusieurs détentes, et pour la récupération maximale des liquides (GPL et Condensât), il faut réaliser de grandes détentes.

Donc le gaz naturel brut pour qu'il soit traitable au niveau des modules, pour qu'il y ait une pression supérieure à 100 bars à l'entrée du manifold du module. Pour cela, on a prévu trois stations de compression du gaz brut qui seront implanté entre les puits producteurs et le manifold d'entrée des modules pour augmenter la pression du gaz à traiter.

II-2- Les différentes stations Boosting

Les trois stations sont réparties comme suite :

- ü Station Boosting centrale, qui augmente la pression qui provient de 92 puits producteurs pour les modules MPP0, MPP1 et MPP4.
- ü Station Boosting Nord, qui augmente la pression qui provient de 38 puits producteurs pour le module MPP3.
- ü Station Boosting Sud, qui augmente la pression qui provient de 40 puits producteurs pour le module MPP2.

Ces stations sont conçues de façon à comprimer le gaz brut jusqu'à une pression au-dessus de 100 bars pour maintenir l'exploitation durable dans les Cinq modules.

II-3 Représentation des stations Boosting

Le schéma de la figure (I.2), représente l'implantation des différentes stations Boosting sur le champ de Hassi R'mel et les modules vers les quelles compriment le gaz.

II-4 Description de la station Boosting central (SBC)

La station Boosting centrale est conçue de façon à comprimer le gaz d'alimentation jusqu'à une pression ou moins supérieur à 100 bars, pression qui sera livrée à l'entrée des modules MPP0, MPP1, MPP4

Le condensat et l'eau que comporte le gaz d'alimentation sont respectivement séparés en amont du compresseur centrifuge, le condensat séparé étant envoyé vers chaque module et de son côté l'eau séparée étant évacuée vers le système d'évacuation d'eau huileuse. (Voir le schéma de section de porcidé de la SBC)

Chaque station Boosting comporte 3 sections suivantes :

II-4-1 Manifold

Cette section est constituée des éléments suivants :

- ü Manifold d'entrée et de sortie ;
- ü Line de by-pass de la station ;
- ü Vanne d'arrêt d'entrée et celle de sortie,

II-4-2 Séparation d'entrée

Cette section est constituée des équipements suivants :

- ü Séparateur d'entrée ;
- ü Refroidisseur de condensat.

Le condensat et l'eau que comporte le gaz d'alimentation sont respectivement séparés dans D 901 et gaz d'alimentation séparé est envoyé vers l'unité Boosting.

Le liquide condensat venant du séparateur D901 est refroidit en passant à travers les refroidisseurs respectifs E-904/905, jusqu'à une température de 49°C avant d'être fourni à chaque module correspondant. Le débit du liquide condensat pour chaque module est contrôlé par FV 930/931/934.

L'eau est envoyée vers le système d'évacuation d'eau huileuse. Toutefois compte tenu d'une distance de 250 m entre les séparateurs et pour éviter un éventuel déséquilibre du débit, les six séparateurs sont mutuellement isolés l'un de l'autre. Le condensat séparé du gaz d'alimentation est refroidi et envoyé directement à l'intérieur des modules.

II-4-3-Station de Boosting

Cette section est constituée des éléments suivants :

- Û Collecteur d'entrée et de sortie ;
- Û Unité Boosting ;
- Û Compresseur booster K-901 ;
 - Type : centrifuge, BCL 606/3-A
 - Dispositif d'entraînement : turbine à gaz MS5002C
 - Aéroréfrigérant à la sortie du compresseur.

Le gaz venant de la section de séparation d'entrée, est envoyé via le collecteur d'entrée vers chaque unité Boosting. Le ballon d'entrée de chaque unité sert à enlever le liquide en gouttelettes restant dans le gaz pour assurer l'exploitation sûre des compresseurs centrifuges. Le gaz sera comprimé par le compresseur centrifuge K-901, puis refroidit par les Aéroréfrigérant E-901.

(Voir la figure I-4 du procédé de la station Boosting centrale)

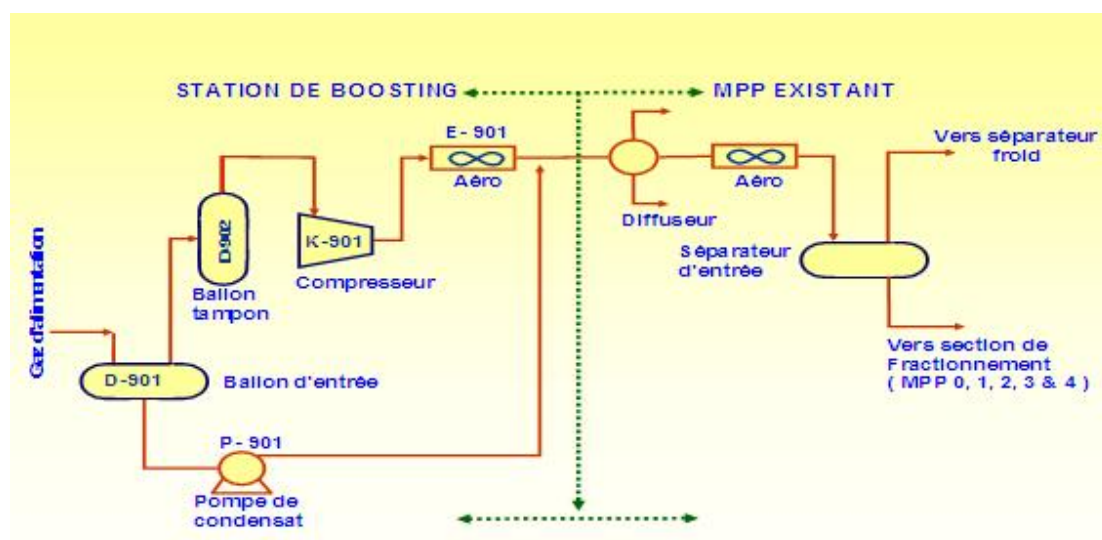


Figure I-4 : Boosting schéma de principe

Conclusion

Dans ce chapitre on a fait une description générale du champ de Hassi R'mel et d'une manière particulière la station Boosting centre et le processus du fonctionnement de cette dernière. Dans le chapitre suivant, on procédera à la description du turbocompresseur qui constitue un outil majeur pour le fonctionnement de la station.

Chapitre 2

Description de Turbocompresseur

Introduction

Un turbocompresseur est composé essentiellement de deux parties différentes; une turbine à gaz qui est utilisée pour entraîner la deuxième partie qui est un compresseur centrifuge.

Les turbines à gaz au niveau du champ de Hassi R'mel sont de modèle MS 5002. Le domaine d'utilisation des turbocompresseurs est vaste, ils sont utilisés dans les usines de pétrochimie, les raffineries, les stations de compression et de distribution du gaz, les unités de GNL (gaz naturel liquéfié).

I- Compresseur centrifuge

I.1 Définition

Le compresseur centrifuge est une machine dynamique à écoulement continu de fluide. Des roues solidaires à l'arbre fournissent de l'énergie à ce dernier. Une partie de cette énergie est transformée en augmentation de pression directement dans les roues, le reste dans le stator, c'est-à-dire dans les diffuseurs. Nous rappelons que les 2 étages de compression du gaz sont réalisés avec 2 compresseurs centrifuges BCL 405/a et c du type barrel pour hautes pressions.

I.2 Les composants principaux du compresseur centrifuge

Le compresseur centrifuge est constitué (voir figure II.1) par :

- (B) : corps extérieur contenant la partie du stator dite ensemble de diaphragmes.
- (C) : rotor
- (D) : roues de l'arbre.
- (E) : piston d'équilibrage
- (F) : Le collet du palier de butée.
- (G) : machine motrice moyennant le moyeu.
- (H) : les paliers porteurs.
- (I) : palier de butée.
- (L) : dispositifs d'étanchéité à labyrinthe.

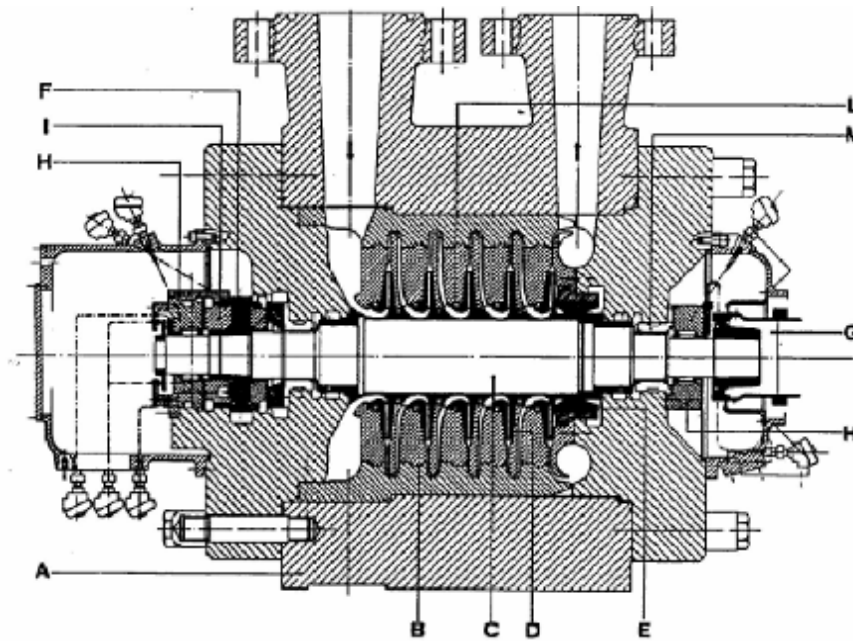


Figure II.1: Coupe longitudinale d'un compresseur centrifuge

I.3 Principe de fonctionnement du compresseur centrifuge

Le gaz est aspiré par le compresseur et entre dans une chambre annulaire (volute d'aspiration), 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. 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'envoie à la bride de refoulement.

II-Turbine à gaz MS 5002C

II-1 Définition

La turbine à gaz MS 5002C est une machine rotative à combustion interne, elle pressurise de l'air, le mélange avec un combustible et brûle ainsi le mélange dans des chambres de combustion. Les gaz ainsi produits sont détendus au niveau des aubes d'une turbine de détente.

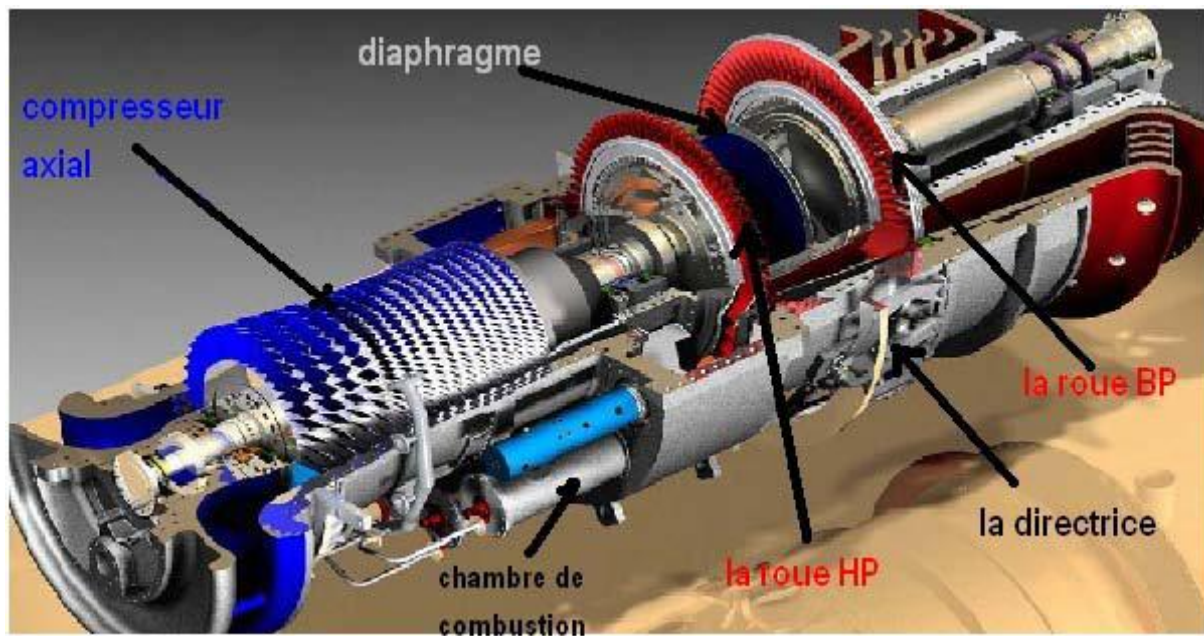


Figure II-2: Les différentes sections principales de la turbine à gaz MS 5002C

II-2 Caractéristiques de la turbine à gaz MS 5002C

Les caractéristiques de la turbine MS5002C sont représentés dans l'annexe A.

II-3 Principe de fonctionnement

Grâce à un système de lancement par moteur électrique, le rotor de la turbine HP est lancé à 20 % de sa vitesse nominale (5000tr/mn).

Le compresseur axial aspire l'air de l'atmosphère et le refoule dans les chambres de combustion, où un apport de combustible permettra de produire un fluide moteur ou gaz chaud à pression constante.

Les gaz chauds ainsi produits viennent se détendre sur la roue haute pression, puis dans la roue basse pression pour s'échapper ensuite dans l'atmosphère.

Donc, on produit un travail utile pour entraîner le compresseur centrifuge BCL 606-3/A, à partir du rotor de la roue BP.

II.4 SECTIONS PRINCIPALES DE LA TURBINE

II-4-1 Section compresseur

La section du compresseur axial comprend le corps stator et le rotor.

Le rotor comporte 16 étages de compression, les aubes de la directrice et 2 défecteurs de sortie.

Les aubes du rotor acheminent l'air en lui donnant la force nécessaire à la compression.

Ils sont insérés dans des rainures et maintenues dans une position axiale par l'empilage et le bouclage au bout des rainures.

Les aubes du stator guident cet air pour le faire pénétrer dans les étages successifs du rotor.

Les disques et le demi-arbre sont assemblés pour assurer la conicité, et maintenus par des tirants.

La partie stator est composée de quatre éléments principaux suivants :

Ü Corps coté aspiration

Se trouve à la partie avant, sa fonction est de diriger l'air de façon uniforme vers le compresseur, il porte le premier palier du stator.

Ü Corps partie avant

Contient les quatre premiers étages du stator, il transmet également les charges de structure qui viennent du corps adjacent vers le support avant.

Ü Corps partie arrière

Contient les derniers étages du stator, les orifices d'extraction prévus dans ce corps permettent de prélever l'air au niveau du dixième étage du compresseur.

Cet air est employé pour refroidir, assurer les fonctions d'étanchéité et contrôler les pulsations au démarrage et à l'arrêt.

Ü Corps coté refoulement

C'est l'élément final et la pièce coulée la plus longue, situé à mi-chemin entre les supports avant et arrière. Ce corps porte le deuxième palier de la turbine.

Sa fonction est de contenir les sept derniers étages de compression et forme avec la paroi intérieure le diffuseur du compresseur.

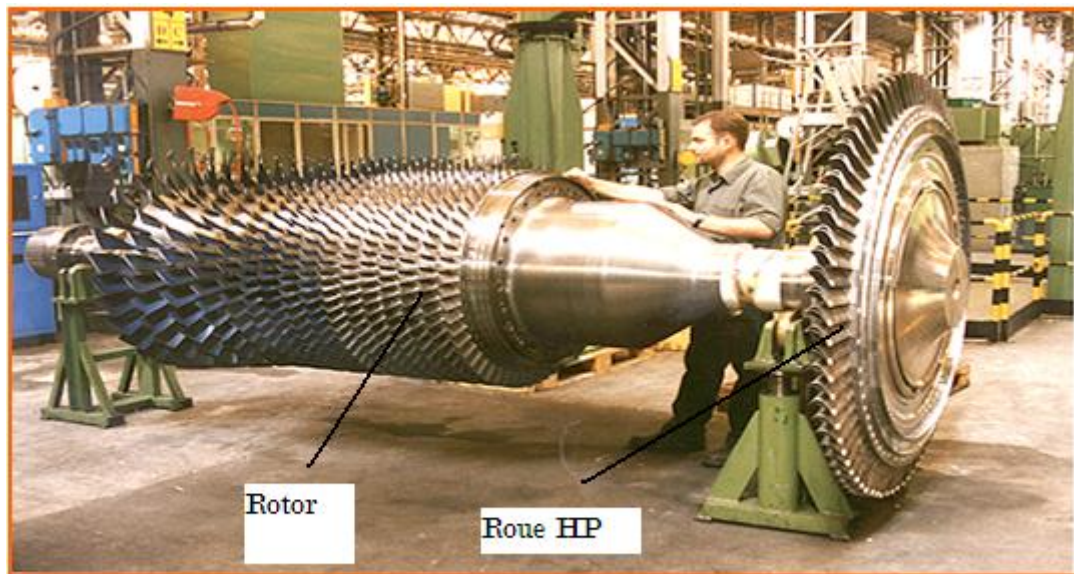


Figure II- 2 : Rotor du Compresseur de la turbine à gaz MS

II-4-2 Section combustion

La section combustion de la turbine à gaz MS5002C comporte l'enveloppe de combustion qui est composée de 12 corps de combustion extérieure, de 12 ensemble chapeau-chemise, de 12 pièces de transition, de 12 injecteurs de combustible, de 2 bougies d'allumage, de 4 détecteurs de flamme et de 12 tubes à foyer et, divers garnitures.

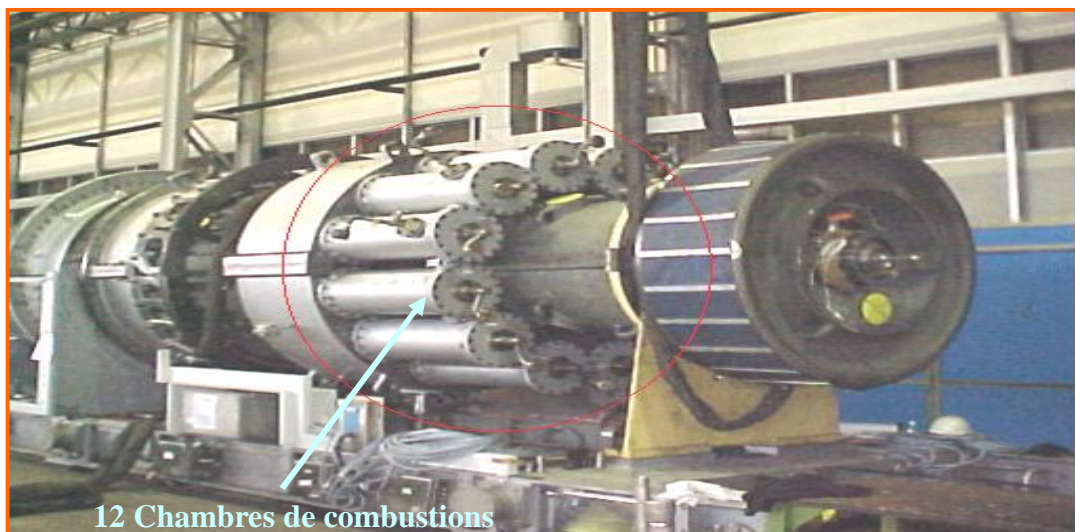


Figure II-3 : Chambre de combustion de la turbine à gaz MS 5002C.

Û Enveloppe de combustion

Soutient les 12 corps de combustion qui renferment les 12 pièces de transition. C'est une enceinte soudée, montée dans la partie arrière du refoulement du compresseur, elle reçoit l'air de refoulement à flux axial.

Û Corps de combustion

Les brides arrière des 12 corps de combustion sont montées sur la surface verticale avant de l'enveloppe de combustion avec chaque corps par les tubes de foyer.

Les ensembles chapeaux et chemises se trouvent à l'extérieur de chaque corps.

Les injecteurs de combustible sont montés dans les couvercles du corps de combustion, ils pénètrent dans les chambres et assurent l'alimentation en combustible.

Le rôle de la chambre de combustion c'est de fournir la quantité de chaleur nécessaire pour le cycle de la turbine à gaz.

La chambre de combustion est de forme cylindrique, elle est étudiée pour remplir les conditions suivantes :

- Û Durée de vie la plus longue possible.
- Û Encombrement minimal.
- Û Garantir un bon allumage et une stabilité de la flamme.
- Û Assurer une combustion plus complète que possible.
- Û Réduire les pertes de charges.

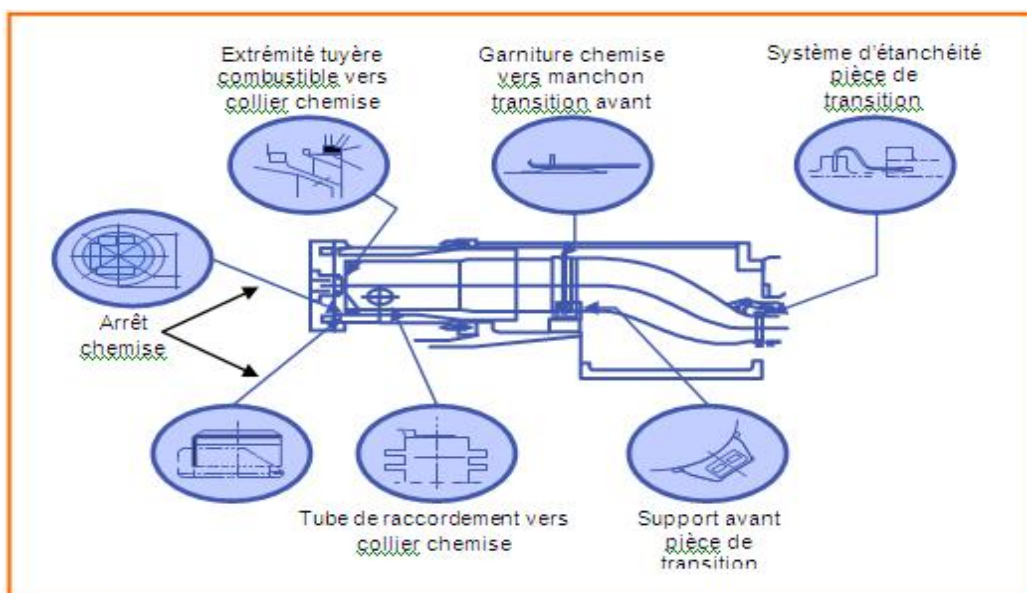


Figure II-4 : Schema d'une chambre de combustion

Ü Bougie d'allumage

Le déclenchement de la combustion du mélange combustible est assuré par des bougies d'allumage avec électrode.

Deux bougies sont installées dans chacune des deux chambres de combustion 9 et 10, et reçoivent l'énergie du transformateur d'allumage.

Les autres chambres sont allumées à travers les tubes d'interconnexions.

Ü Détecteur de flamme ultraviolette

Pendant la séquence de lancement, on envoie une indication de présence ou d'absence de flamme au système de commande, géré par le système de contrôle de flamme.

Le capteur de flamme est sensible à la présence des radiations ultraviolettes émises par la flamme aux hydrocarbures.

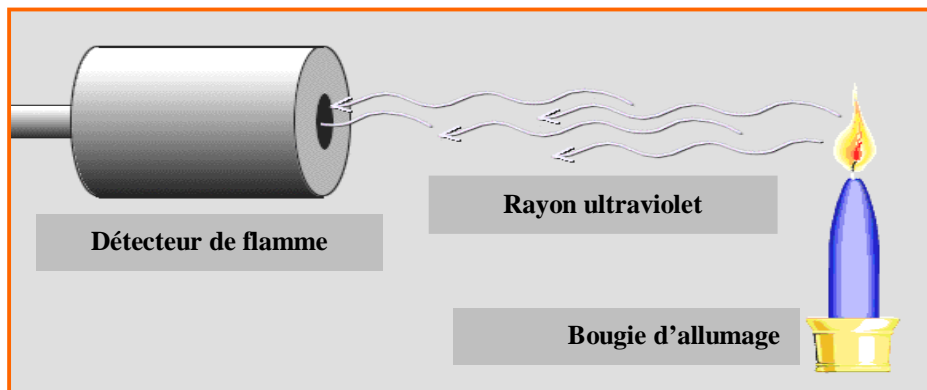


Figure II-5 : Détecteur de flamme

II-4-3 Section turbine

Elle comprend le corps rotor de la turbine, l'aubage directrice du premier étage, la roue de la turbine premier étage HP, la roue de la turbine du second étage BP, l'ensemble diaphragme, l'ensemble d'étanchéité et la conduite de gaz inter-étages.

Le stator de cette section est en deux parties, séparé par un plan de joint médian horizontal afin de faciliter l'entretien.

Ü Directrices premier étage

Elles sont fixées à proximité de la veine de gaz prévu dans le corps de la turbine. L'air refoulé par le compresseur à partir des enveloppes de combustion vient dans l'anneau support de retenu des aubes perforées pour s'échapper dans la veine de gaz vers l'échappement. Ce flux d'air permet le refroidissement des aubes de la directrice.

Ü Directrices deuxième étage

Composées d'aubes orientables, qui forment un angle variable avec la directrice d'écoulement des gaz dans la section annulaire juste avant le deuxième étage de la turbine BP. Une rotation est donnée grâce à des axes prévus dans le corps de la turbine. Les leviers clavetés à l'extrémité de ces axes, sont reliés par des biellettes à des points de la couronne de contrôle qui sont actionnés par un piston hydraulique.

Ü Roues de turbine

Il existe deux roues séparées dans cette turbine, la première HP commande le compresseur axial, et la seconde BP entraîne le compresseur centrifuge BCL 606-3/A. Les roues sont indépendantes mécaniquement ce qui leurs permet de tourner différemment.

II-5 SYSTEMES AUXILIAIRES DE LA TURBINE

II-5-1 Système d'admission

Ce système dirige l'air de combustion dans la section d'admission afin de garantir :

- Ü Degré de filtration pour le fonctionnement correcte du compresseur et de la turbine dans les limites des conditions ambiantes existantes de l'installation.
- Ü Débit d'air régulier vers la section d'admission, et un fonctionnement fluïdodynamique régulier de ce dernier.

Le système d'admission comprend le filtre d'admission, la conduite, le silencieux, le coude, le caisson d'admission et les autres accessoires.

L'air pénètre dans le filtre, traverse la conduite, le silencieux, le coude et le caisson d'admission et enfin le compresseur.

La configuration du filtre choisie, le degré d'insonorisation obtenu dans le silencieux et la géométrie du coude, sont les facteurs qui influencent sur la résistance rencontrée par l'air qui les traverse.

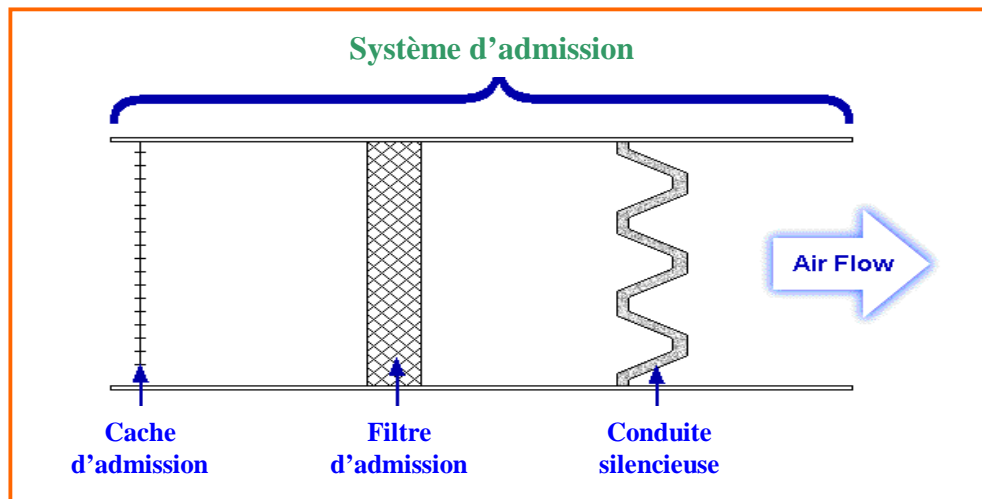


Figure II-6 : Système d'admission, filtre à air.

II-5-2 Système de lancement

Le moteur électrique de démarrage fait lancer la machine jusqu'à 22 % de la vitesse nominale pendant une minute, elle se stabilise à 20 % pendant deux minutes.

Le balayage et l'alimentation du circuit de gaz dure 6 minutes, l'arbre BP étant à l'arrêt.

La température T_{\max} à l'échappement est légèrement augmentée, pendant que les aubes de la directrice présente une ouverture de 15° .

Après que les conditions précédentes soient vérifiées, les bougies d'allumage produisent des étincelles et le signal de démarrage de la turbine est annoncé.

A ce moment là, l'arbre BP se met en mouvement, les aubes de la directrice se mettent en position d'ouverture maximale, dans l'intervalle de 50 à 60 % de la vitesse nominale.

L'arbre HP se désaccouple du moteur de lancement donc la turbine à gaz est auto maintenue.

II-5-3 Système d'échappement

Il comporte l'ensemble du cadre et la chambre d'échappement. Le cadre d'échappement est une structure principale faisant partie de la turbine à gaz. Il sert de support aux paliers 3 et 4, à l'ensemble des tuyauteries, des labyrinthes de paliers et des segments de la roue du deuxième étage de la turbine. La chambre d'échappement est une structure rectiligne en forme de boîte dans laquelle les gaz d'échappement sont déchargés et diffusés. Elle est située à l'extrémité arrière du socle de la turbine à partir de cette chambre, les gaz sont conduits vers l'atmosphère.

Û Socle support et paliers de la turbine

Le socle supporte la turbine et sert de surface de montage pour l'accès et comme réservoir pour l'huile de graissage.

La turbine soutenue sur le socle par deux plaques de supports souples, l'une se trouve sous la caisse d'admission et l'autre sous la caisse d'échappement.

La turbine à gaz comporte quatre paliers principaux qui supportent le compresseur et les rotors des deux turbines.

Û Système d'embrayage de lancement

Il comprend l'embrayage à mâchoires, fin de course et deux cylindres.

Les cylindres hydrauliques enclenchent l'embrayage par la vanne d'auto commande séquentielle, et les dispositifs de démarrage fournissent un couple à la turbine.

Û Système de combustible gazeux

Destiné à envoyer le combustible gazeux aux chambres de combustion à pression et débit adéquats pour satisfaire toutes les exigences de lancement de la turbine.

L'ensemble vanne de commande est l'élément principal du système combustible gazeux. Il y a aussi les servovannes, manomètres, la tuyauterie de distribution aux injecteurs de combustible.

Û Système d'huile de graissage

Il comprend un bac d'huile, des pompes, des filtres, des vannes et des dispositifs de contrôle et de protection du système d'huile de graissage.

La turbine à gaz est graissée par un système sous pression en boucle fermée.

L'huile de graissage venant du système, circule jusqu'à atteindre les paliers principaux de la turbine, les accessoires et les équipements entraînés.

Une pompe principale de graissage est montée et entraînée par un réducteur auxiliaire.

Deux autres pompes entraînées par un moteur à courant alternatif sont utilisées en cas de secours.

Û Système d'alimentation hydraulique

Il comporte deux pompes d'alimentation, une principale et l'autre auxiliaire.

Le fluide nécessaire pour le fonctionnement des composants de commande du système de combustible de la turbine à gaz est fourni par le système d'alimentation hydraulique.

Ce fluide fournit les moyens d'ouverture et de fermeture de la soupape d'arrêt du combustible.

Il gère aussi les aubes directrices variables, les dispositifs de déclenchement hydraulique et de protection de la turbine.

Ü Système d'air de refroidissement et d'étanchéité

L'air est utilisé pour refroidir les différentes parties de la section de la turbine, et pour pressuriser les joints d'huile des paliers dans la turbine à gaz.

Les parties principales de la section de la turbine refroidies par l'air sont :

- § Roue de la turbine du premier et du deuxième étage.
- § Directrice du premier étage.
- § Carter du rotor de la turbine.
- § Tubes à flamme, les pièces de transition et les paliers.

III-Instrumentation

Ü Système de contrôle, de régulation et de protection

Il exécute des tâches pour assurer le meilleur fonctionnement de la turbine Pour exécuter ces fonctions, le système gère une série de paramètres sous forme de signaux reçus de la turbine, et envoyés par des éléments d'interface, qui sont utilisés dans la turbine tels : le transducteur de pression, le transmetteur de position de la vanne de combustible, les thermocouples, les détecteurs de flamme, ...etc.

Nous allons illustré et définie quelque élément utilisés dans la turbine :

Ü Le rôle du capteur –transmetteur

C'est l'un des instruments principaux de la boucle, il permet de mesurer les grandeurs Physique (niveau, débit, pression et température) et de les transmettre en un signal électrique [4-20 mA] pour les transmetteurs, et des mV pour les thermocouples proportionnel à la grandeur mesurée vers la salle de contrôle.

Ü Transmetteur de débit

La mesure du débit se fait par la détermination de la différence de pression (basse pression et haute pression) amont et aval de diaphragme de contraction.

Û Transmetteur de pression

Pour mesurer le débit à l'aide d'un organe déprimogène, on utilise un transmetteur de pression différentielle, tel que la pression s'exerce perpendiculairement à la surface considérée : $P=F/S$ (N/m²).

Û Thermocouple (capteur de température)

En physique, les thermocouples sont utilisés pour la mesure de température, un thermocouple est constitué de deux conducteurs A et B formant deux jonction aux températures T1 et T2. Il délivre une f. e. m qui dépend deux conducteurs A et B et des températures T1 et T2.

En général, l'une des températures (ici T1 sert de référence, est souvent 0°C).



Figure II-8: Thermocouple (capteur de température)

Les vannes de régulation utilisées sont de types :

Û Vanne Toute ou Rien (TOR)

Une vanne «Tout Ou Rien» utilisée pour le contrôle de débit des fluides en tout ou rien, c'est à dire elle exécute une action discontinue qui prend deux positions ou deux états 0 et 1 (ou 0 et 100%) donc soit ouverte ou fermée.

Û Split ringe (régulateur à échelle)

C'est un régulateur qui commande deux vannes.

Û Cascade

La sortie de premier régulateur est une entrée de deuxième régulateur.

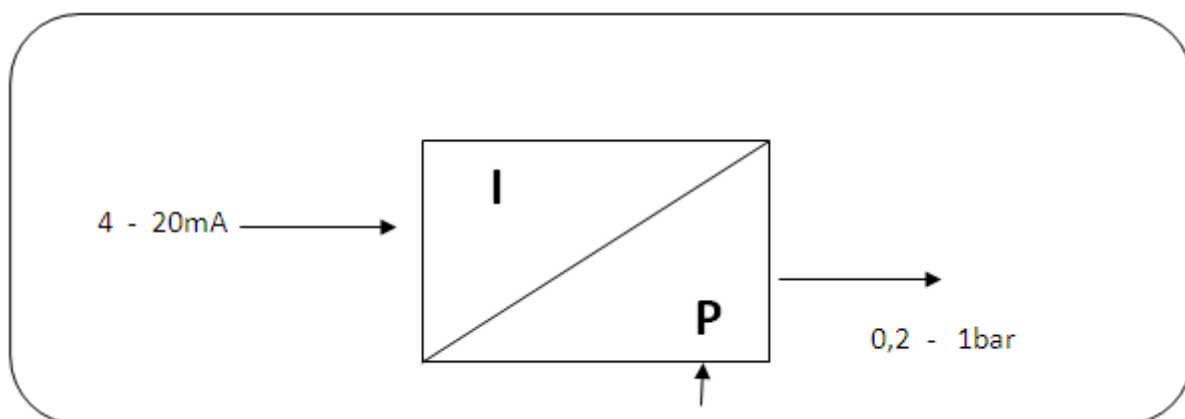
Des fins de courses qui sont des contacts intégrés sur les vannes sont utilisées pour indiquer la position du corps. Il indique l'ouverture ou la fermeture de la vanne.



Figure II-9 : fin de course.

Û Convertisseur I/P

Le convertisseur courant/pression reçoit un signal d'entrée électrique pour le transformer en un signal de sortie qui doit être utilisé pour actionner les appareils pneumatiques.



Conclusion

Afin de pouvoir commander notre système, nous avons présenté son principe de fonctionnement et ses différentes parties qui le composent, ainsi nous avons proposé une description de l'instrumentation appliquée à notre système. Le chapitre qui suit a pour objectif de découvrir la commande appliquée à un Turbo compresseur.

Chapitre 3

La régulation et la protection de la turbine

Introduction

La régulation Mark VI SPEEDTRONIC contient un certain nombre de systèmes, de commande, protection et séquencements conçus pour assurer un fonctionnement fiable et sûr de la turbine à gaz.

Nous allons étudier les boucles de régulations principales de la turbine qui sont :

La régulation de démarrage, d'accélération, de vitesse et de température.

I-Régulation de Système de commande

Exemple d'une boucle de régulation

Définition:

Un régulateur est un mécanisme automatique qui élabore un signal de commande U en fonction de l'écart de réglage M-C selon un algorithme donné

$$F : U = F((C - M))$$

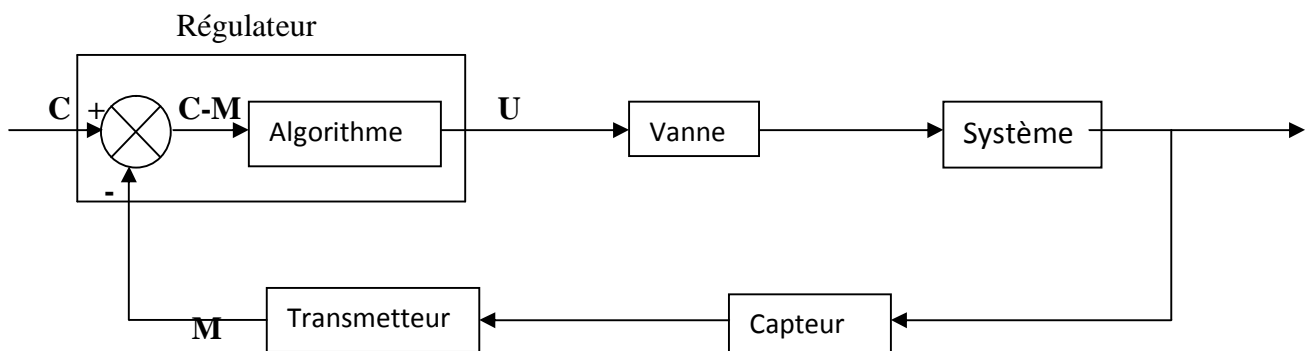


Figure III-1 : Structure d'un système de régulation automatique

I-1 Conception de base

La régulation de la turbine à gaz se fait par des fonctions de commande de démarrage, de vitesse, d'accélération et de température d'arrêt et de commande manuelle comme est indiqué dans la figure suivante

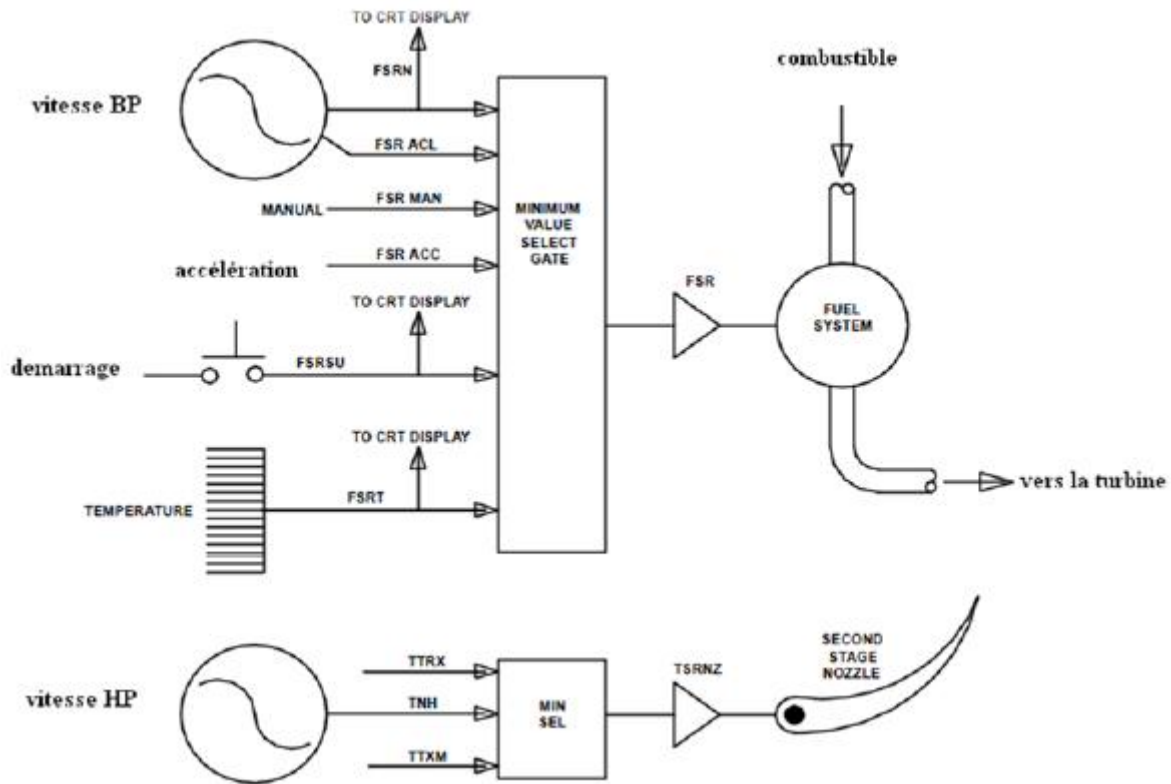


Figure III.2 : Schéma simplifié de commande pour turbine bi-arbre.

Les conditions de fonctionnement de la turbine sont détectées et utilisées en tant que signaux de rétroaction vers le système de régulation SPEEDTRONIC

Il y a trois boucles de régulation principale : démarrage, vitesse et température qui peuvent assurer le contrôle durant le fonctionnement de la turbine. La sortie de ces boucles de régulation est connectée à un portillon électronique à valeur minimale comme est représenté en figure (III.1)

Le mode de régulation secondaire de l'accélération, du FSR manuelle et de l'arrêt de fonctionnement d'une manière similaire Le portillon de sélection à valeur minimale connecte les signaux de sortie des six modes de régulation vers le contrôleur de FSR; la sortie FSR la plus basse des six boucles de régulation est autorisée à traverser le portillon vers le système de régulation de combustible en tant que FSR de contrôle.

Le FSR de contrôle établira l'entrée de combustible vers la turbine à un débit nécessaire par le système qui est contrôlé. Une seule boucle d'asservissement contrôlera à un moment particulier et la boucle d'asservissement qui contrôle le FSR sera affichée sur l'HMI.

I-2 Régulation de démarrage

La régulation de démarrage fonctionne en tant que régulation en boucle d'asservissement utilisant des niveaux prédéfinis du FSR du signal de commande de combustible. Les niveaux sont: "ZERO", "FEU", "CHAUFFAGE", "ACCELERATION" et "MAX".

Les niveaux de FSR sont définis en tant que constantes de régulation dans la régulation de démarrage SPEEDTRONIC Mark VI.

Une partie importante de la régulation de séquence de marche/arrêt de la turbine à gaz est une bonne détection de la vitesse. La vitesse de la turbine est mesurée par des capteurs magnétiques et sera abordée dans le cadre de la régulation de vitesse.

Les détecteurs de vitesse et les relais de vitesse suivants sont en général utilisés:

- . L14HR Vitesse zéro (environ 0% vitesse)
- . L14HM Vitesse minimale (environ 20% vitesse)
- . L14HA Vitesse d'accélération (environ 60%)
- . L14HS Vitesse de fonctionnement (environ 95%).

I-2-1 Prêt au démarrage

L'activation du commutateur de fonctionnement maître (L43) qui passe de "OFF" (Désactivé) à un mode de fonctionnement activera le circuit prêt. Si tous les verrous des circuits de protection et de déclenchement sont réinitialisés, les messages "STARTUP STATUS" (Statut démarrage) et "READY TO START" (Prêt à démarrer) s'afficheront indiquant que la turbine acceptera un signal de démarrage.

I-2-2 Démarrage des axillaires

Le signal de démarrage énergise le circuit de contrôle et protection maître (le circuit "L4") et démarre l'équipement auxiliaire nécessaire. Le circuit "L4" permet la pressurisation du circuit d'huile de déclenchement. Avec le permissif de circuit "L4" et l'embrayage de démarrage automatiquement engagé, les dispositifs de démarrage commencent à tourner. Le message de statut de démarrage "STARTING" (En démarrage)

Dés que la roue HP commence à tourner, il y a la perte du signal L14HR et l'excitation du solénoïde d'embrayage 20CS et l'arrêt du vireur hydraulique.

Ü Purge

Le relais de vitesse de turbine L14HM indique que la turbine tourne à la vitesse nécessaire pour une purge adéquate et un allumage des chambres de combustion. Les unités avec un allumage à gaz qui ont des configurations d'échappement qui peuvent piéger les fuites de gaz

(c'est-à-dire chaudières) ont une horloge de purge, L2TV, qui est initiée avec le signal L14HM. Le délai de purge est réglé pour permettre trois à quatre renouvellements d'air dans l'unité pour s'assurer que tout mélange de combustible a été purgé du système.

Ü Allumage et préchauffage

L'accomplissement du cycle de purge (L2TVX) a permis le passage du combustible, l'allumage des bougies, définit le FSR du niveau d'allumage et initie l'enveloppe d'allumage L2F. Voir point "B" en (Figure III-2). Lorsque les signaux de sortie du détecteur de flamme indiquent qu'une flamme a été établie dans les chambres de combustion (L28FD), l'horloge de chauffage L2W démarre et le signal de commande de combustible est réduit au niveau FSR "WARM.UP" (CHAUFFAGE). Le délai de chauffage est prévu pour minimiser les contraintes thermiques des parties chaudes pendant la partie initiale du démarrage.

Si la flamme n'est pas établie au moment où l'horloge L2F arrive au bout de son délai, en général 60 secondes, le flux de combustible est suspendu. L'unité peut recevoir un autre signal de démarrage mais l'allumage sera retardé par une horloge L2TV pour éviter une accumulation de combustible dans les tentatives successives. Cette séquence intervient même sur les unités qui n'ont pas besoin de purge initiale L2TV.

Ü Accélération à la vitesse opérative

A la fin de la période de chauffage (L2WX), la régulation de démarrage rampe le FSR à une cadence prédéterminée jusqu'au réglage pour "ACCELERATE LIMIT" (Limite d'accélération).

Le cycle de démarrage a été conçu pour modérer la température d'allumage la plus élevée produite pendant l'accélération. Ceci se fait en programmant une augmentation lente du FSR (une pente de 1%)

La phase de démarrage se termine lorsque l'unité atteint la pleine vitesse sans charge.

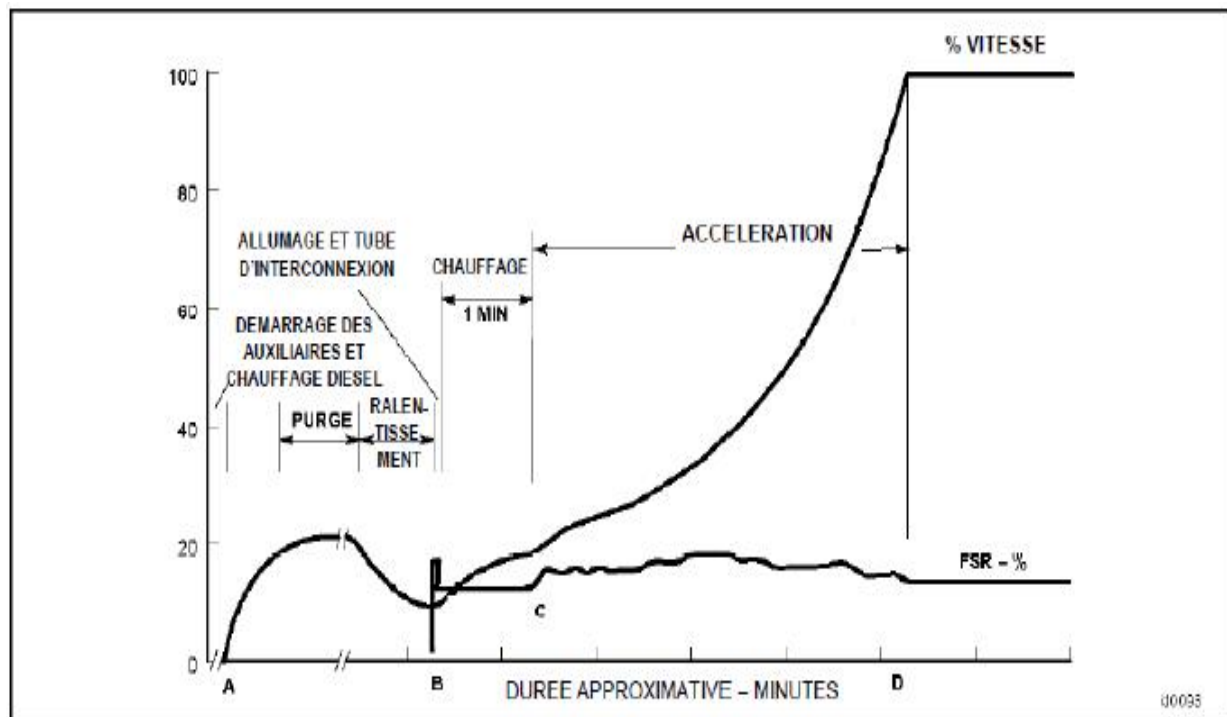


Figure III.3 : Courbe de démarrage Mark VI

I-3-Régulation de l'accélération

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

Si l'accélération actuelle est supérieure à l'accélération de référence, FSRACC est réduit, ce qui réduit le FSR et, en conséquence, le combustible de la turbine à gaz. Pendant le démarrage, la référence de l'accélération est une fonction de la vitesse de la turbine; la régulation de l'accélération reprend en général à partir de la régulation de vitesse peu après la période de chauffage et amène l'unité en vitesse. La "Séquence terminée", qui est normalement l'excitation de L14HS, la référence d'accélération est une constante de régulation, normalement 1% vitesse/seconde. Une fois que l'unité a atteint 100% de TNH.

I-4- Régulation de vitesse

La régulation de vitesse pour turbine bi-arbres contrôle le FSR pour maintenir le rotor BP à un point de consigne désiré, le rotor HP est contrôlé par la directrice variable deuxième étage.

I-4-1- Concept de la régulation de vitesse.

Le système de régulation de vitesse contrôle la vitesse et la charge de turbine à gaz en réaction au signal de vitesse réelle de turbine 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 position de la directrice variable du deuxième étage.

La boucle de régulation principale est la boucle de vitesse basse pression. Celle-ci comprend les capteurs de vitesse basse pression, le point de consigne, le contrôleur (algorithme de commande) et le signal de commande. Tandis que le signal de vitesse médiane est utilisé par le contrôleur pour la régulation de vitesse et pour le déclenchement de survitesse primaire.

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 régulation, ce qui génère un signal de commande relatif à la vitesse (FSRN). Si ce signal est le plus faible par rapport aux autres signaux sortis des différentes boucles de régulation, il sera considéré comme un signal de référence (FSR) de la boucle de régulation de position pour la vanne de contrôle du gaz (GCV).

La position de la vanne de régulation de gaz est destinée à être proportionnelle au FSR qui représente le débit de gaz combustible demandé. Ce signal FSR 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 FSR.

Il y a 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 FSR, l'amplificateur opérationnel sur la carte VSVO changera le signal vers la servosoupape hydraulique pour qu'elle entraîne la vanne de régulation 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 où on aura un appel d'augmentation de débit de combustible.

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

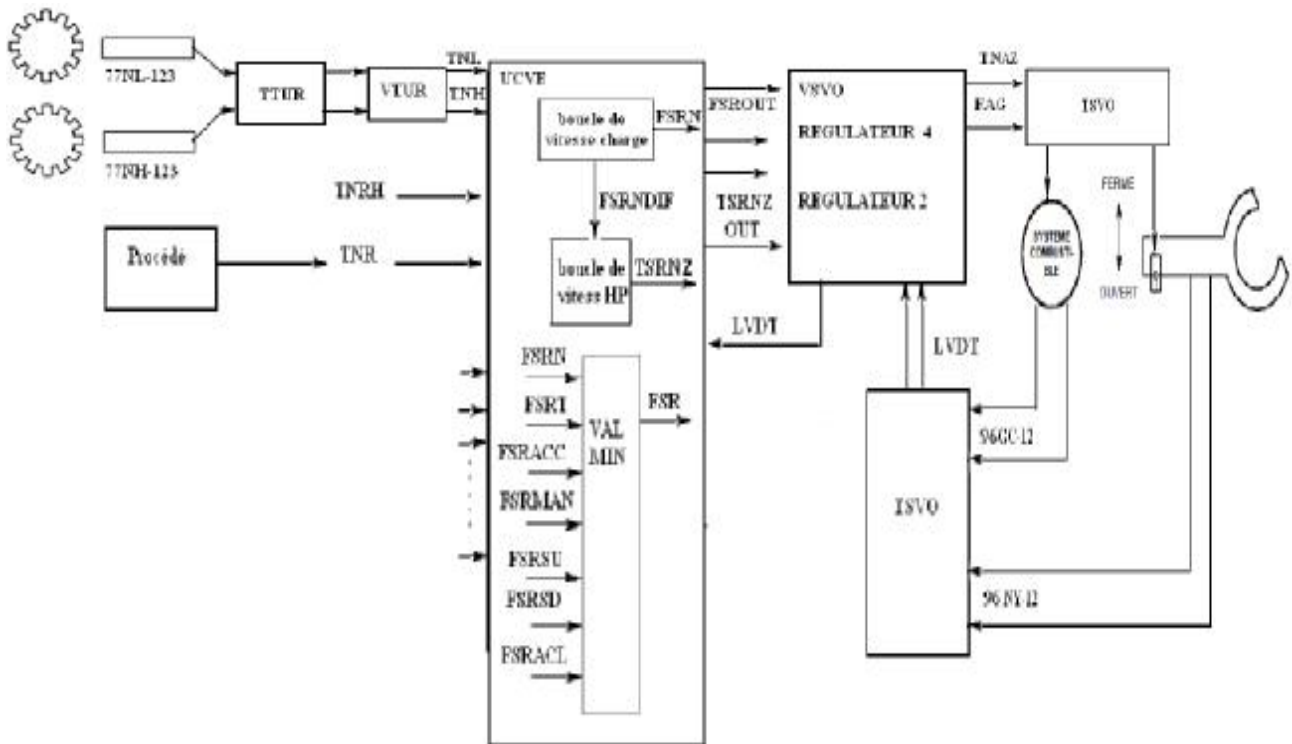


Figure III-4: La boucle de régulation de vitesse d'une turbine à gaz bi-arbre.

I-4-2- Concept de la protection contre survitesse

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 turbine. Dans des conditions de fonctionnement normales, la vitesse du rotor est contrôlée par la régulation de vitesse. Le système de protection survitesse ne peut pas être demandé qu'après une défaillance des systèmes de contrôle.

Le système de protection de survitesse se compose de deux systèmes de survitesse primaire et secondaire. Les deux systèmes se composent de capteurs magnétiques pour détecter la vitesse de la turbine et un algorithme de détection de vitesse pour déclencher l'unité à une vitesse seuil de **110%** de la vitesse nominale.

I-4-2-1- Protection contre survitesse primaire

Les signaux de vitesse de la turbine TNH et TNL sont détectés par les capteurs magnétiques (77NH-123 et 77NL-123) et ils sont comparé dans l’algorithme de protection (contrôleur) avec un seuil de survitesse TNKHOS et TNKLOS. Lorsque TNH ou le TNL dépasse le seuil, le signal de déclenchement de survitesse L12H ou L12L est transmis à un circuit de protection maître pour déclencher la turbine par l’ouverture de la borne négative (-125 V cc) en désexcitant le solénoïde de la vanne d’arrêt d’urgence SRV. (Voir figure VI.2).

I-4-2-2- Protection contre survitesse secondaire

La carte de protection de la turbine (VPRO) et ses plaques à bornes associées TPRO et TREG fournissent un système de protection secondaire, indépendant d’urgence contre les vitesses de pointe. La commande de la vitesse et la protection contre les vitesses de pointe sont implémentées avec six détecteurs passifs magnétiques de vitesses. Les trois premières sont surveillées par les contrôleurs. Les trois suivantes sont séparément connectées aux cartes VPRO. Les réglages séparés du déclenchement des vitesses de pointe sont programmés dans le logiciel d’application pour les limites de déclenchement d’urgence des vitesses de pointe et une deuxième limite de déclenchement d’urgence des vitesses de pointe doit être programmée dans le configurateur d’E/S de la carte VPRO pour confirmer le point de déclenchement secondaire, ou elle fournit le côté positif (+125 V cc) aux solénoïdes arrêt d’urgence . (Voir figure VI.3).

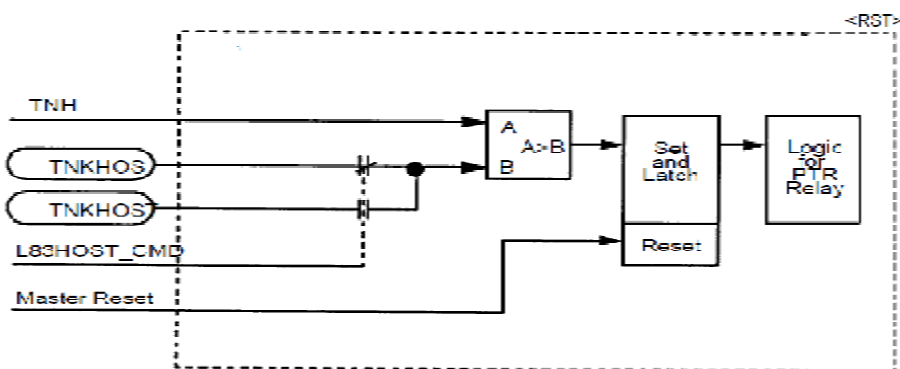


Figure III-5 : Système de déclenchement de survitesse primaire

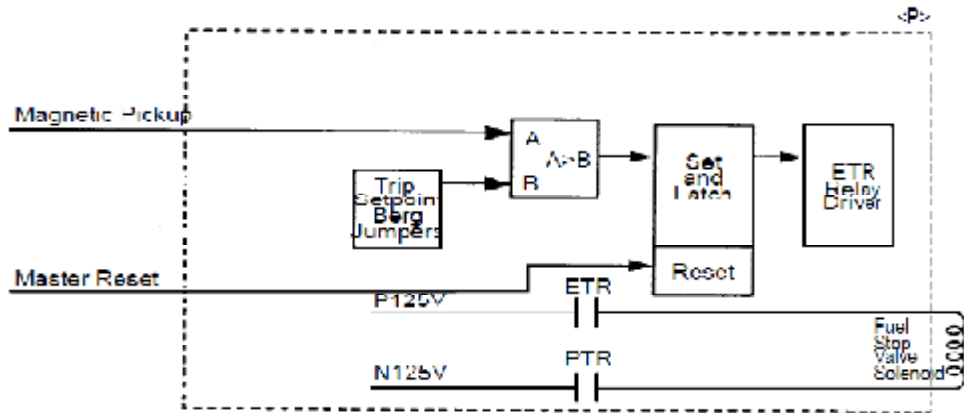


Figure III-6 : Système de déclenchement de survitesse secondaire.

I-5- Régulation de la température

Le système de régulation de température limitera le débit de combustible vers la turbine pour maintenir les températures d'exploitation internes à l'intérieur des limites théoriques des parties chaudes de la turbine à gaz.

La température la plus élevée dans la turbine intervient dans la zone de flamme des chambres de combustion. Le gaz de combustion dans cette zone est dilué par l'air de refroidissement et s'écoule dans la section de turbine à travers la directrice première étage. La température de ce gaz lorsqu'il quitte la directrice premier étage est connue sous le nom de "température d'allumage" de la turbine à gaz; c'est cette température qui doit être limitée par le système de régulation. A partir de relations thermodynamiques, de calculs de performances de cycle de turbine à gaz et des conditions connues du site, la température d'allumage peut être déterminée en fonction de la température d'échappement et du ratio de pression dans la turbine; ce dernier est déterminé à partir de la pression de refoulement du compresseur mesurée (CPD).

Le système de régulation de température est conçu pour mesurer et contrôler la température d'échappement de la turbine plutôt que la température d'allumage parce qu'il n'est pas pratique de mesurer les températures directement dans les chambres de combustion au niveau de l'admission de la turbine.

I-6- Système de régulation de combustible

Le système de régulation de combustible de turbine à gaz changera le débit du combustible vers les chambres de combustion en réaction au signal de référence de course de combustible (FSR). Les systèmes de combustible standard sont conçus pour un fonctionnement avec du combustible liquide et/ou du gaz combustible.

Le FSR venant d'autres systèmes de régulation est conditionné et envoyé en tant que point de consigne vers le système d'asservissement. Le point de consigne de la vanne de gaz est comparé avec le signal de rétroaction et converti en une position de vanne.

I-6-1- Système de traitement asservi

Le cœur du système de combustible est une servosoupape électro-hydraulique à trois bobines (asservissement) telle que représentée (Figure III-7). La servosoupape est l'interface entre les systèmes électriques et mécaniques et contrôle la direction et la cadence du mouvement d'un actionneur hydraulique basé sur le courant d'entrée vers l'asservissement. La servosoupape contient trois bobines isolées électriquement sur le moteur couple. Chaque bobine est connectée à l'un des trois contrôleurs <RST>. Ceci assure la redondance si l'un des contrôleurs ou les bobines s'avéraient défaillant. Il y a un ressort de polarisation nulle qui positionne l'asservissement de sorte que l'actionneur passe en position de sécurité intégrée si tous les signaux d'alimentation et/ou de régulation ont été perdus.

La conversion numérique (signal du microprocesseur) en analogique se fait sur la carte VSVO; ceci représente le débit de combustible demandé. Le signal de débit de combustible demandé est ensuite comparé à une rétroaction représentant le débit de combustible réel. La différence est amplifiée sur la carte VSVO et envoyée à travers la carte TSVO vers l'asservissement. Cette sortie vers les asservissements est surveillée et il y aura une alarme en cas de perte de l'un des trois signaux à partir du <RST>.

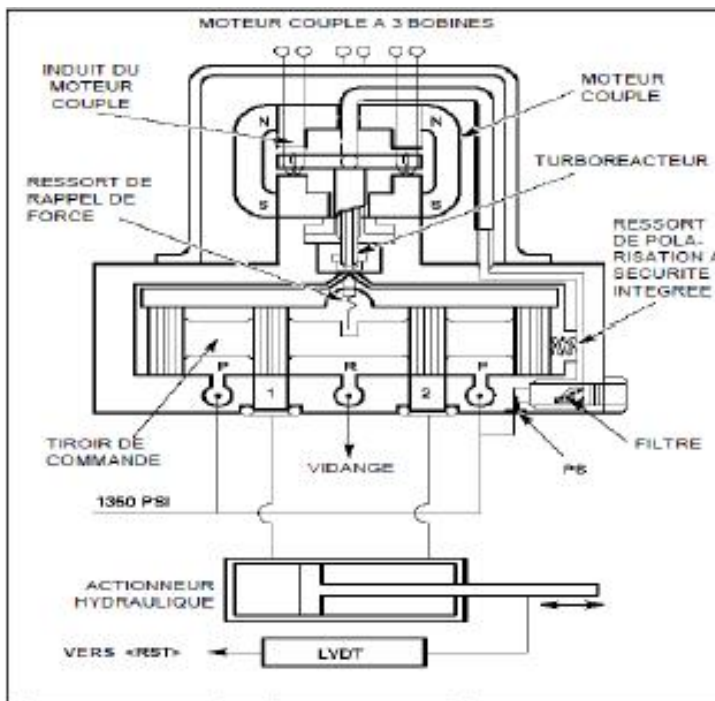


Figure III.7 : Servosoupape électro-hydraulique

I-6-2- Vanne de régulation GCV

La position de l’obturateur de la vanne de régulation de gaz est destinée à être proportionnelle au FSR2 qui représente le débit de gaz combustible demandé. L’activation de la vanne de régulation de gaz à ressort se fait par un vérin hydraulique contrôlé par une servosoupape électro hydraulique.

La position de la tige de la vanne de régulation de gaz est détectée par la sortie d’un transformateur différentiel variable linéaire (LVDT) et réacheminée à travers la carte TSVO vers un amplificateur opérationnel sur la carte VSVO où elle est comparée au signal d’entrée FSROUT dans une jonction de totalisation. Il y a 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 à travers une porte à diode à sélection élevée. Si la rétroaction est en erreur avec FSROUT, l’amplificateur opérationnel sur la carte VSVO changera le signal vers la servosoupape hydraulique pour qu’elle entraîne la vanne de régulation de gaz dans une direction permettant de diminuer l’erreur.

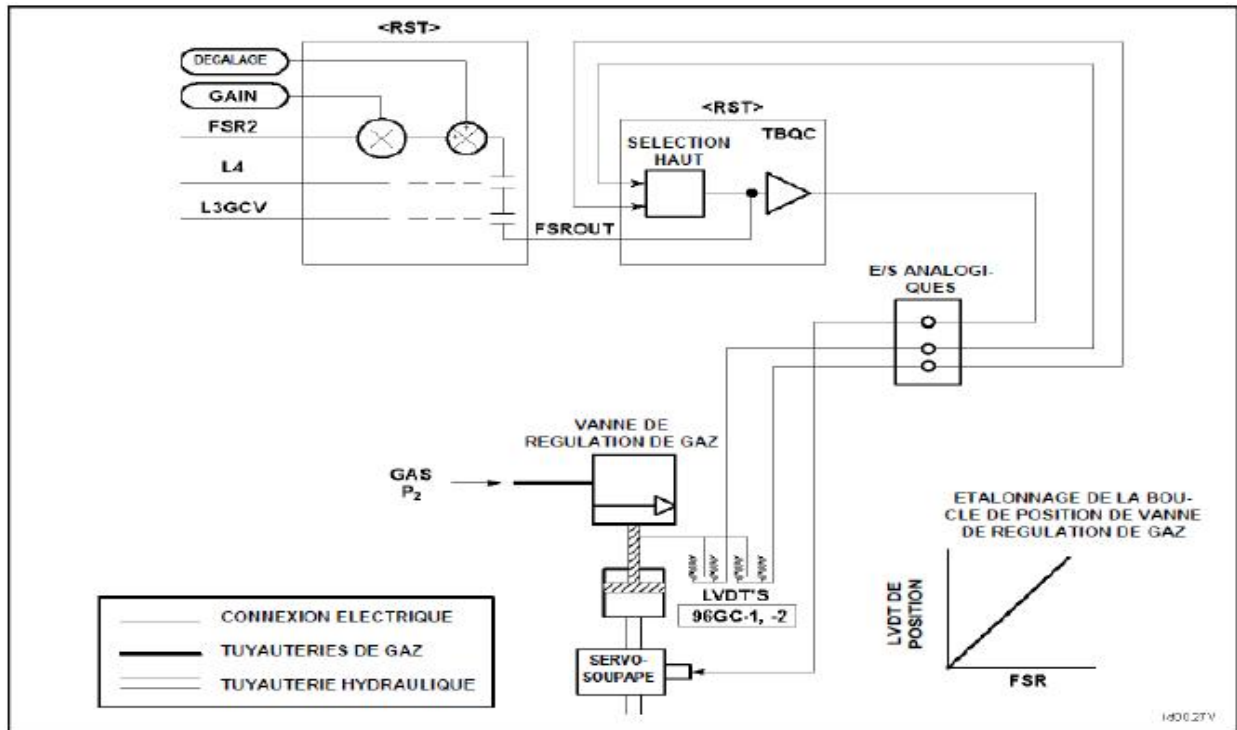


Figure III.8: Schéma de régulation de la vanne de régulation de gaz (GCV)

I-6-3- Vannes de régulation arrêt /détente (SRV)

La vanne de régulation de vitesse est une vanne à double fonction. Elle sert de vanne de régulation de pression pour maintenir une pression de gaz combustible désirée à l'avant de la vanne de régulation de gaz et sert également en tant que robinet d'arrêt, elle fait partie intégrante du système de protection.

La vanne de régulation arrêt/détente (SRV) a une boucle d'asservissement appelée : "**Boucle de régulation de pression**".

La vanne de régulation de la vitesse a deux boucles d'asservissement. Il y a une boucle d'asservissement similaire à celle de la vanne de régulation de gaz et il y a une boucle de régulation de pression. La pression de gaz combustible P2 à l'admission de la vanne de régulation de gaz est contrôlée par la boucle de pression en fonction de la vitesse de la turbine. Ceci se fait en établissant une proportion entre le signal de vitesse de turbine TNH, avec un décalage et un gain, qui devient ensuite la référence de pression de gaz combustible (FPRG).

La FPRG est ensuite transmise à la carte VSVO pour être convertie en un signal analogique. La pression P2 est mesurée par 96FG qui sort une tension proportionnelle à la pression P2.

Ce signal P2 (FPG) est comparé à la FPRG et le signal d'erreur (le cas échéant) est à son tour comparé avec la rétroaction du LVDT 96SR pour repositionner la vanne comme dans la boucle GCV.

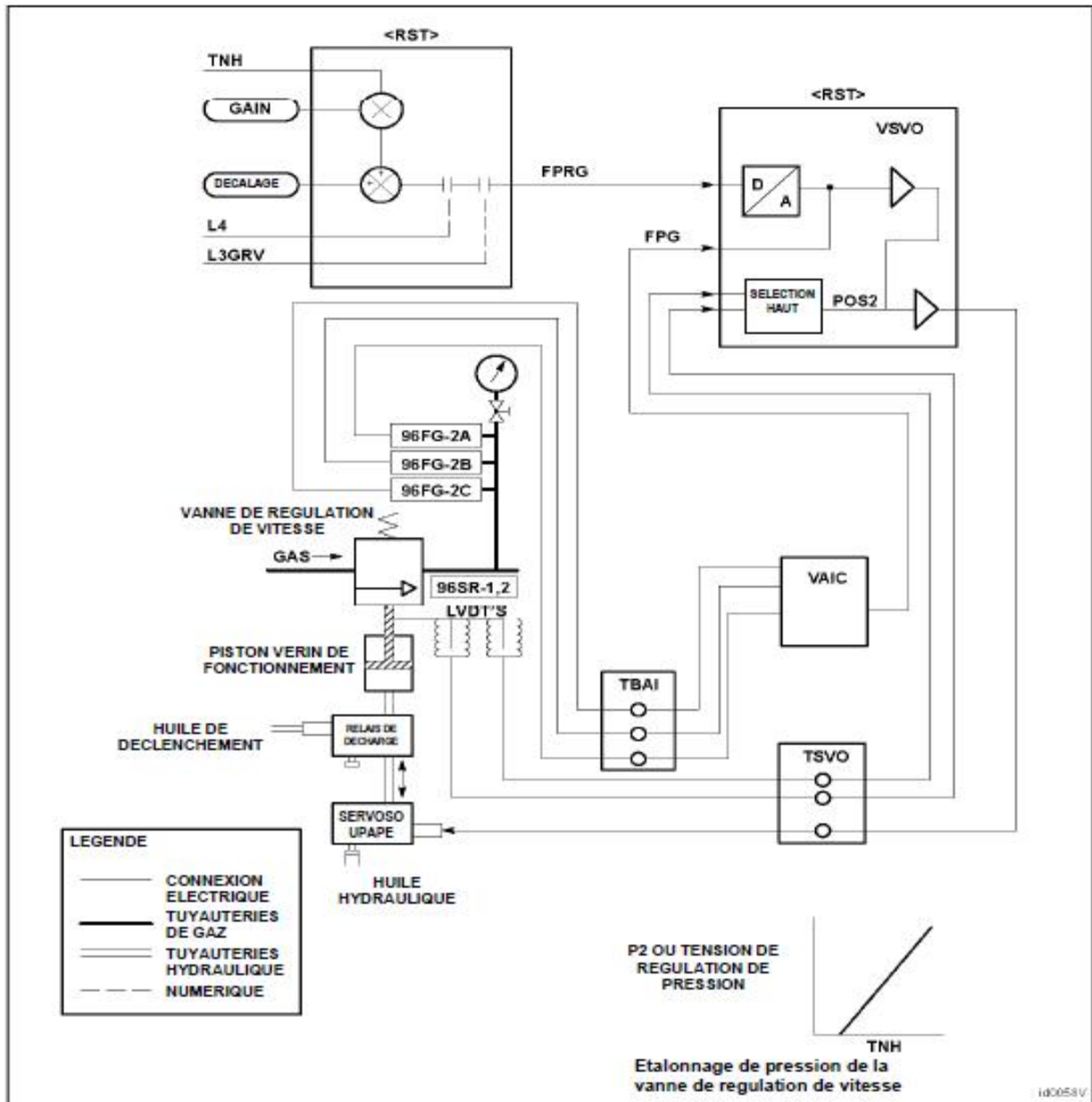


Figure III.9 : Schéma de régulation de la vanne d'arrêt/détente (SRV).

II-Système de protection

Les systèmes de protection de la turbine à gaz se composent d'un certain nombre de sous-systèmes, dont plusieurs fonctionnent durant chaque arrêt et démarrage normaux des autres systèmes et composants fonctionnent strictement en cas d'urgence et dans des conditions de fonctionnement anormales.

Les systèmes de protection répondent à de simples signaux de déclenchement tels que des pressostats utilisés pour la pression d'huile de lubrification, une pression de refoulement de compresseur de gaz élevée ou des indications similaires. Ils réagissent également à des paramètres plus complexes, tels qu'un dépassement de vitesse, une sur température, des vibrations élevées, la surveillance de combustion et la perte de flamme. Pour cela, certains des systèmes de protection ainsi que leurs composants fonctionnent à travers le circuit de protection et de contrôle maître dans le système de régulation SPEEDTRONIC alors que d'autres systèmes entièrement mécaniques fonctionnent directement sur les composants de la turbine. Dans chacun des cas, il y a deux chemins essentiellement indépendants pour arrêter l'écoulement du combustible, en utilisant la soupape de commande du combustible (FCV) et la vanne d'arrêt du combustible liquide (FSV). Chaque système de protection est conçu indépendamment du système de régulation pour éviter le risque d'une défaillance du système de régulation invalidant les dispositifs de protection.

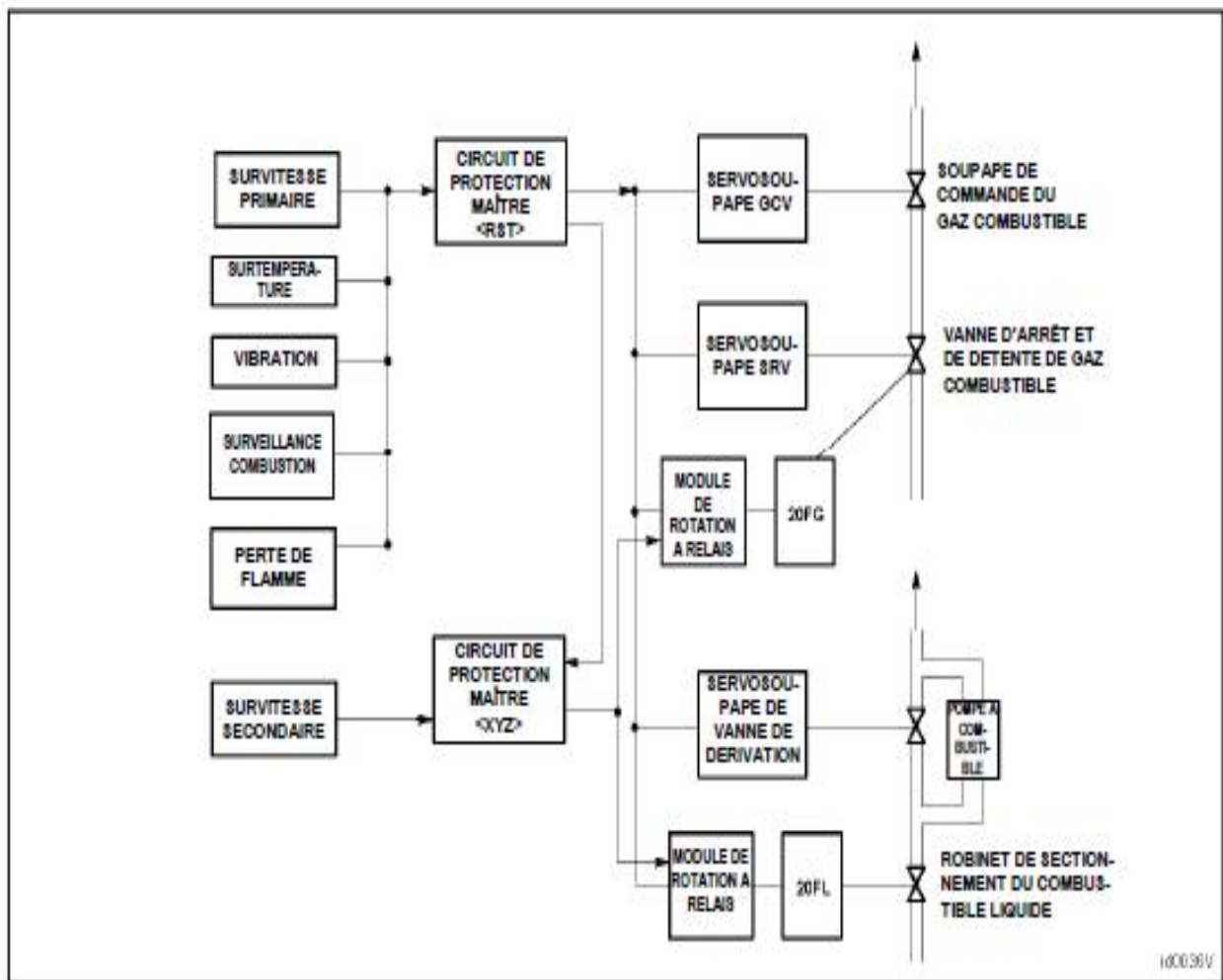


Figure III.10 : Schéma de principe des systèmes de protection.

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude détaillée sur les boucles de régulation principales : de démarrage, de vitesse, d'accélération et de température ainsi que le système de régulation de combustible. Cette étude est faite dans le but de proposer une solution programmable pour la boucle de régulation de vitesse BP sous le jeu d'outils de configuration et de programmation avec le logiciel TOOLBOX ce qui fera l'objectif du chapitre suivant.

Chapitre 4

Boîte à outils de système de commande Mark VI

INTRODUCTION

La boîte à outils (Toolbox) du système de régulation est un produit de "GE control system solutions", c'est un logiciel basé sur un microprocesseur utilisé pour configurer et entretenir l'équipement de régulation. La boîte à outils est une application basée sur Windows qui tourne sur un ordinateur personnel Pentium, elle est conçue pour la surveillance, la configuration d'E/S, et la gestion des signaux et les tendances des signaux. Gestion des fichiers multi utilisateurs. Le mode de fonctionnement séquentiel.

I-CREATION ET CONFIGURATION DE TMR.

I-1 Espace de travail

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

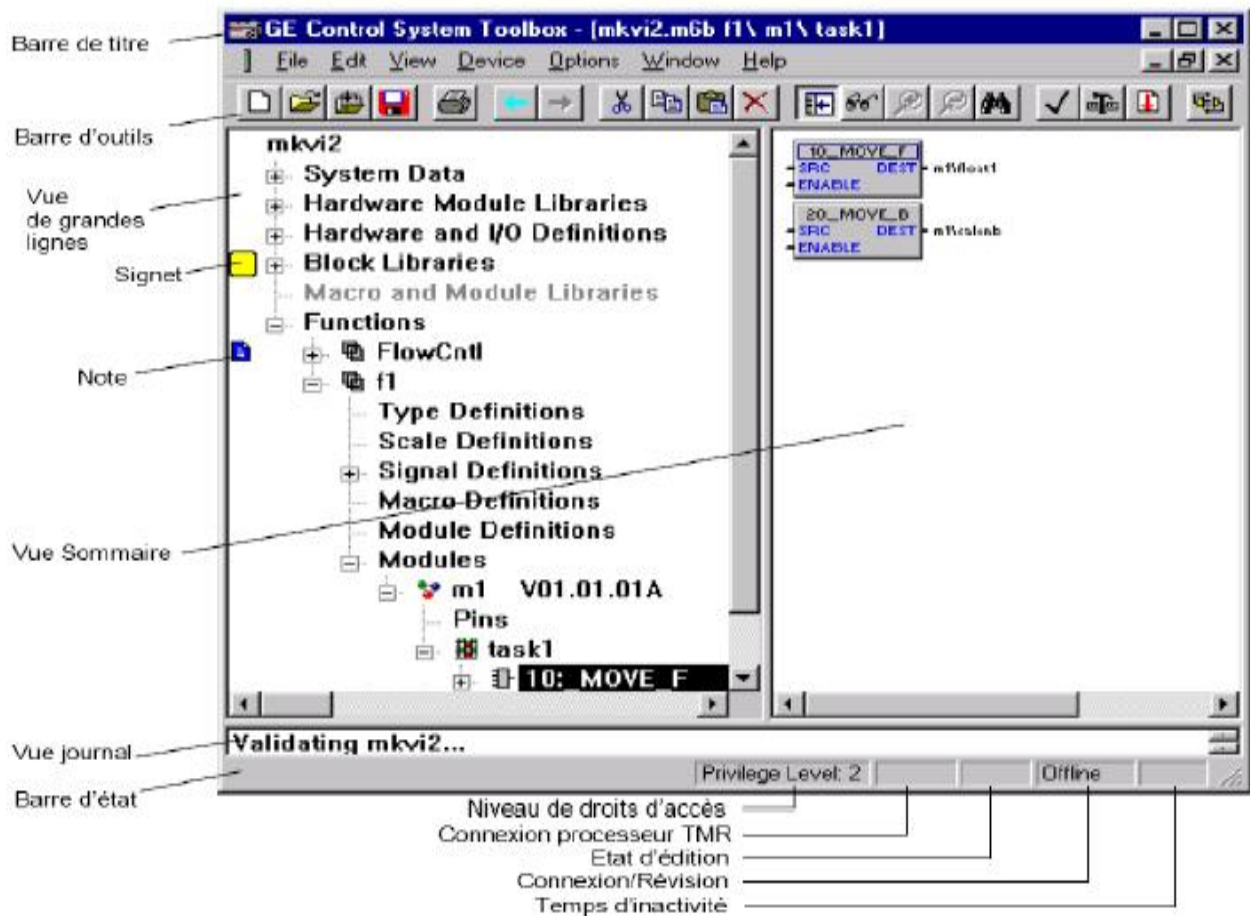


Figure IV.1: Espace de travail Toolbox

I-2 Privilège et mot de passe

Le système de privilège et mot de passe affecte des niveaux différents d'accès aux dispositifs. Les mots de passe peuvent être établis pour les différents niveaux de privilèges de sorte que chaque utilisateur peut accéder à un dispositif au niveau nécessaire pour le job qui est affecté à la personne. Un mot de passe peut-être attribué à chaque niveau d'accès de l'application Toolbox (Chaque niveau suivant permet toutes les fonctions des niveaux précédents).

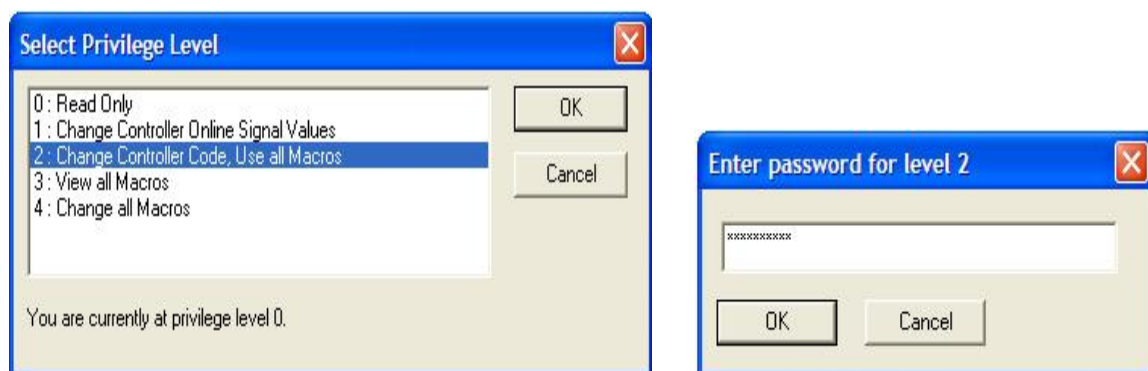


Figure IV-2: Différentes niveaux de privilège et mot de passe

I-3 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 d'application. 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 composent une fonction. Cette hiérarchie montre la manière dont les divers niveaux du groupe de blocs d'un contrôleur sont affichés dans l'espace de travail.

Il ya deux niveaux de blocs qui peuvent être réutilisés et instanciés un nombre quelconque de fois:

- Les **macros** qui contiennent un ensemble standard de blocs.
- Les **modules** qui sont un ensemble plus complexe de tâches (séquences) qui ont des relations de programmation définies.

Ü *Blocs*

Les blocs sont des éléments de programmation les plus élémentaires. Ils peuvent exécuter des fonctions mathématiques, ils peuvent résoudre un RLD (Diagramme LADDER du relais) et effectuer un filtrage. Ils peuvent résoudre aussi une équation booléenne.

Ü *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 défini, peut être inséré dans une tâche ou dans une autre macro. Les blocs internes et les connexions de la macro insérée ne peuvent pas être changés.

Ü *Tâches*

Elle contient des blocs et/ou des macros qui représentent une séquence de programmation, les tâches sont planifiées à être exécuter sur la base de l'ordre dans lequel elles sont affichées dans espace de travail.

Ü *Pins*

Dans boîte à outils, les paramètres de blocs macros et modules sont appelés des pins (broches) (en raison de leur similitude avec les broches d'une puce à circuits intégrés). 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. Les signaux sont créés avec des définitions de signaux, des broches de module et des broches de macro et des broches de blocs.

Ü *Modules*

Le module est un ensemble de tâches de programmation, qui permettent de réutiliser les blocs à un niveau supérieur à celui des macros.

Ü *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. Tous les facteurs d'échelle de types de données, les signaux, les définitions de module, les définitions macro et les instances d'une fonction donnée, peuvent être associées indépendamment à une fonction qui vous permet de déplacer une fonction d'un contrôleur à un autre.

I-4-Configuration de base

Une configuration de contrôleur est construite à l'aide de la boîte à outils ou par l'importation du groupe de blocs qui contient les fichiers (.tre). Pour construire la configuration à l'aide de l'application Toolbox, on doit:

- Ü Créer un contrôleur.
- Ü Importer les bibliothèques nécessaires.
- Ü Insérer le matériel.

I-4-1-Création d'un contrôleur

Au démarrage de la boîte à outils, l'espace de travail (Work Area) de la boîte à outils s'affiche. Cette zone est utilisée pour configurer le contrôleur ou maintenir le fichier de configuration ouvert dans la boîte à outils. On doit insérer un nouveau contrôleur ou ouvrir un fichier de configuration de contrôleur existant.

La configuration du contrôleur se fait en éditant ses caractéristiques telles que :

- type du contrôleur (simplex ou TMR).
- période d'exécution de code d'application.
- la base de données du contrôleur (SDB).
- taille de mémoire utilisée.
- liaisons Ethernet du système

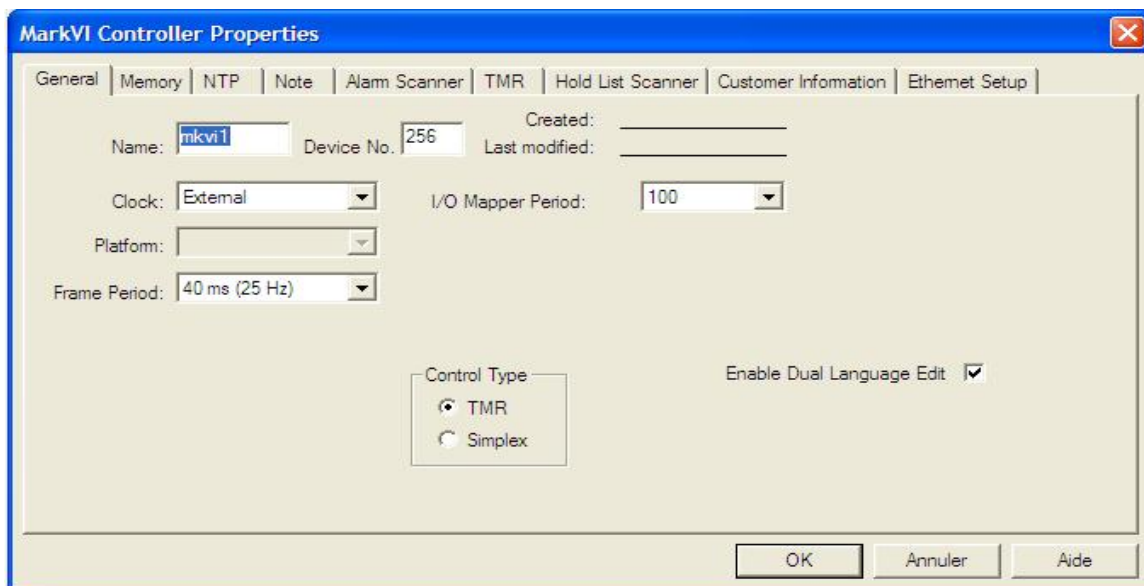


Figure IV-3: Configuration de contrôleur

I-4-2-Importation des bibliothèques

Le contrôleur a trois types de bibliothèques :

- Ü Les bibliothèques de bloc fournissent une description des blocs.
- Ü Les bibliothèques Hardware Module (de modules de matériel) décrivent les divers types d'entrée/sorties qui peuvent être câblées dans un contrôleur. Elle est décrite dans le fichier mkvi_io.tre.
- Ü Les bibliothèques de macros et de modules fournissent une localisation centrale pour les macros et les modules standard.

I-4-3-déclaration des matériels

Le contrôleur de turbine Mark VI inclut son propre système d'E/S qui a des armoires contenant les baies VME. Les baies VME (Racks) peuvent avoir différentes configurations de cartes VME. Il y'a plusieurs types de cartes VME conçus spécifiquement pour les E/S Mark VI.

Pour insérer l'E/S mark VI :

-A partir de la vue générale, dans la partie "Hardware and I/O Définitions" (Définitions E/S et matériel), on sélectionne une nouvelle E/S (Mark VI I/O) à partir de la boîte de dialogue "New I/O".

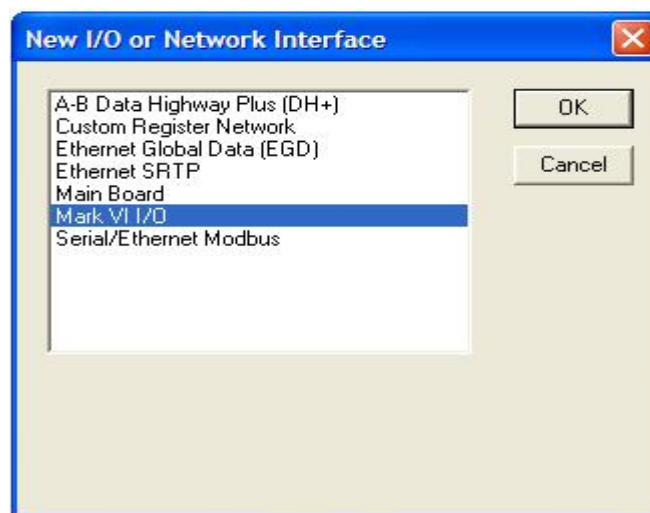


Figure IV-4 : Sélection d'une nouvelle E/S (MARK VI)

-On configure la baie (Rack) existant au niveau de l'armoire en précisant son type (Simplex ou TMR)

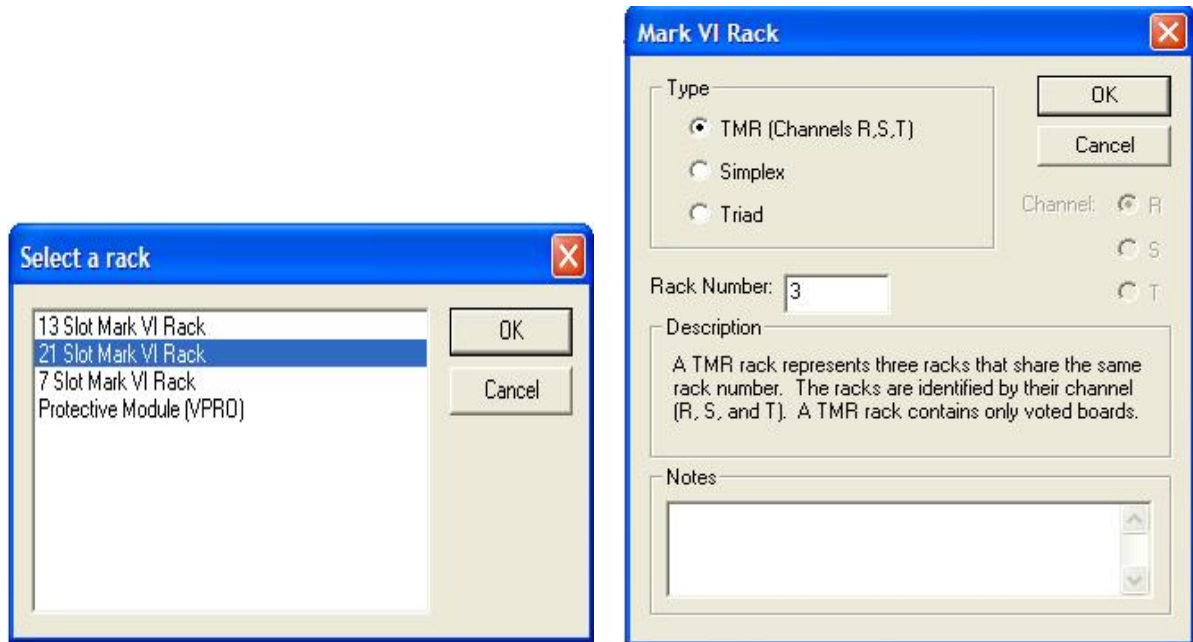


Figure IV-5 : Configuration de la baie

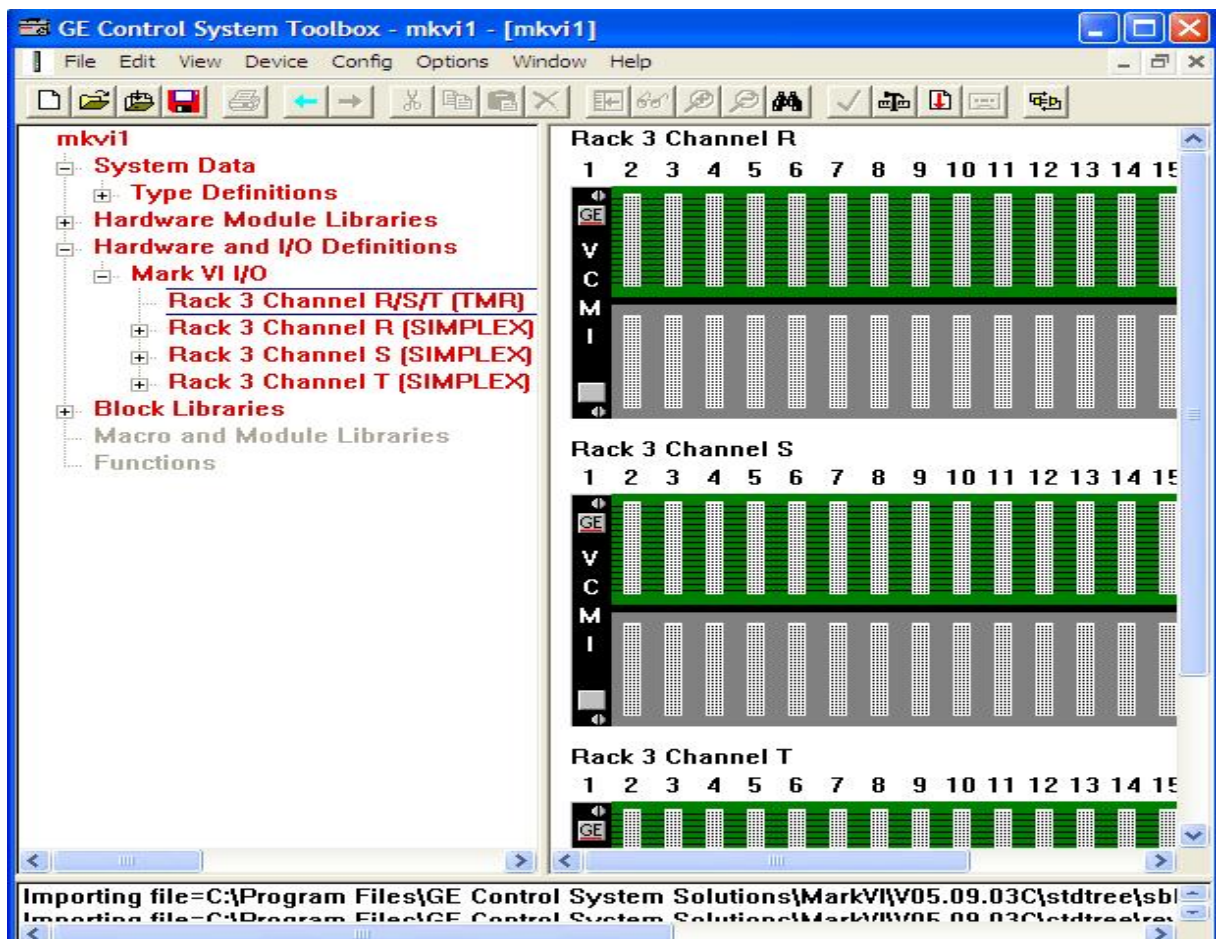


Figure IV-6 : Baie TMR dans la vue récapitulative et la vue générale

-Chaque carte d'E/S doit être configurée comme suit:

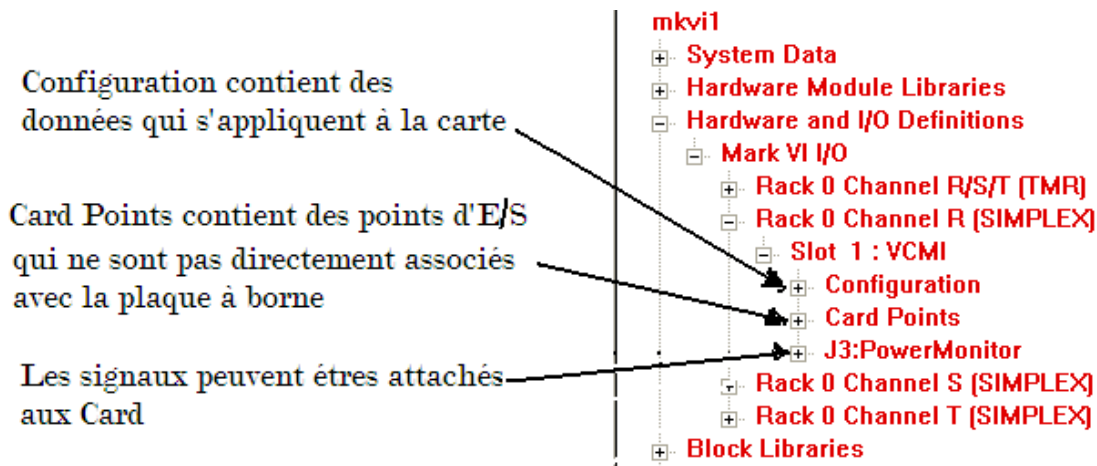


Figure IV-7: Configuration des cartes d'E/S

-On doit insérer les cartes d'E/S utilisées en précisant leurs types et leurs plaques à bornes associées :

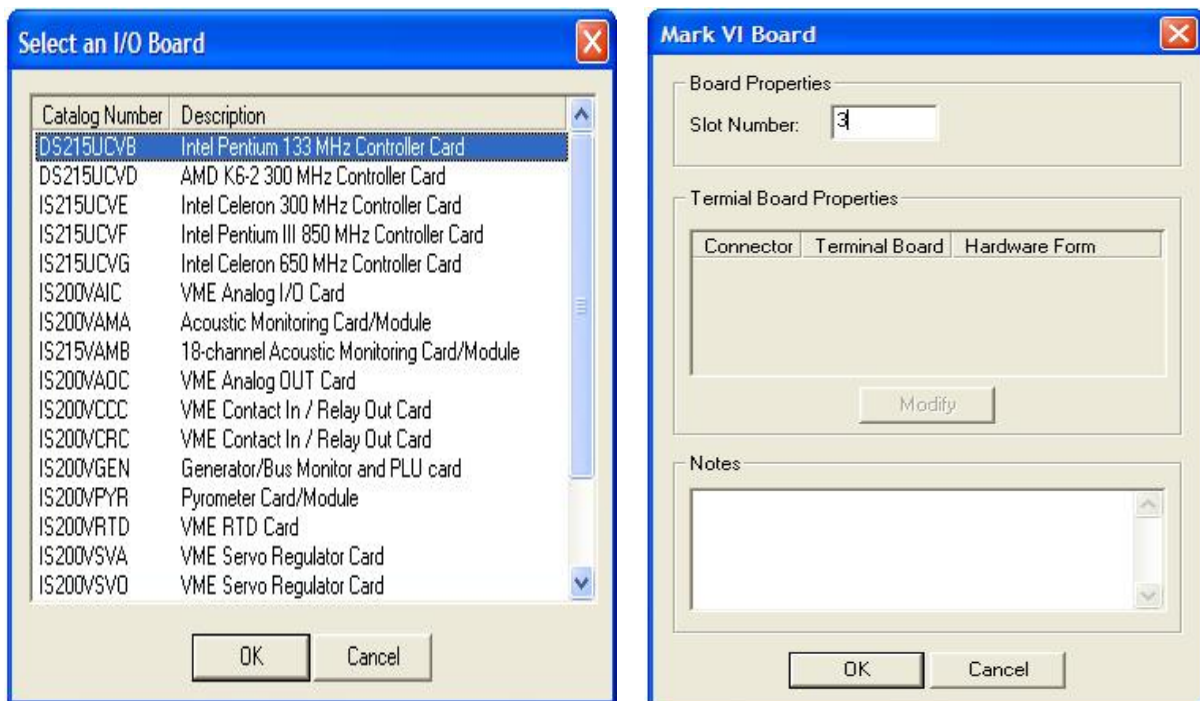
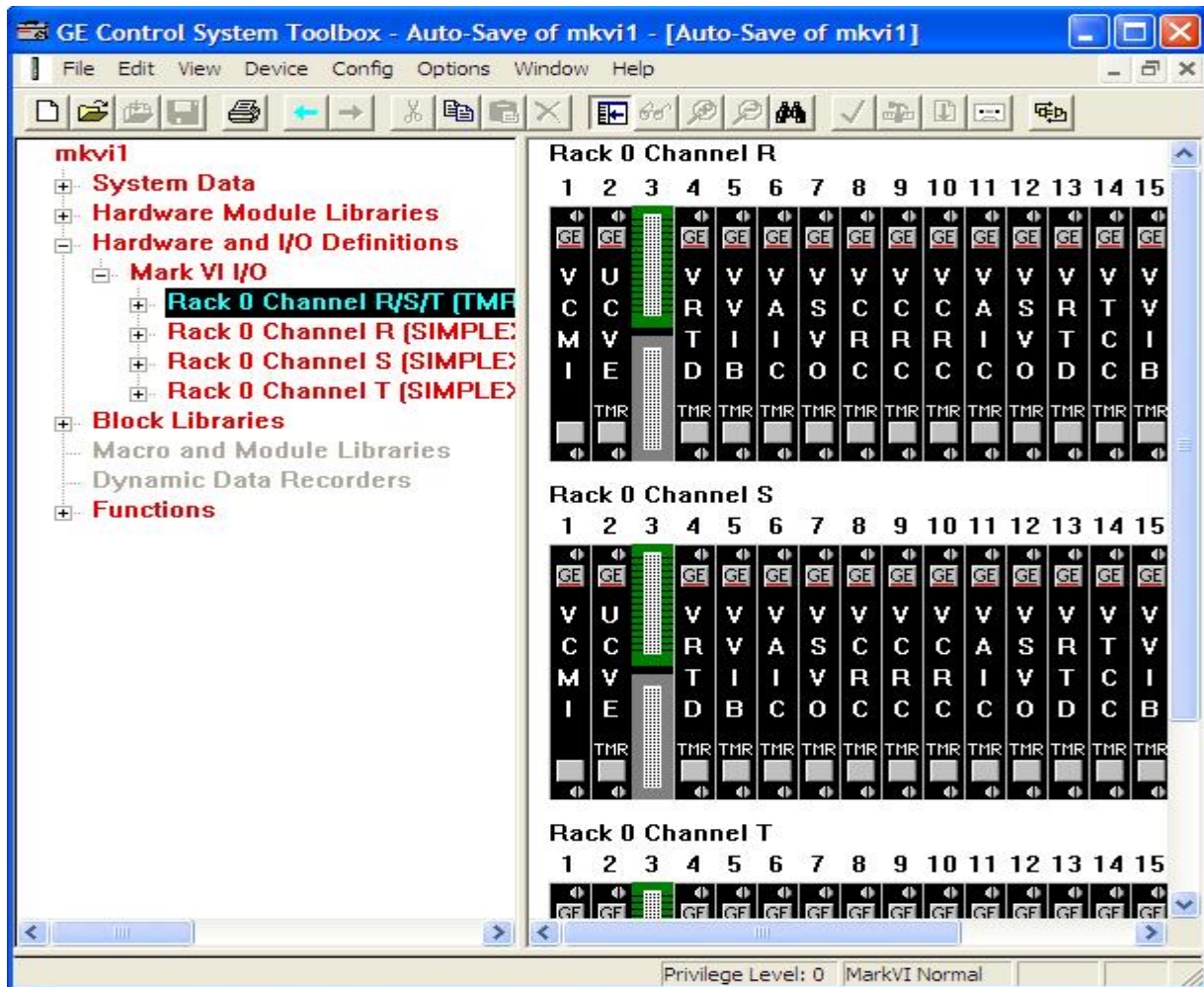


Figure IV-8: Insertion des cartes d'E/S

Après avoir insérer les cartes d'E/S, la baie TMR doit être affichée comme suit :



- c'est dans la partie "Function", qu'on va insérer notre programme et on doit indiquer le nom de la région et le nom de contrôleur approprié comme il est illustré dans la figure suivante :

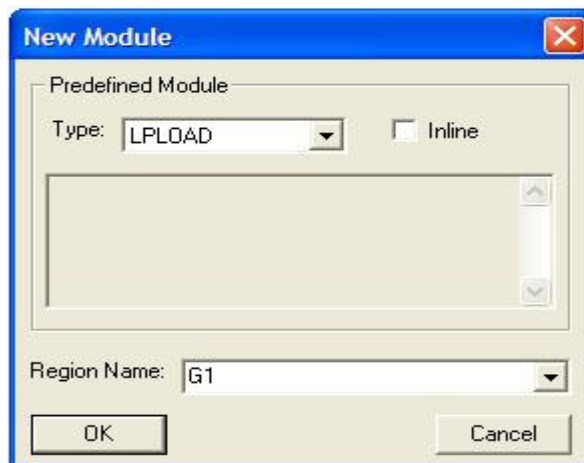


Figure IV-9: Insertion de module dans la partie « FUNCTION »

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 et possédant un nom de région au moins.

-Les noms de blocs et de 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 bloc de l'industrie.

I-5-Validâte, Build, et Downloade (Valider, construire et télécharger) :

Après avoir effectué des modifications au code de configuration, on doit effectuer les commandes suivantes pour que les changements prennent effet dans le contrôleur.

1. Sélectionner **Validâte** (Valider)  Validâte
2. Sélectionner **Build** (Construire)  Build
3. Sélectionner **Downloade** (Télécharger)  Downloade

CONCLUSION

Afin de créer notre programme de la régulation de vitesse de l'arbre basse pression (BP), nous avons présenté les principales étapes de configuration et de programmation avec le logiciel TOOLBOX. Dans le chapitre suivant, nous allons élaborer une solution de programmation séquentielle et de valider le programme élaboré par le fonctionnement Online.

Chapitre 5

Programmation et simulation
De la régulation de vitesse

Introduction

Les automates programmables industriels (**API**) sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

Depuis le début des années 80, l'intégration des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels est plus qu'indispensable. A l'origine, l'automate programmable a été considéré comme une machine séquentielle, capable de suppléer des automatismes réalisés en logique traditionnelle, en apportant toutefois de profonds bouleversements dans la manière de concevoir et d'organiser le contrôle d'un processus.

L'intégration de l'automate programmable renforce le degré de fiabilité de l'équipement et offre une très grande adaptabilité face aux évolutions de l'environnement.

I- les automates programmables

I-1- Définition d'un API

Un automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable, adaptée à l'environnement industriel et destiné à piloter des procédés. Son fonctionnement est défini par programme ; donne des ordres aux pré-actionneurs de la partie opérative à partir des données d'entrées (capteurs, détecteurs ...), rend des comptes en permanence de son état et dialogue avec l'opérateur et le processus. L'automate programmable peut traiter :

- Des commandes de type logique, séquentiel, et analogique
- Des fonctions de calcul arithmétique ; temporisation, comptage, comparaison.
- Des liaisons avec d'autres appareils (imprimantes, calculateurs...)

I-2 Architecture et gammes d'automates

Un automate programmable est constitué de plusieurs éléments. Quelque soit la taille et la puissance de calcul de la machine l'architecture est similaire

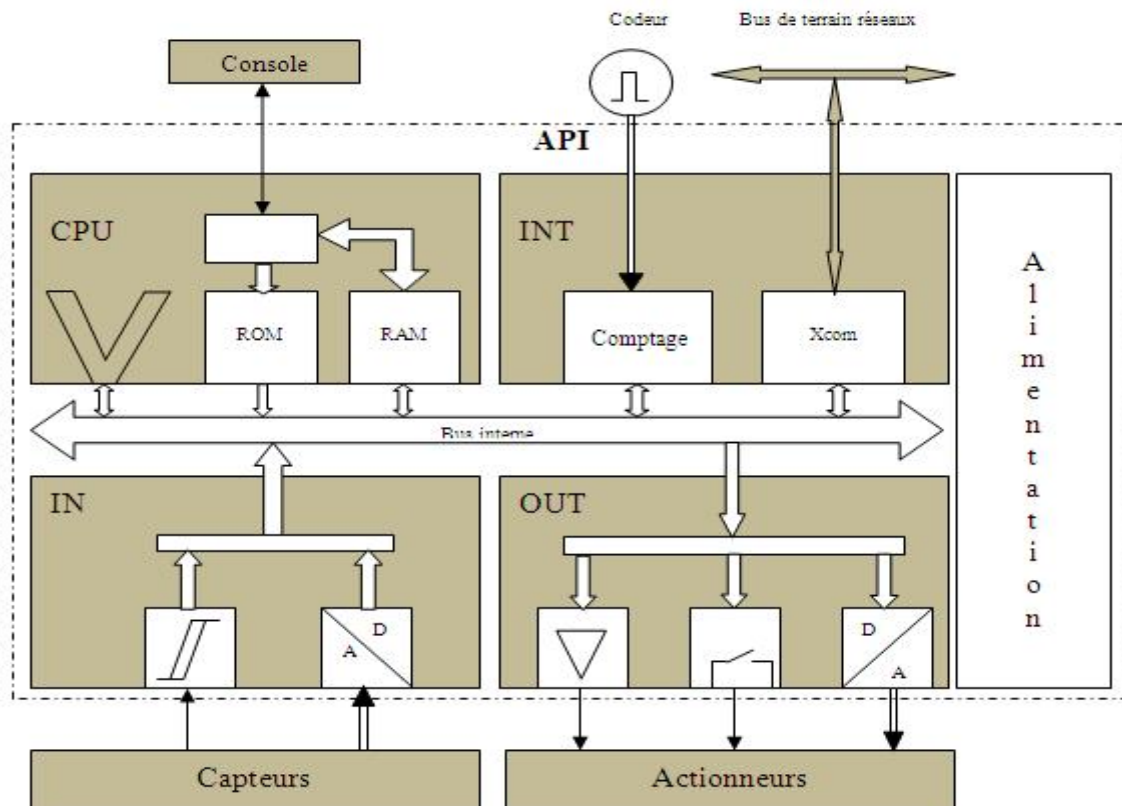


Figure V-1 : Architecture interne d'un automate programmable

- ü L'élément central est l'unité de traitement arithmétique et logique (CPU) qui effectue les séquences de programme et les calculs.
- ü Les programmes sont enregistrés dans une mémoire qui garde l'information même quand l'alimentation électrique est coupée. Une autre mémoire est dédiée au stockage des données; cette partie de la mémoire peut être ou non volatile, c'est-à-dire qu'elle s'efface quand la tension d'alimentation est coupée.
- ü Les entrées-sorties sont les liens entre l'automate et son environnement. Leur type dépend des caractéristiques du signal qu'elles doivent capter ou générer : tout ou rien (digitales) pour les signaux binaires, analogiques pour les signaux de mesure ou de consigne.
- ü Une alimentation pour les circuits électroniques internes. Celle-ci est galvaniquement isolée des circuits de commande.
- ü Des interfaces de communication (Xcom) qui servent à l'échange d'informations numériques avec le monde extérieur par bus de terrain ou réseaux informatiques. Une de ces interfaces est utilisée pour charger le programme dans la mémoire de l'automate.

I-3-Choix d'un API

D'après le cahier des charges établi, l'automate choisi doit répondre à certains critères qui sont :

- ü La capacité de traitement du processeur.
- ü Le nombre entrées/sorties.
- ü La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques, booléennes).
- ü La fiabilité.
- ü La qualité du service après vente
- ü La durée de garantie.

Pour notre cas, l'étude de la régulation de la turbine a apporté son choix sur le système de commande Mark VI.

II- Définition et rôle du système mark VI (speedtronic)

Le mark VI est utilisé pour la commande et la protection des turbines à gaz et à vapeur montées dans les applications de génération électrique et des installations de processus. Les fonctions principales du système de commande de la turbine mark VI sont les suivantes :

- La commande de la vitesse pendant le démarrage de la turbine.
- La synchronisation automatique du générateur.
- La commande de la charge de la turbine pendant le fonctionnement normale.
- La protection contre la survitesse de pointe de la turbine lors de la perte de la charge

L'exigence d'une plus grande fiabilité a mené les constructeurs à développer de multiples systèmes de redondantes, le système mark VI a été crée pour opérer avec deux configuration différentes :

Configuration TMR : pour les applications ou les défaillances du système ne causent pas l'arrêt complet du procède contrôlé

Configuration simplexe : pour les applications non redondées, ou la continuation du système après défaillance n'est pas requise.

La figure (III.1) montre un système de commande Mark VI typique pour une turbine à gaz avec les entrées importantes et les sorties de commande.

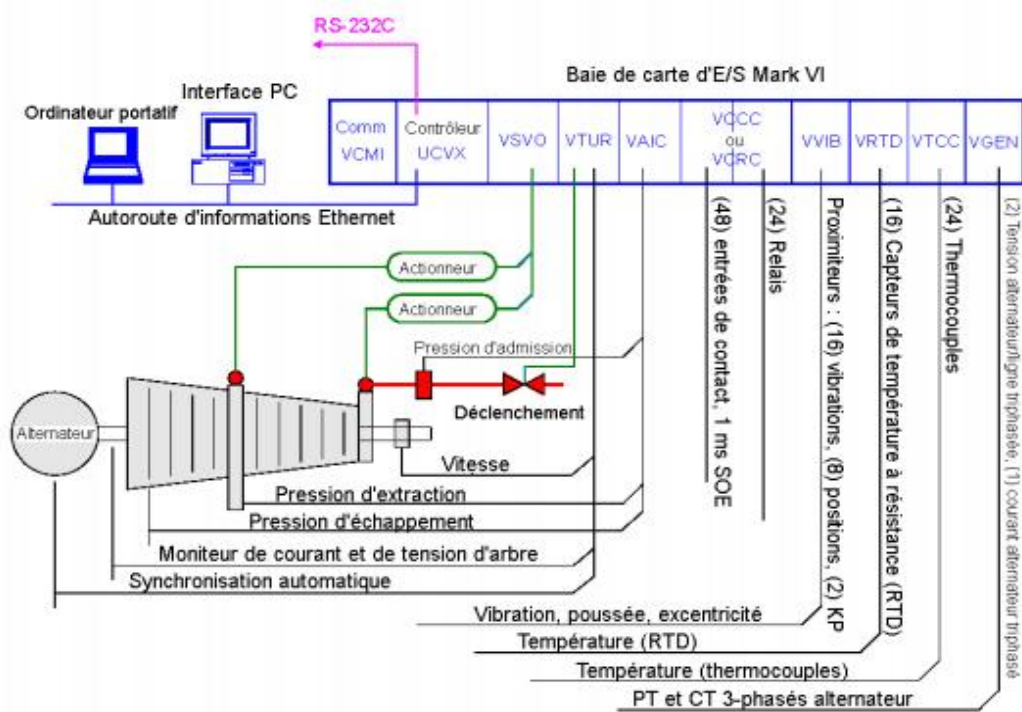


Figure V.2 : Système de régulation de turbine typique

III- Architecture du système

Cette partie explique les sous système essentiels qui compose le système mark VI Les interfaces opératoires, les contrôleurs, les cartes entrée \sortie, les cartes terminales et les modules de protection.

III-1- Armoire de régulation

La cabine de commande contient soit un module de commande simple (simplexe), ou bien trois modules de commande TMR, ceux-ci sont connecté à leur entrée \sortie à distance par un réseau E\S simple ou triple à haute vitesse, appelée IO Net et sont connecté à l'UDH par leur port Ethernet du contrôleur.

La cabine de commande nécessite une alimentation de 120/240 V et \ou 125V CC.

III-2-Armoires d'E/S

Le compartiment d'E/S contient des modules d'interface simple ou triple. ceux ci sont connectés au contrôleur par réseau IO Net et au plaque à borne par de plaque dédiés.

Les plaques à borne se trouve dans le compartiment d'E/S située à proximité des modules d'interface .les besoin en alimentation sont de 120/240 V ca et \ou 125V CC.

III-3- Module de commande

Le module de commande comme un dispositif de commande intégré et un module d'E/S ou seulement comme un module de commande autonome .le dispositif de commande intégré et le tiroir d'E/S peuvent comporter soit 21fentes ou 13 fentes VME.

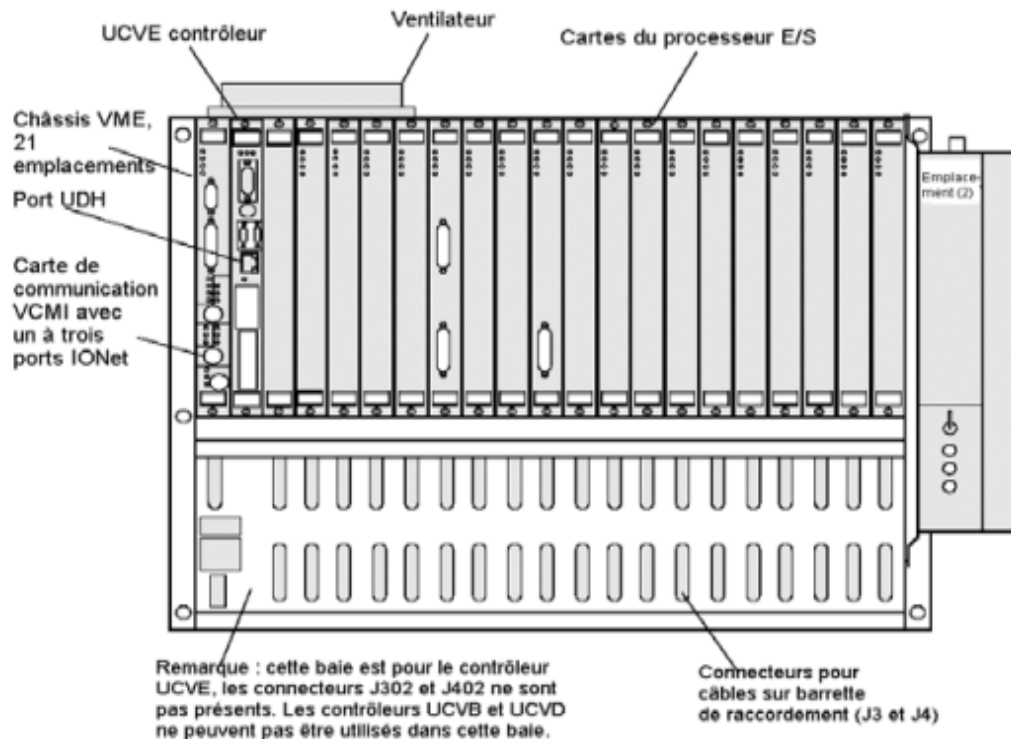


Figure V.3 : Module de commande avec cartes de contrôle, communication et d'E/S.

III-3-1 Carte de contrôle UCVE

UCVE est une carte VME a un seul Emplacement qui abrite un processus de grande vitesse, une mémoire flash, un Seul port Ethernet et deux port serials -232C le contrôleur peut faire tourner son Programme jusqu'à 100HZ (débit trame 100S).

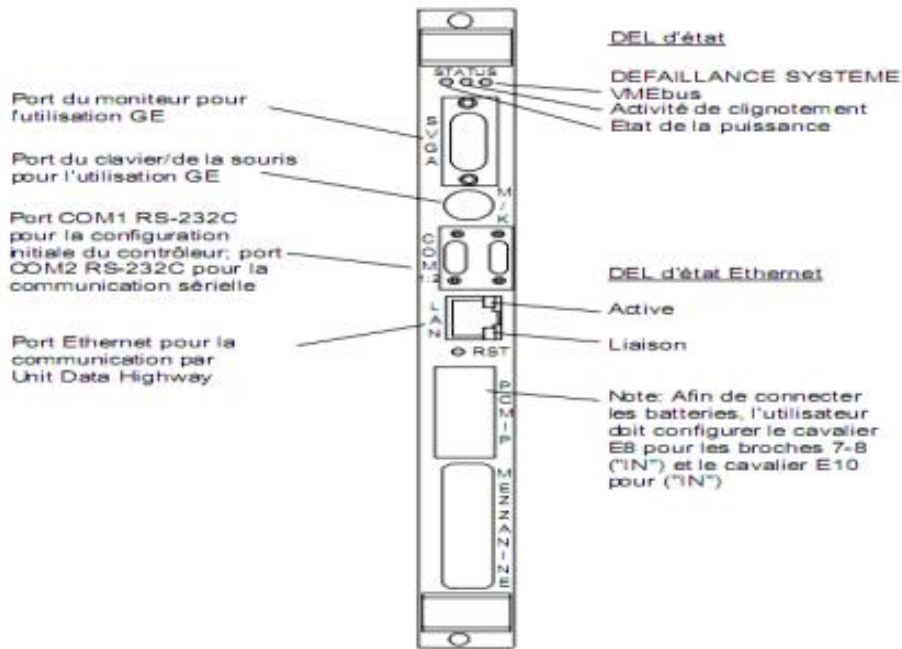


Figure V.4 : Compartiment frontal de contrôleur UCVE.

III-3-2 Carte de communication VCMCI

La carte VCMCI du module de commande et d'interface communique internement avec les cartes E/S du tiroir et avec les autres cartes VCMCI par IO Net. Il y en a deux versions, une avec le port Ethernet IO Net pour le système simplexe et l'autre avec trois ports Ethernet pour les systèmes TMR comme le montre la figure suivante :

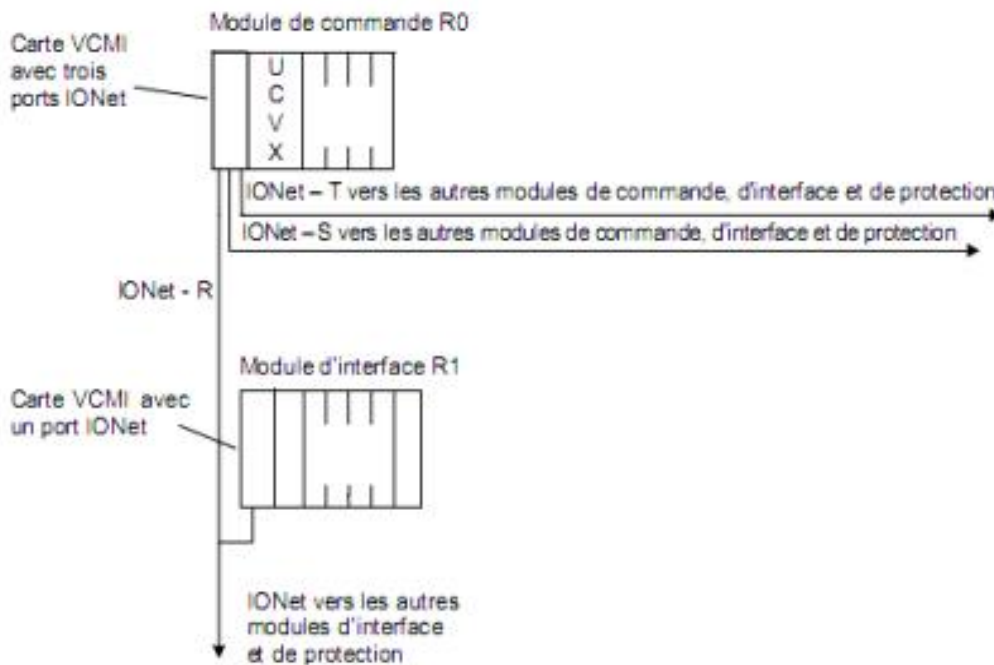


Figure V.5 : Cartes VCMCI fournissant la communication E/S et le vote d'E/S

Le tableau suivant indique quelques cartes d'E/S du processus, le numéro des cartes d'E/S par processeur qu'ils supportent et leur plaque à bornes standard associées.

Cartes d'E/S du processus	Type de signal E/S	Nombre d'E/S Par processus	Plaques à borne associées
VIAC	Entrées analogiques, 0-1mA, 4-20mA. Sorties analogiques, 4-20mA, 0-200mA.	20 4	TBAI TBAI
VCRC	Entrées à contacts, 70-150 Vcc Sorties de solénoïde Sorties à relais à contact	48 12 12	TBCI TRLY (125Vcc 0.6A) (24Vcc 3.0A) TRLY (120/240 V ca)
VPRO	Entrées de thermocouple. Entrées analogique, 4-20mA. Pilotes à solénoïde de déclenchement. Entrées de verrous de déclenchement. Entrées d'arrêt d'urgence (câblées)	3 3 3 7 1	TPRO TPRO TREG (jusqu'à J3) TREG (jusqu'à J3) TREG (jusqu'à J3)
VRTD	Dispositif de température à résistance(RTD).	16	TRTD
VSVO	Sorties de réglage à la soupape de réglage Hydraulique. Entrées des LVTD depuis la position de la soupape. Sorties d'excitation des LVDT. Entrées de taux d'impulsion pour la surveillance de débit. Excitation de la sonde de fréquence.	4 12 8 2 2	TSVO TSVO TSVO TSVO TSVO
VTCC	Entrées des thermocouples	24	TBTC
VTUR	Sonde magnétique de vitesse de taux d'impulsion. Transformateur de potentiel, générateur bus. Moniteur de courant et de tension d'arbre. Interface de disjoncteur. Détecteur de flammes (Geiger Muller) Pilotes à solénoïde de déclenchement pour les ETD.	4 2 2 1 8 8	TTUR TTUR TTUR TTUR TRPG (jusqu'à J4) TRPG (jusqu'à J4)
VVIB	Détecteurs de proximités d'arbre/sonde sismiques (vibration/déplacement/accélération).	16	TVIB

Tableau : Cartes d'E/S de processeur

III-4- Module d'interface

Le module d'interface loge la carte d'E/S à distance du module de commande.

Le tiroir, montré par la figure suivante, est similaire au tiroir VME du module de commande, mais sans contrôleur et sans carte d'interface VDSK.

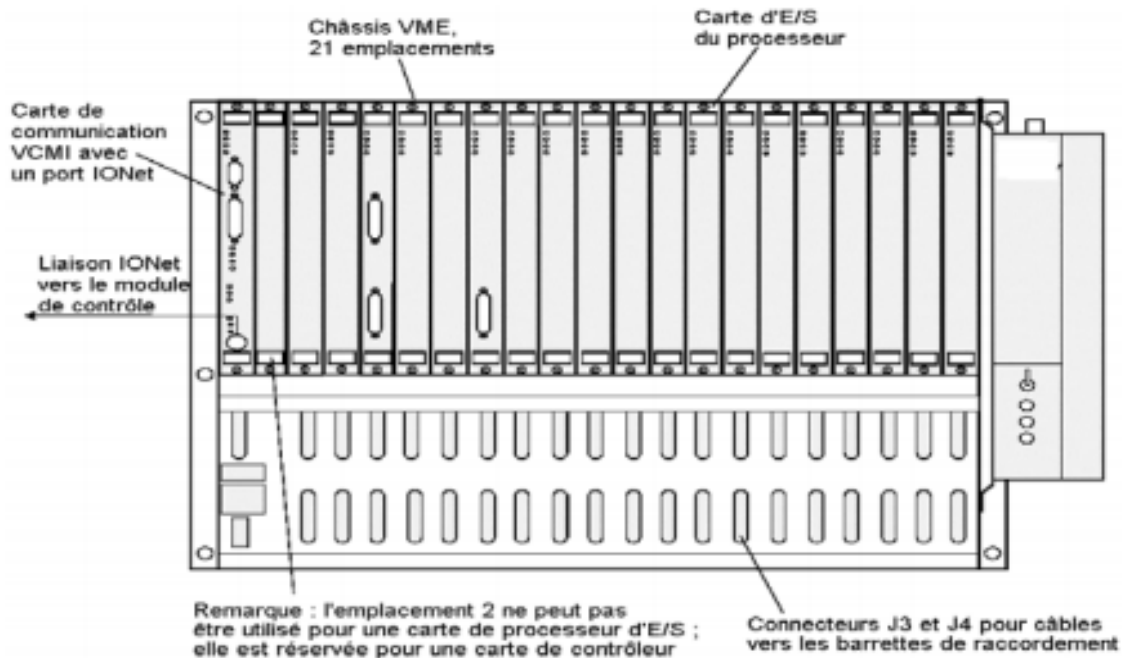


Figure V.6 : Module d'interface avec cartes VCMi et E/S

III-5- Module de protection de turbine VPRO

Le module de protection de la turbine (VPRO) et les plaques à bornes associées (TPRO et TREG) fournissent une protection indépendante d'urgence contre la survitesse de pointe pour les turbines qui n'ont pas de boulon de protection contre la vitesse de point mécanique. Le module de protection est séparé du dispositif de commande de la turbine et réside dans des plaques triples redondantes VPRO, chacune avec sa source d'alimentation électrique montée sur la plaque.

III-6- Interface homme machine (HMI)

Le HMI englobe les PC sur lesquelles est installé un système d'exploitation Windows, avec pilotes de communication pour le logiciel d'affichage de l'opérateur SIMPLICITY.

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

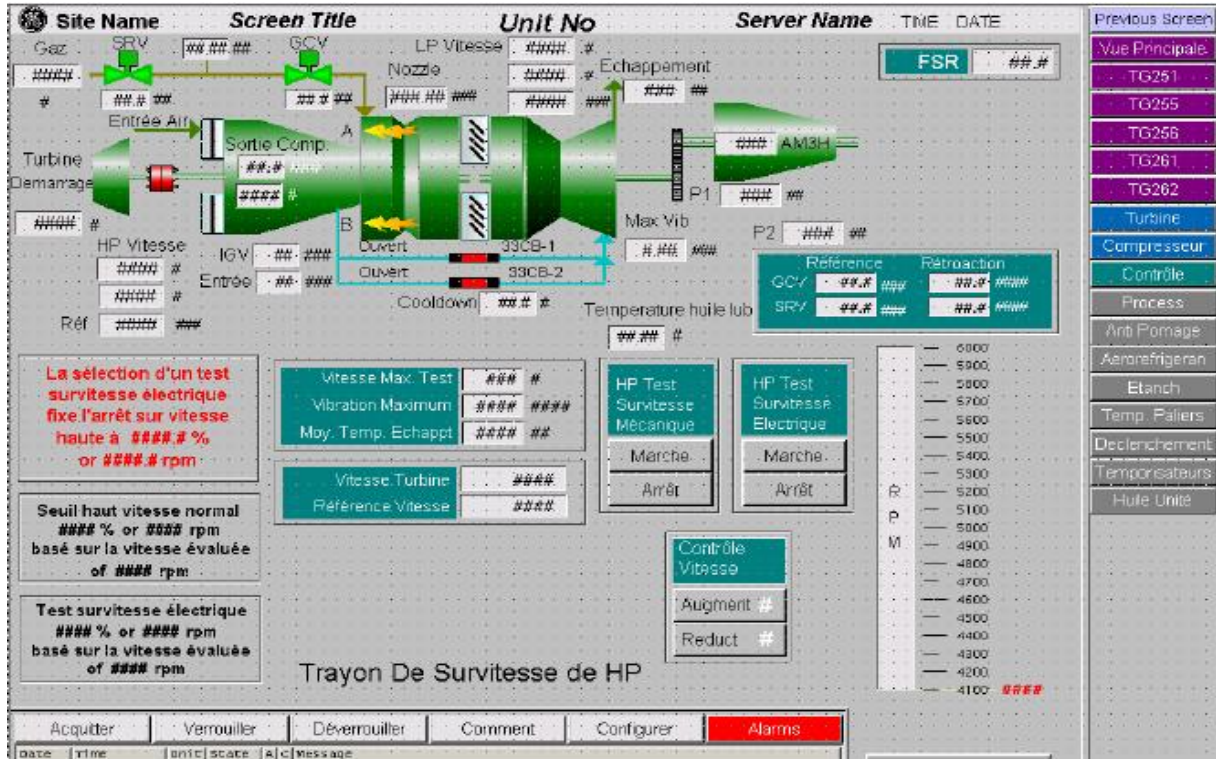


Figure. V.7 : Affichage graphique sur l’HMI CIMPLICITY

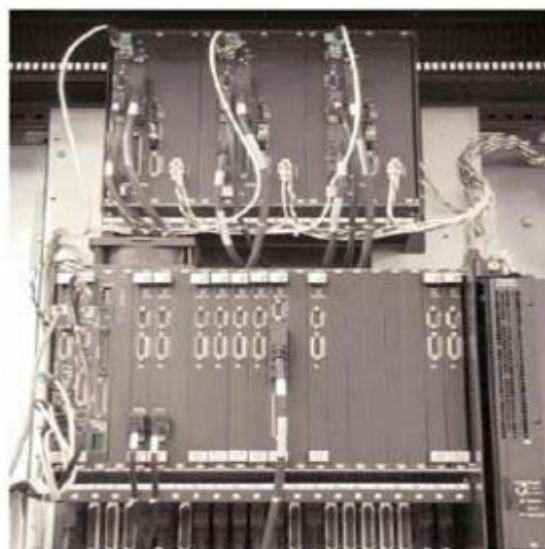


Figure V.8 : Contrôleur et VPRO Mark VI

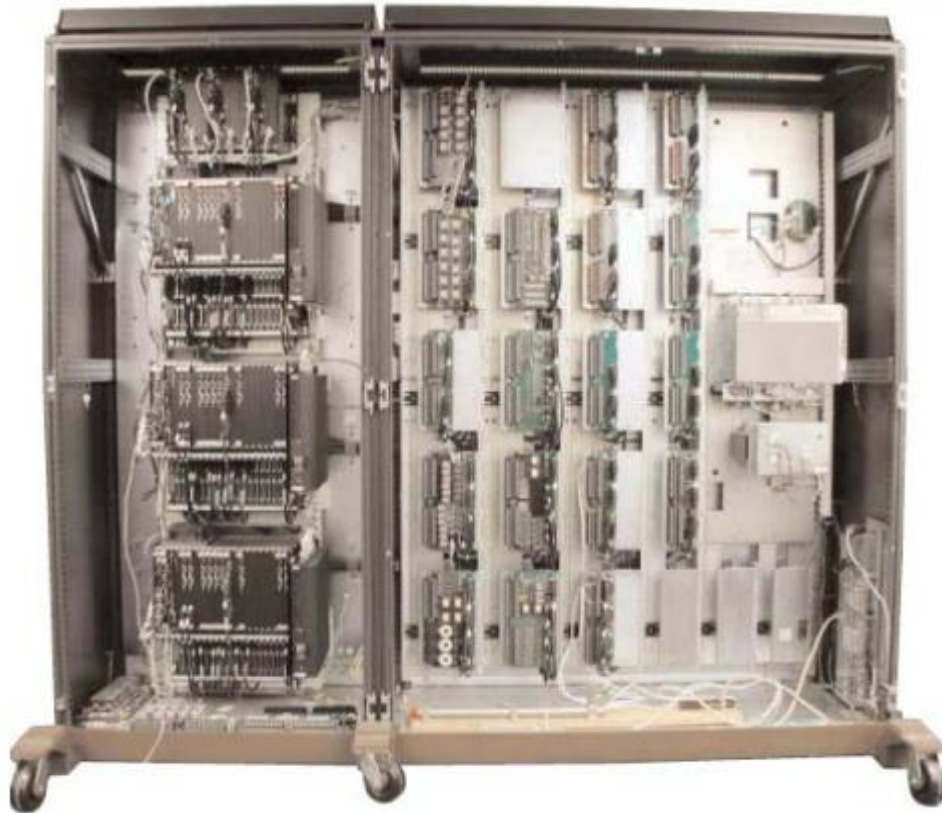


Figure V.9 : Armoire Mark VI typique (contrôleur TMR+plaques à borne associées)

III-7- Les réseaux de communication

Le système Mark VI s'appuie sur une hiérarchie des réseaux utilisés pour interconnecter les différents nœuds. Ces réseaux séparent le trafic des diverses communications dans des niveaux suivant leurs fonctions individuelles. Cette hiérarchie s'étend à partir des E/S et des contrôleurs qui fournissent une commande en temps réel de la turbine et de son équipement auxiliaire par les systèmes d'interface de l'opérateur et jusqu'au système de commande distribuée (DCS). Chaque niveau utilise des composants et des protocoles standards pour simplifier l'intégration entre les plateformes et améliorer la fiabilité et l'entretien d'ensemble.

III-7-1 Connexion au système de commande distribuée (DCS)

Une connexion de communication série, utilisant le protocole modbus (RTU binaire), peut être fourni depuis HMI ou un contrôleur passerelle, cela permet à l'opérateur DCS l'accès en temps réel aux données relatives à mark VI et fourni des commandes discrètes et analogiques à être passé à la commande mark VI.

III-7-2 Unité data highway (UDH) (Magistrale de données de l'unité)

L'UDH est un réseau à base Ethernet fournit des communications directe entre les contrôleurs et une interface de l'opérateur. Il utilise les données globales Ethernet (EGD).

Les données de commande UDH sont répliquées à tous les trois contrôleurs. Ces données sont lues par la carte à contrôleur de communication principale (VCMI) et transmises aux autres contrôleurs.

III-7-3 Plan data highway (PDH) (Magistrale de données de l'installation)

Le PDH relie le serveur COMPLEXCITY HMI de données avec les stations à distance de l'opérateur, les imprimantes les historiens et les autres ordinateur clients. Elle ne fait que la connexion directe avec le mark VI.

III-7-4-Ethernet global data (EGD)

L'EGD permet de partager les informations entre les composantes des contrôleurs dans un environnement réseau. Les données du contrôleur configurées pour la transmission par EGD sont séparées dans des groupes appelés des échanges.

III-7-5-Modbus

Modbus est largement utilisé dans le système de commande pour établir la communication entre les systèmes de commande distribuée, les PLC, les HMI. Le contrôleur mark VI supporte Ethernet modbus comme une interface asservie standard.

III-7-6 Réseau IO Net

IO Net est un réseau utilisé pour communiquer les données entre la carte de communication VCMI du module de commande, les cartes E/S et les trois sections indépendantes du module de protection. IO Net communique aussi les données entre les contrôleurs des systèmes TMR.

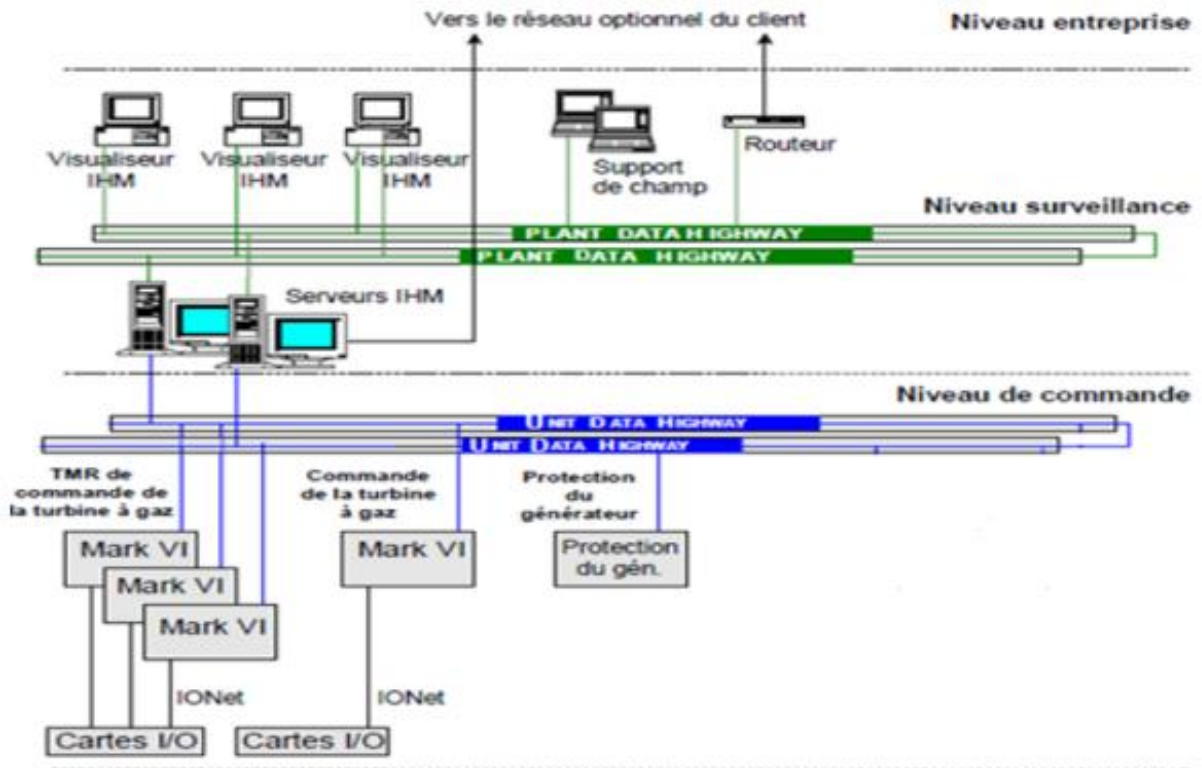


Figure V.10 : Vue d'ensemble des réseaux de communication

III-8- Niveau de redondance

La nécessité d'une plus grande fiabilité a conduit les constructeurs à développer divers systèmes redondants.

Les systèmes simples sont les plus simples systèmes à une chaîne et sont ainsi moins coûteux. Leur fiabilité est moyenne.

Le système TMR ont une fiabilité très haute puisque le logiciel de vote est simple, les dimensions demandées du logiciel sont raisonnables. Les sondes d'entrée peuvent être triplées si nécessaire.

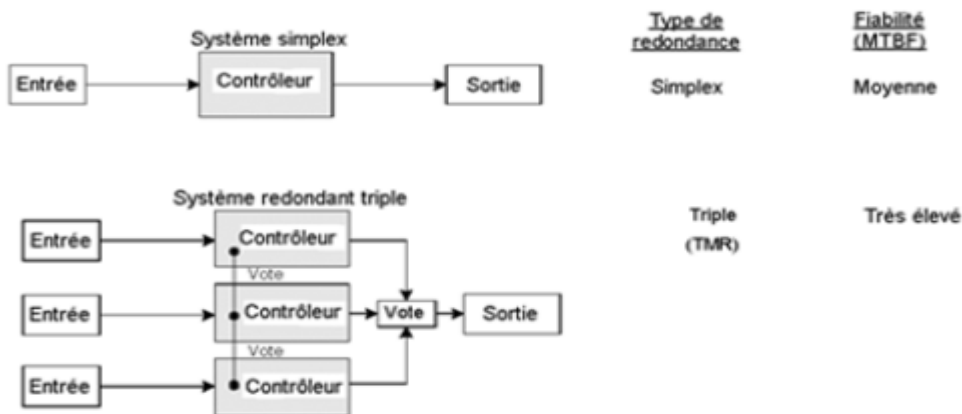


Figure V.11 : Système simple et triple redondants.

IV- ARCHITECTURE TMR

L'architecture de contrôle TMR a trois modules de contrôleur matériel dupliqués appelés R, S et T. Un réseau de grande vitesse connecte chaque module de contrôle avec son jeu associé de module d'E/S, ce qui donne trois réseaux d'E/S indépendants. Chaque réseau est également étendu pour se connecter à des ports séparés sur chacun des autres contrôleurs. Chacun des trois contrôleurs a un VCMI avec trois ports de communication d'E/S indépendants pour permettre à chaque contrôleur de recevoir des données venant de tous les modules d'E/S sur les trois réseaux d'E/S. Le module de protection est également sur le réseau d'E/S. Chacun des trois contrôleurs est chargé avec la même image logicielle de sorte qu'il y a trois copies du programme de contrôle qui fonctionnent en parallèle. Les ordinateurs externes, tels que les postes d'opérateurs HMI acquièrent des données à partir d'un seul contrôleur désigné. Un module de protection séparé permet d'avoir un fonctionnement de déclenchement très fiable (VPRO).

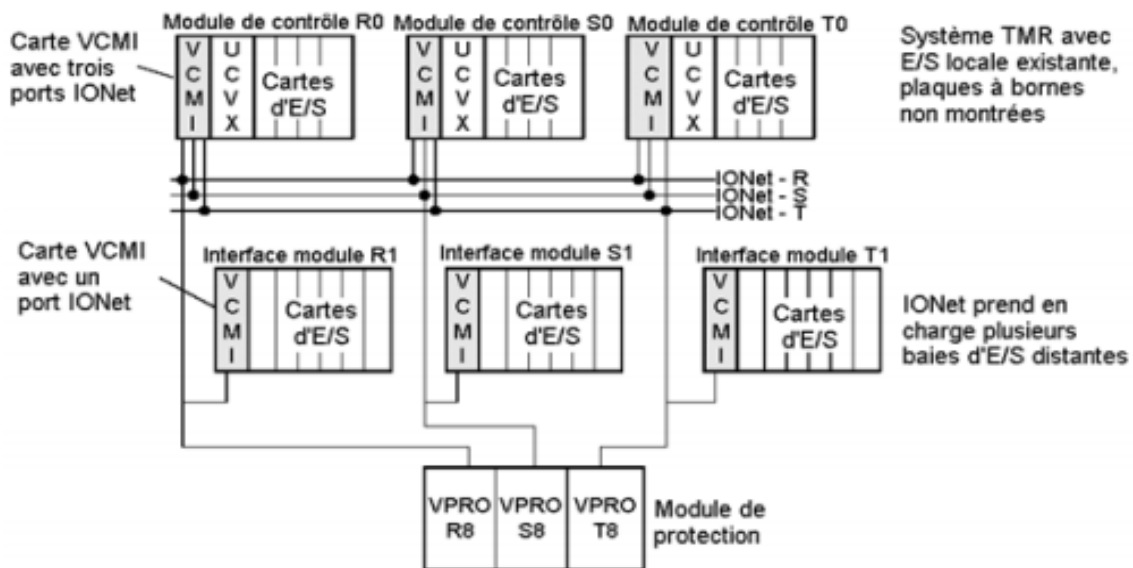


Figure V.12 : Architecture TMR

IV-1 Traitement des données

Le système de commande peut exécuter le programme de commande (code d'application) durant une période de 10ms pour les systèmes simplexe et 40ms pour les systèmes TMR.

Un système TMR s'appuie sur les modules redondants avec votes d'entrées sorties le vote de signal d'entrée est effectué par un logiciel en utilisant une méthode connue comme tolérance de défaillance implémentée dans le logiciel (SIFT).

Le vote de sortie est effectué par le circuit du matériel, qui est une partie intégrée des plaques à bornes des sorties.

Lorsque ces saigneux sont votés, la défaillance d'un des signaux est masquée par les deux autres bons signaux. Cela arrive car le processus de vote choisit la médiane des trois entrées analogiques. Dans le cas d'entrées discrètes, le vote sélectionne les deux qui sont conformes.

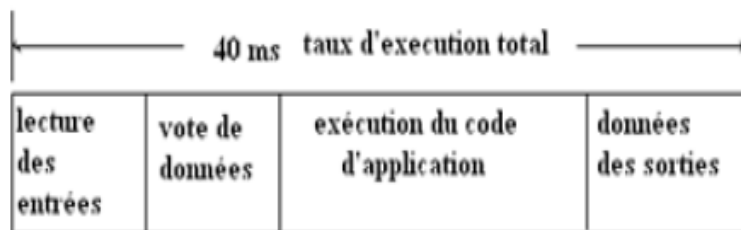


Figure V.13 : Taux d'exécution pour le traitement de données pour un système TMR

IV-2 Traitement de l'entrée

Toutes les entrées sont disponibles à tous les contrôleurs. Il y a plusieurs méthodes de manipulations des données entrées, parmi ces méthodes on trouve :

Dans le cas des signaux d'entrées qu'existent dans un seul module d'E/S, la valeur est utilisée par tous les trois contrôleurs comme entrées communes, comme sans votes SHIFT, comme le montre la figure suivante :

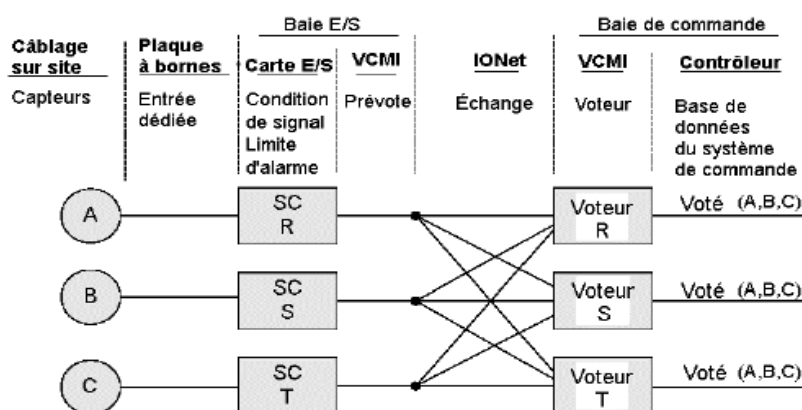


Figure V-14 : Trois capteurs avec entrées dédiées, logiciel voté pour des applications à haute fiabilité.

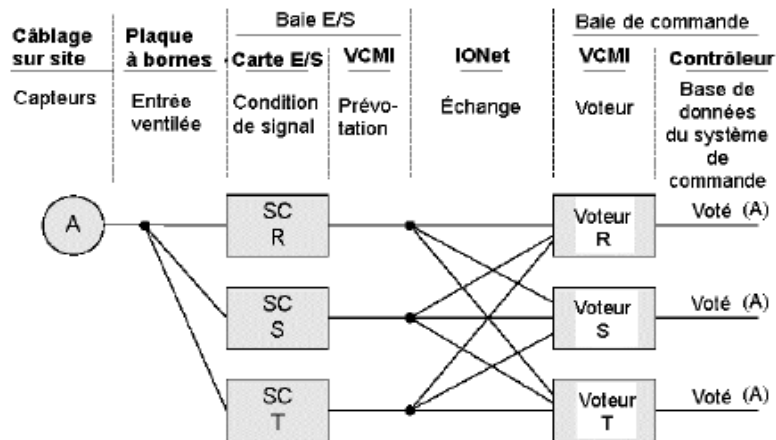


Figure V-15 : un capteur avec une entrée répartie et vote par logiciel pour des applications à une fiabilité moyenne.

IV-4 - Traitement des sorties

Les sorties des systèmes sont la portion des données calculées, qui doivent être transférées aux interfaces externe du matériel et ensuite aux divers actionneurs qui commande le processus, la plupart des sortie depuis les systèmes TMR sont votés dans le matérielle de sortie, mais le système peut émettre des signaux individuelle dans le système simplexe. Le vote de sortie est effectué aussi proche de l'élément de commande finale que possible.

Normalement les sorties de système TMR sont calculées indépendamment par les trois contrôleurs de vote et chaque contrôleur envoi la sortie à son matériel d'E/S associé (par exemple le contrôleur R envoi à L'E/S R) les trois sorties sont ensuite combinées dans une seul sortie par un mécanisme de vote.

Divers types de signale nécessitent divers méthodes d'établissement de la valeur voté.

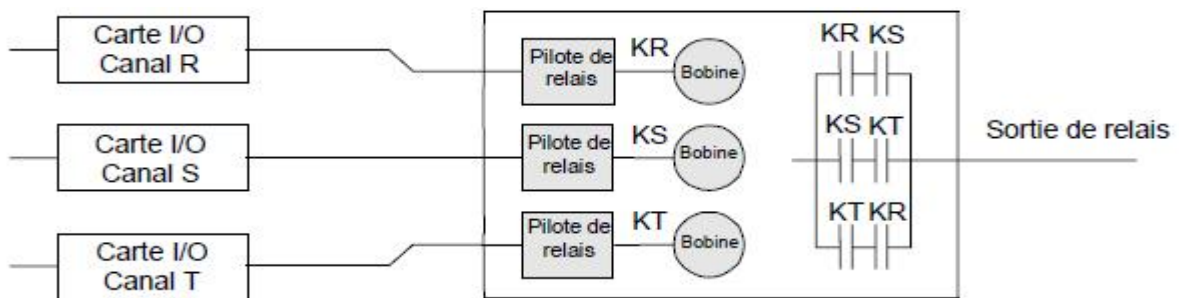


Figure V-16 : Circuits de sortie de relais voté

V- Programmation

Pour créer une nouvelle fonction, on commence par l'ajout d'une nouvelle bibliothèque, un nouveau module, des pins et des tâches dans la partie "Macro and Module Libraries". Puis on ajoute les nouveaux contacts d'E/S dans la partie "Hardware and I/O Définitions".

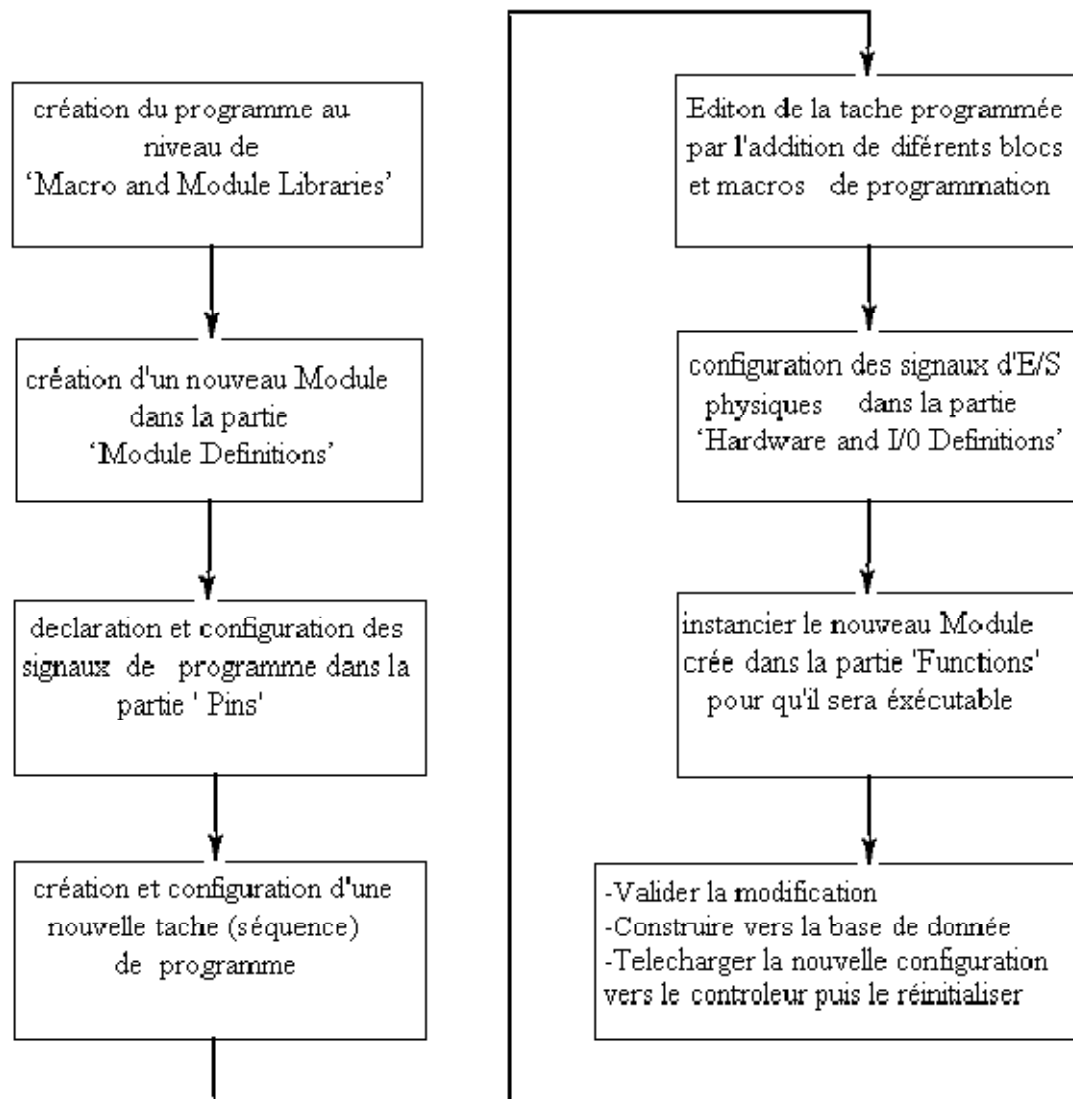
Le nouveau Module crée au niveau du Macros and Module Libraries sera exporté à la fin vers la partie "Functions" afin de l'exécuté.

V-1- Définition des signaux

Le tableau suivant présente quelques signaux utilisés dans le programme. la suite de ce tableau est renvoyée dans l'annexe A.

Signal	Définition	type	valeur
EXT_LOWER	Signal d'augmentation externe	logique	0/1
EXT_RAISE	Signale de diminution externe	logique	0/1
FSR	Signale de commande du gaz combustible	réel	%
FSRMAX	Valeur maximale du FSR	réel	%
FSRMIN	FSR minimale pour conserver la flamme de combustion	réel	%
FSRN	Signale de commande de la boucle de régulation de vitesse	réel	%
FSRNDIF	Signal d'anticipation sur la directrice variable 2eme 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

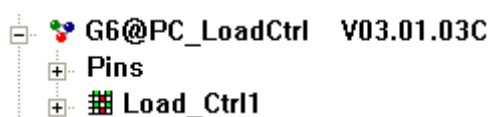
V-2- Les différentes étapes pour créer un programme



V-3 Elaboration du programme de contrôle de vitesse de l'arbre BP

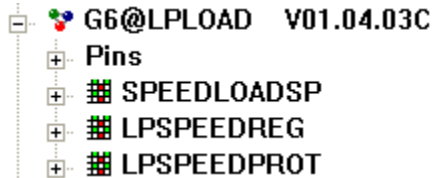
La régulation et la protection de la vitesse/charge de l'arbre BP d'une turbine à gaz bi-arbre sont programmées en deux modules :

Le premier module "PC LoadCtrl" contient une seule tâche "Load_Ctrl1" qui assure le Conditionnement du point de consigne vitesse/charge du procès.



Le deuxième module "LPLOAD" contient trois tâches :

- Tache 1 : "SPEEDLOADSP" 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 BP



V-3-1 Création de module 1

On ajoute un nouveau module au programme qui permet d'introduire le point de consigne vitesse/charge. Pour sa création, on procède de la manière suivante :

- 1-on ajoute un nouveau module au niveau de "Module Définitions" dans la partie "Macro and Module Libraires" sous le nom "PC_LoadCtrl1"

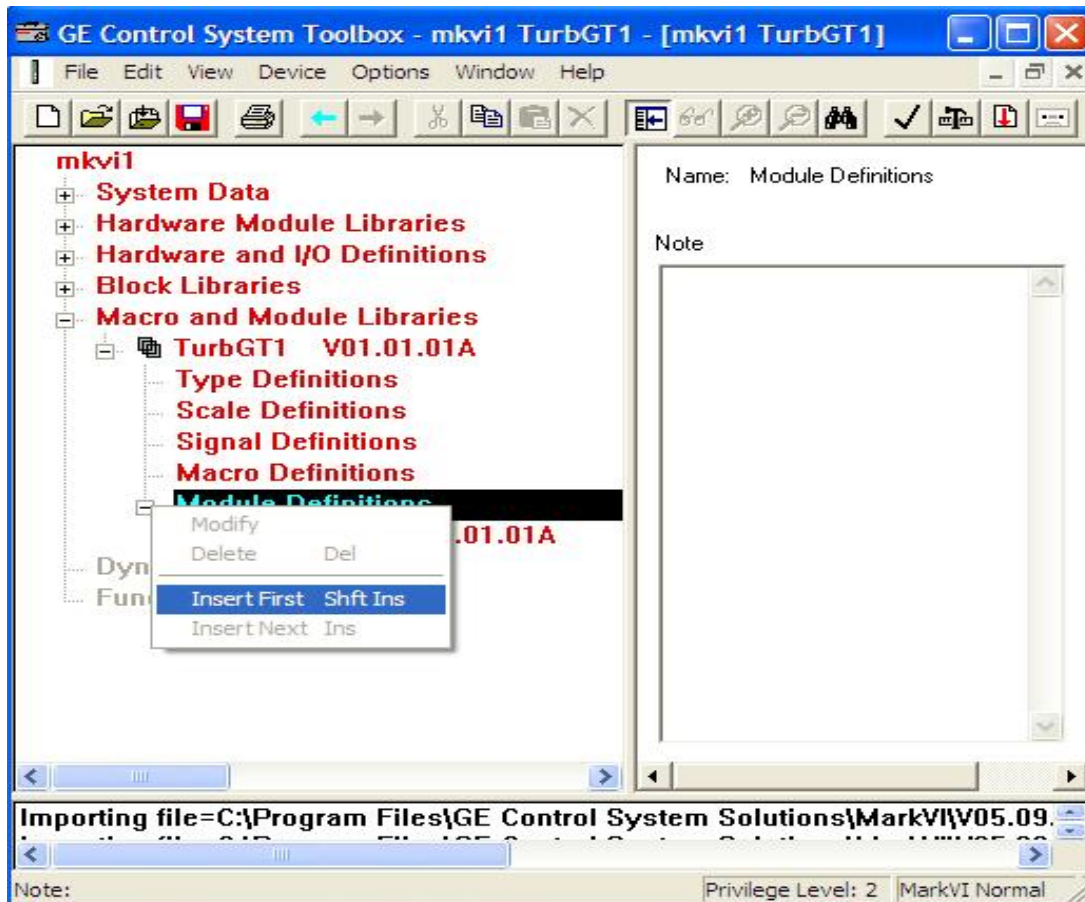


Figure V-17: L'ajout d'une nouvelle librairie

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

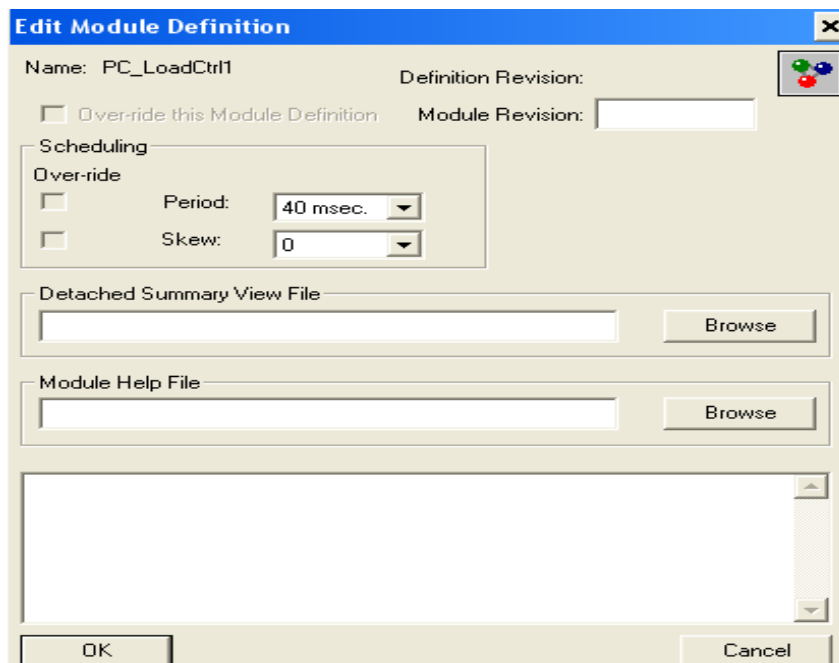


Figure V-18 : Ajustement de la durée d'exécution

3-on ajoute les différents signaux (pins) utilisés dans ce module tel que :

TNR_HIC, TNRP_H, TNRP, TNKR4, TNKR3, K77LS_ARATE ...

Chaque signal doit être configuré de la façon suivante :

- Nom du signal :

-On donne un nom au signal de tel façon qu'il sera unique, en le précédant par un préfixe (%D). Ce préfixe signifie que ce signal est proprement appartenu à la bibliothèque "Macros and Module Librairie".

-Préciser le type du signal (bool, Float, milliamp....), l'échelle et sa nature (E/S, alarme,...).

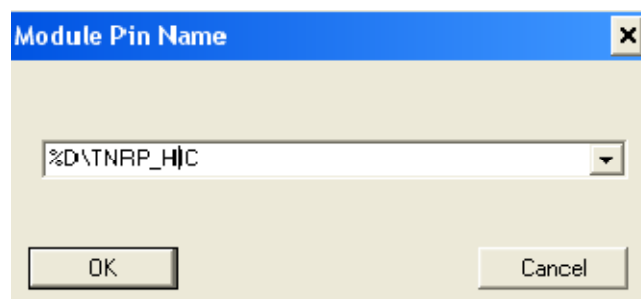


Figure V-19 : Déclaration des signaux

A chaque signal utilisé, on doit éditer ses caractéristiques ; type, échelle, E/S et/ou variable locale, et note. Comme le montre la figure suivante :

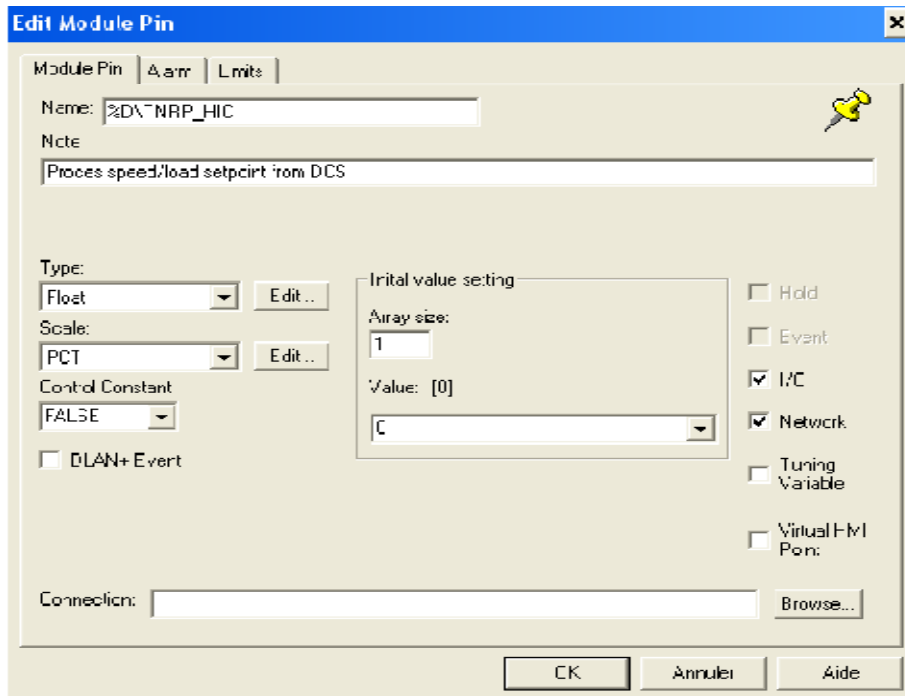
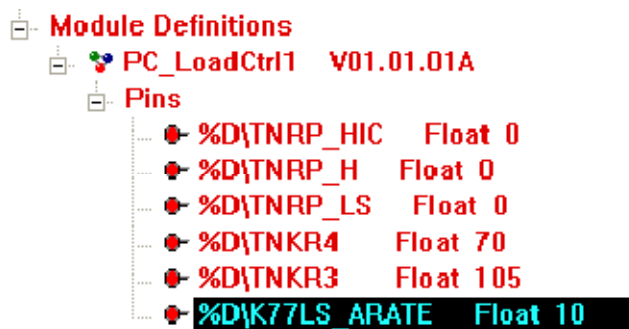


Figure V-20 : Editer les caractéristiques de signal

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



4-On programme une nouvelle séquence sous le nom "Load_Ctrl1" avec une période de multiplication 1 et sans décalage d'asymétrie.

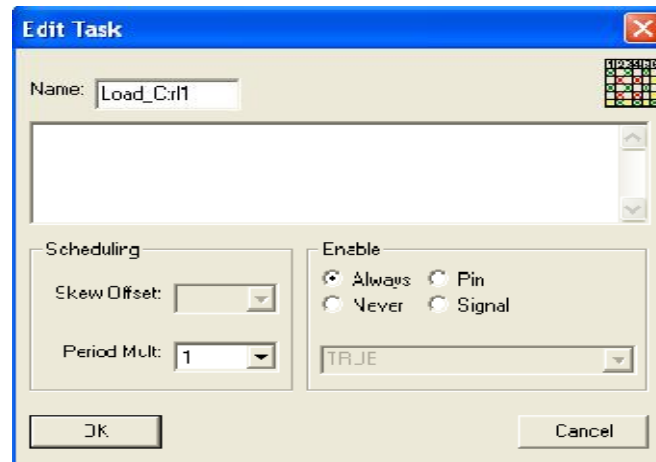


Figure V-21 : programmation de première séquence

-La programmation de la tâche se fait par l'introduction des blocs nécessaires, comme sont illustrés dans la figure suivante :

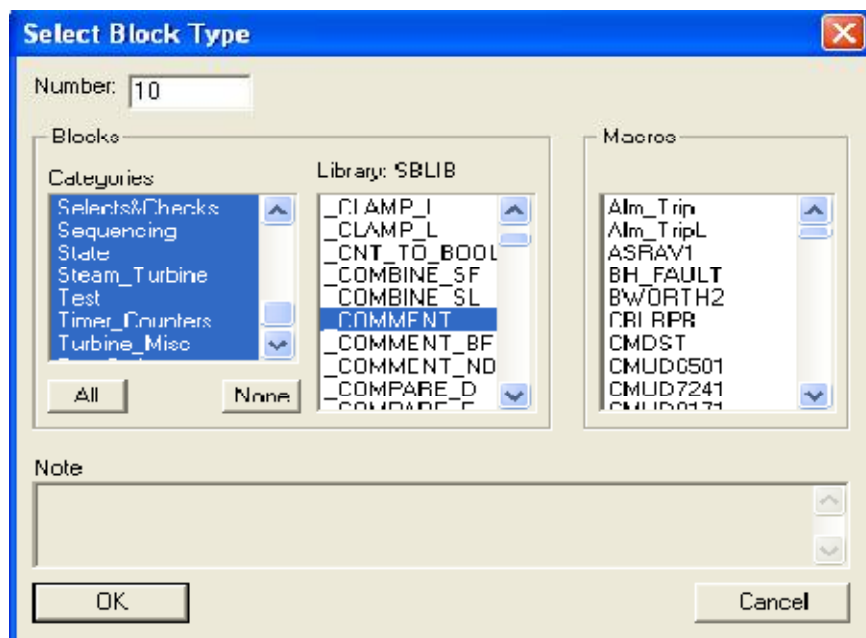
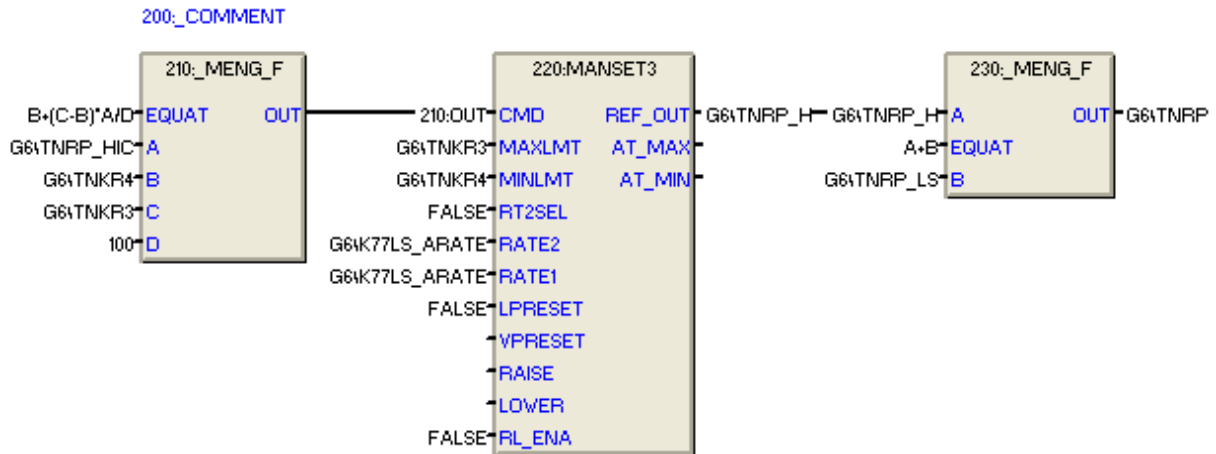


Figure V-22 :Le tableau d'insertion des blocks

Puis, on va insérer à chaque bloc ses entrées et sorties associés selon le besoin.

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



5-on configure le signal TNRP_HIC dans la carte VAIC dans la partie "Hardware and I/O Définitions".

Le point de consigne est un signal analogique de 4 à 20 milliampères. Ce signal est délivré au niveau de la plaque à borne TBAI J4 de la carte VAIC où il sera filtré et converti en pourcentage de (0 à 100 %).

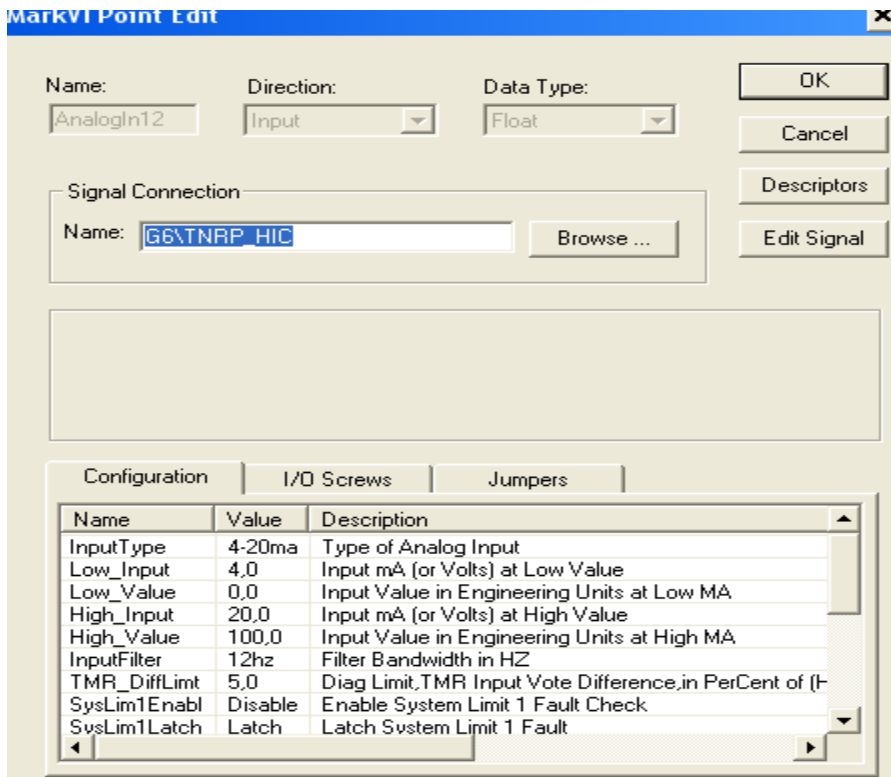


Figure V-23 : Description de la valeur de point de consigne

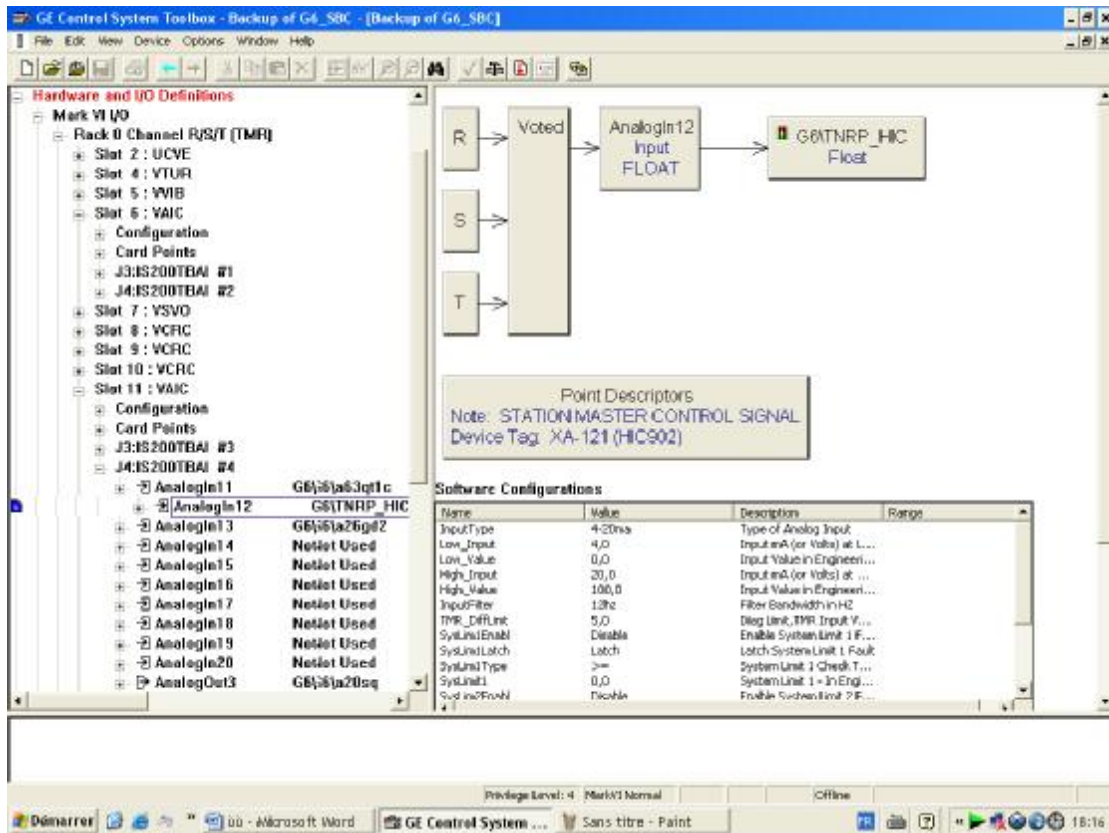




Figure V-24 : Configuration de signal dans la carte VAIC

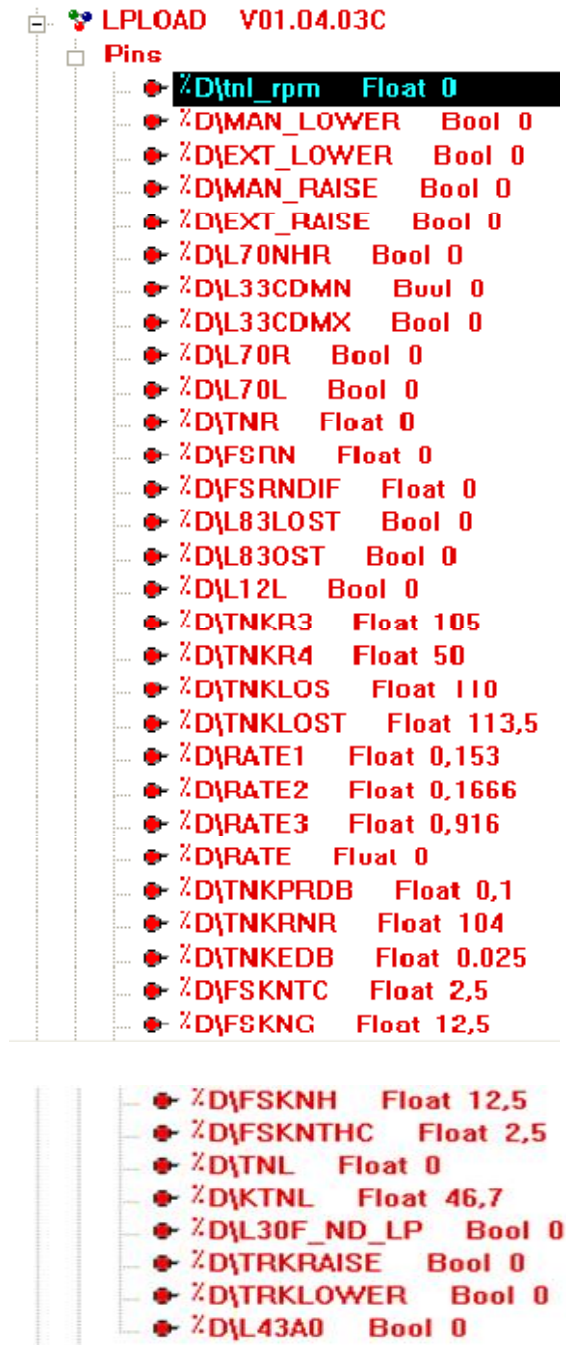
6-A la fin, on doit instancier ce module dans la partie "Functions" pour qu'il soit exécutable puis on valide et on construit notre travail  .

V-3-2 Création de module 2

On ajoute de la même manière un nouveau module au programme qui permet la régulation de la vitesse BP et la protection contre la survitesse de la turbine.

1-on ajoute un nouveau module au niveau de "Module Définitions" sous le nom "LPLOAD".

2- on ajoute les différents signaux (pins) utilisés dans ce module qui sont :



3-on va suivre les mêmes étapes et on programme les nouvelles tâches.

On va illustrer quelques blocs qui sont inclut dans ce programme.

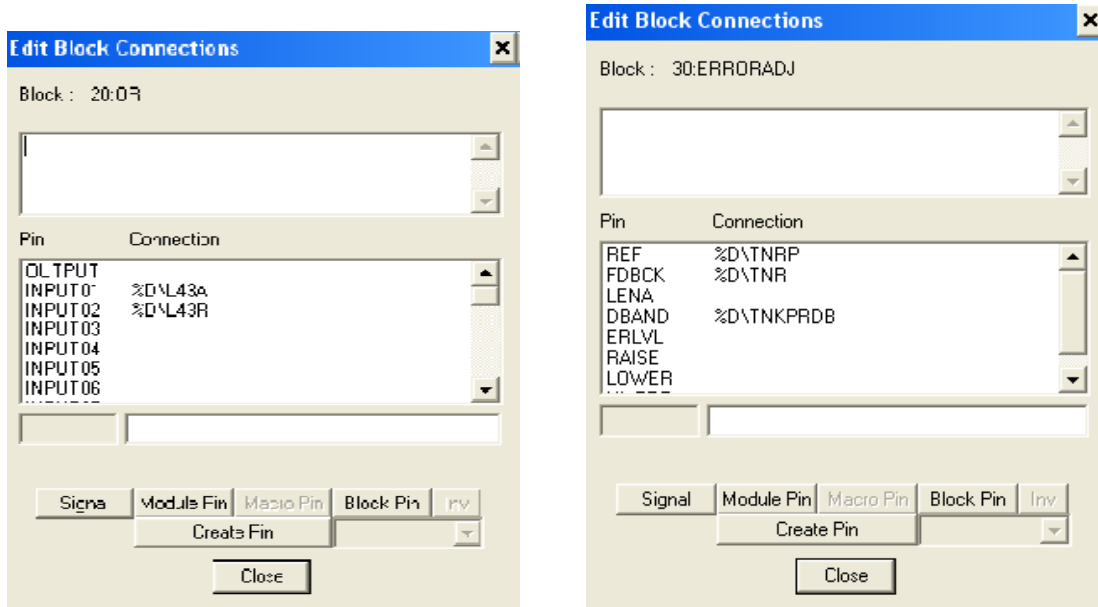
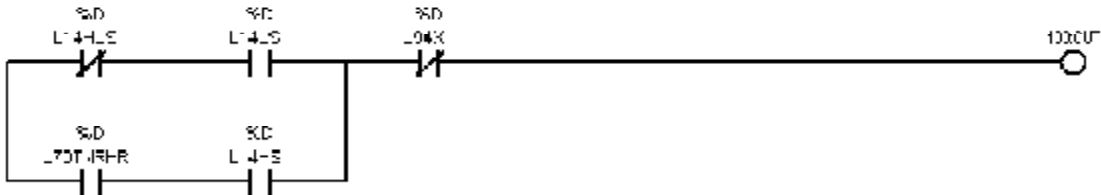


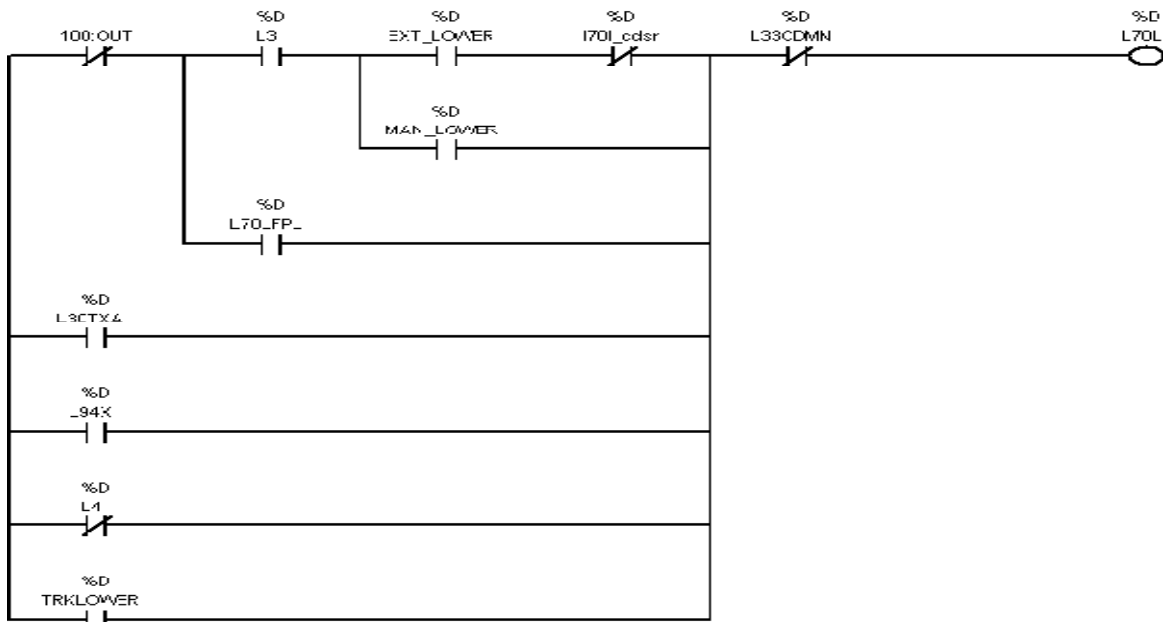
Figure V-25 : quelques blocs appartenant au programme

et les blocs BENG suivants tel que :

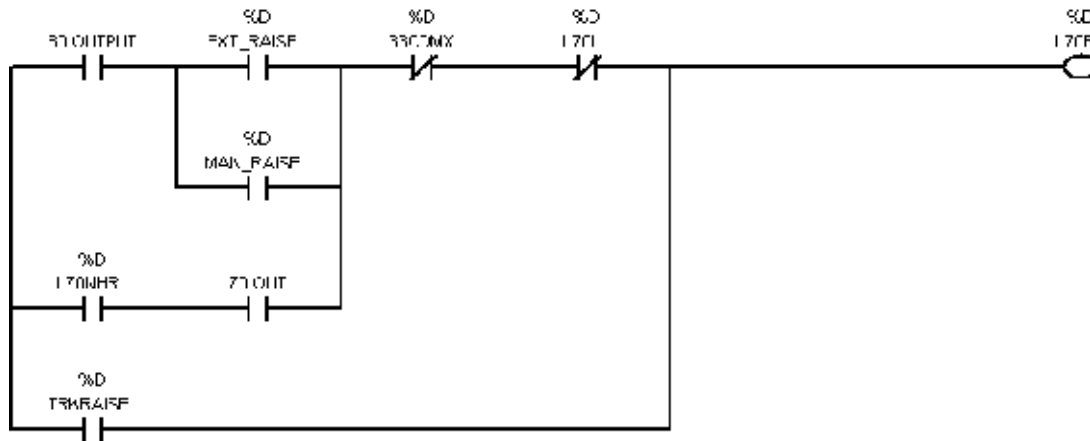
340:_BENG: ce bloc calcule l'équation logique suivante :



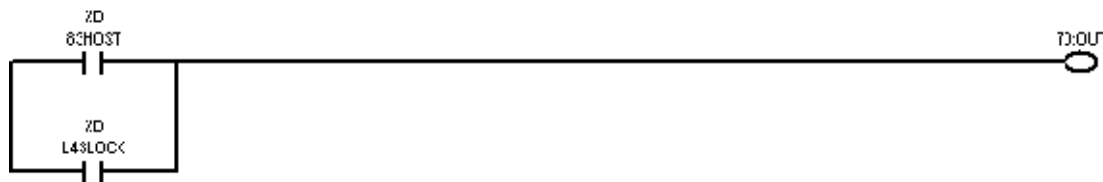
360 :_BENG : ce bloc calcule l'équation logique suivante :






370 :_BENG : ce bloc calcule l'équation logique suivante :



70 :_BENG : ce bloc calcule l'équation logique suivante :



Après avoir terminé les programmes, on configure le signal E/S voté et délivré par les trois capteurs de vitesse de la roue BP dans la partie "Hardware and I/O Définitions", au niveau de la plaque à borne TTUR J3 de la carte VTUR. Puis on va instancier ce module dans la partie "Functions" pour qu'il soit exécutable puis valider et construire 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.

V-4- Le programme

Le programme sera détaillé dans l'annexe.

V-5- Interprétation de programme

Module 1 :

Alors que dans cette première partie de programmation, la repartirions de charge se fait par le système DCS par la mesure de débit de refoulement, de telle façon qu'ils ont forcé le signal TNRP_LS à zéro. Pour bien repartitionner le point de consigne de la charge, et donner

la dépendance des machines aux Mark VI sans attendre que le système DCS intervient, On a proposé une amélioration bien précise et fiable concernant le point de consigne de charge pour cela on a élaboré la procédure suivante :

On a mesuré les débits entrants (aspirés) puis on a calculé le débit moyen d'aspiration des machines en marche, puis on les a comparé avec A60GS_X qui nous a donné une erreur, après on a comparé cette erreur avec le débit de refoulement pour chaque machine et on a vérifié si l'erreur est admissible afin d'ajouter cette valeur à TNRH_P, cette erreur rajouté donne une meilleure stabilité et précision à la machine, même à la présence des fluctuations au niveau des débits sans l'attente de système DCS intervient, cela donne une dépendance des machines par le Mark VI.

On a quatre turbocompresseurs C D E F, qui sont implantés dans Boosting (SBC).

D'abord, il faut savoir le nombre de machines en marche et capable de charger pour ce la on utilise quatre comparateurs de type f (float), on compare la vitesse de la roue HP de chaque machine avec le seuil du départ de chargement 92%. Et on sait que la sortie du bloc comparé est booléen (0.1) donc il faut un switch_R pour convertir en réel et faire l'addition avec le bloc MENG_F.

Au même temps, on additionne les débits d'aspiration (FT 909) mais avant, on doit filtrer d'abord le signal de débit pour diminuer les fluctuations.

Pour faire la moyenne, on divise la somme des débits des machines sur le nombre de machines en marche parallèlement, puis on ajoute un autre comparateur pour éviter la division sur 0. Ce signal (G6\A60gs) va être comparé avec le débit de chaque machine pour faire l'augmentation ou la diminution du débit pour la répartition de charge des machines.

Module 2 :

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

Cet ajustement aura lieu si l'erreur est en dehors de la zone morte, alors qu'à l'intérieur de cette zone on n'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 (régulation)

RATE2 : qui vaut 0.1666%/sec, sélectionnée dans le cas du test survitesse HP ou BP.

RATE3 : qui vaut 0.916%/sec, sélectionnée dans le cas de sous vitesse BP.

Tâche 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 supérieure à celle du HP OVERRIDE (TNKRNR-TNH).

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.

Le FSRNDIF est un signal d'anticipation pour la directrice deuxième étage (contrôle de vitesse HP)

L'anticipation aura lieu dans le cas où la boucle de vitesse demande une accélération de la turbine BP pour éviter la survitesse HP.

$FSRNDIF = FSRN \text{ (appelé)} - FSRN \text{ (actuelle)}$.

Tâche 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.

VI-Validation et simulation de la régulation de vitesse en fonctionnement Online**VI-1 Validation de la régulation de vitesse en fonctionnement Online**

Afin de valider le programme réalisé, nous avons chargé le programme dans la carte CPU du système de commande Mark VI, connecté à une turbine à gaz de type MS 5002C.

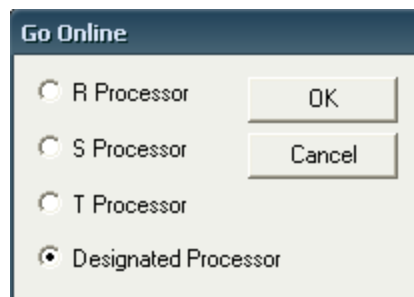


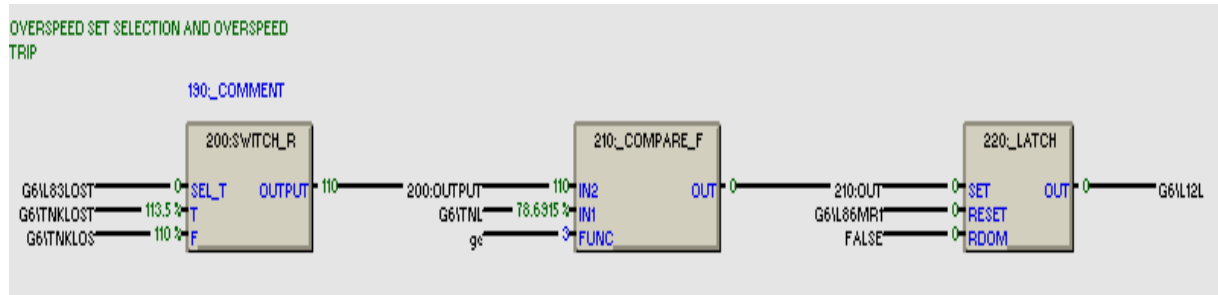
Figure V-26 :Chargement de programme dans la CPU de Mark VI

Ainsi, nous avons testé la régulation programmée en mettant l'accent sur le bon fonctionnement de la turbine.

- Fonctionnement de l'arbre basse pression (BP).
- Fonctionnement en survitesse.

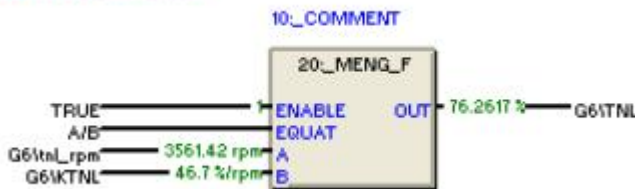
VI-2 simulation de la régulation de vitesse en fonctionnement Online**VI-2-1 simulation de la séquence de déclenchement**

La turbine à gaz MS 5002C est à l'état de fonctionnement normal (Pas de déclenchement) tant que le signal de protection **L12L** est à l'état logique nul. Dans notre cas, au niveau du bloc "210_compare F" la valeur du signal de vitesse (**TNL**) de la roue basse pression est égale à **78.6915%** qui est inférieur au seuil de déclenchement de survitesse BP fixé à **110%** mettant alors le signal de protection **L12L** à un état logique nul, donc la turbine continuera à fonctionner dans son état normal.

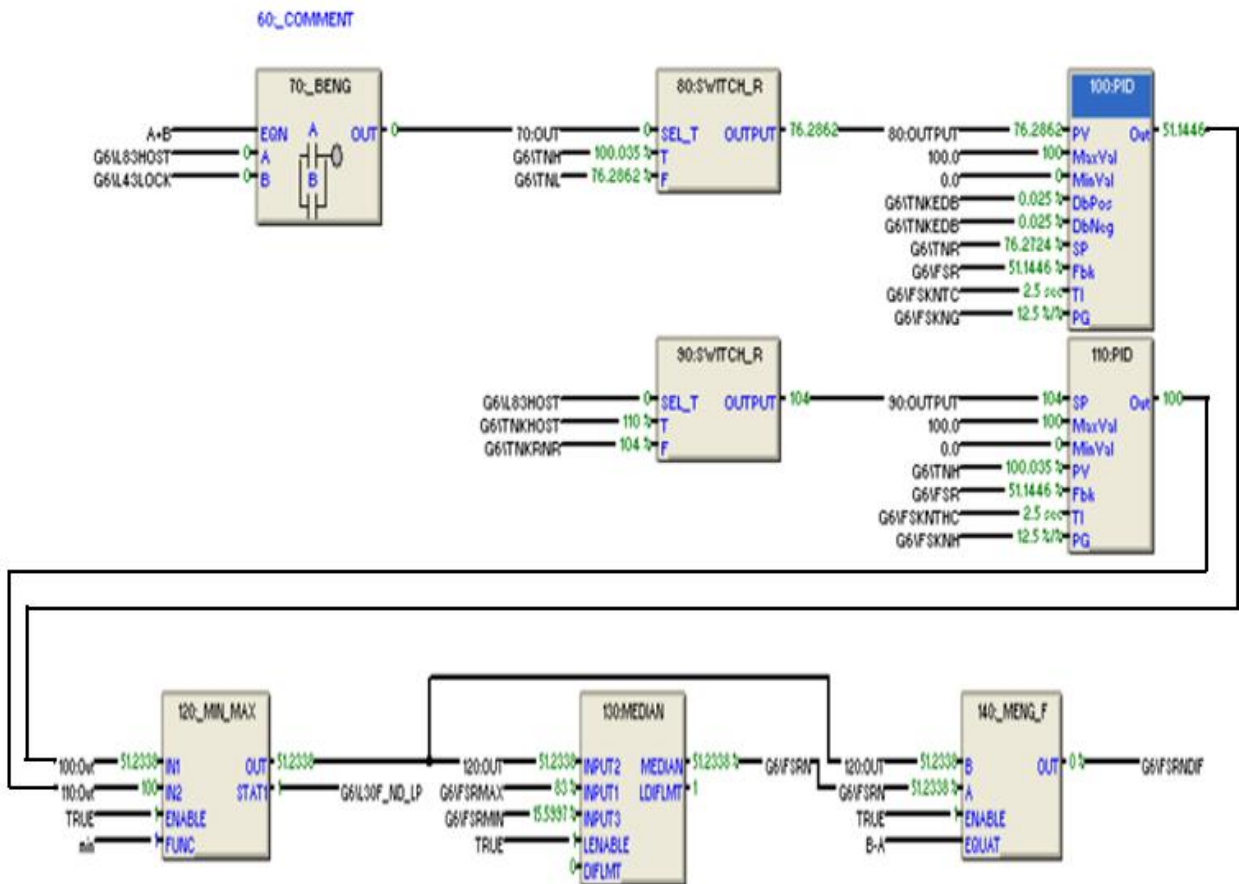


VI-2-2- Simulation de la séquence de régulation de l'arbre basse pression

RPM TO % CONVERSION



REGULATOR



Après avoir simulé notre séquence de régulation en temps réel et enregistré les différentes courbes (Figure VI-4), on a constaté que pour un point de consigne vitesse/charge provenant du DCS (TNR) égale à 76.2724% la valeur du signal de vitesse de l'arbre basse pression (TNL) est égale à 76.2862% pour une valeur de 51.1445% d'ouverture de la vanne de gaz (GCV) et que la valeur du signal d'anticipation des nozzles (FSRNDIF) égale à 0%.

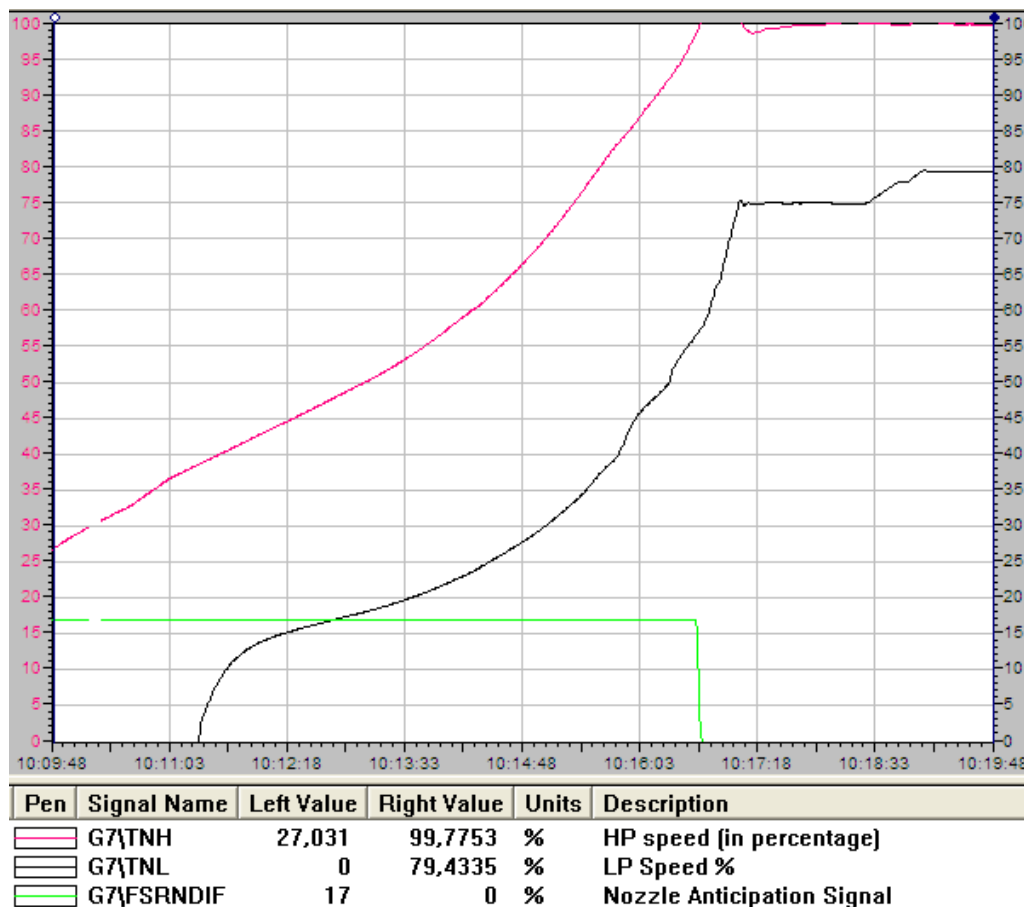


Figure V-27 : différentes courbes de la séquence de régulation

(vitesse de l'arbre HP, vitesse de l'arbre BP, degré d'anticipation des nozzles).

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons élaboré une solution programmable pour la boucle de régulation de vitesse BP sous le logiciel de configuration et de programmation TOOLBOX. Ce dernier présente un environnement de travail convivial stable qui nous offre une meilleure politique de production en réduisant les coûts d'exploitation et de maintenance. Enfin nous avons testé notre système régulé en temps réel en prenant en considération deux situations importantes : la

régulation de vitesse de l'arbre basse pression et le déclenchement de la turbine dans le cas de survitesse. Des résultats probants ont été obtenus.

Conclusion générale

Le stage effectué à Hassi R'mel , considéré comme le gisement du gaz le plus important en Algérie, nous a permis de découvrir le domaine de l'industrie des hydrocarbures, et d'acquérir des notions sur le plan professionnel.

L'objectif du travail réalisé dans le ce mémoire consiste à étudier un nouveau système de commande le SPEEDTRONIC Mark VI installé récemment dans les différents complexes de l'industrie pétrolière et gazière de Hassi R'mel. Un autre objective consiste à exploiter ce système pour la commande de vitesse et la protection contre les survitesses pour une turbine à gaz type MS5002C.

L'étude menée révèle que

Ü le Mark VI représente un système de commande qui a une sureté de fonctionnement très élevée grâce à la configuration TMR :

- de très grande fiabilité et de disponibilité.
- facilité de l'entretien même aux cours de fonctionnement.

Ü le Mark VI représente une solution de commande robuste grâce au :

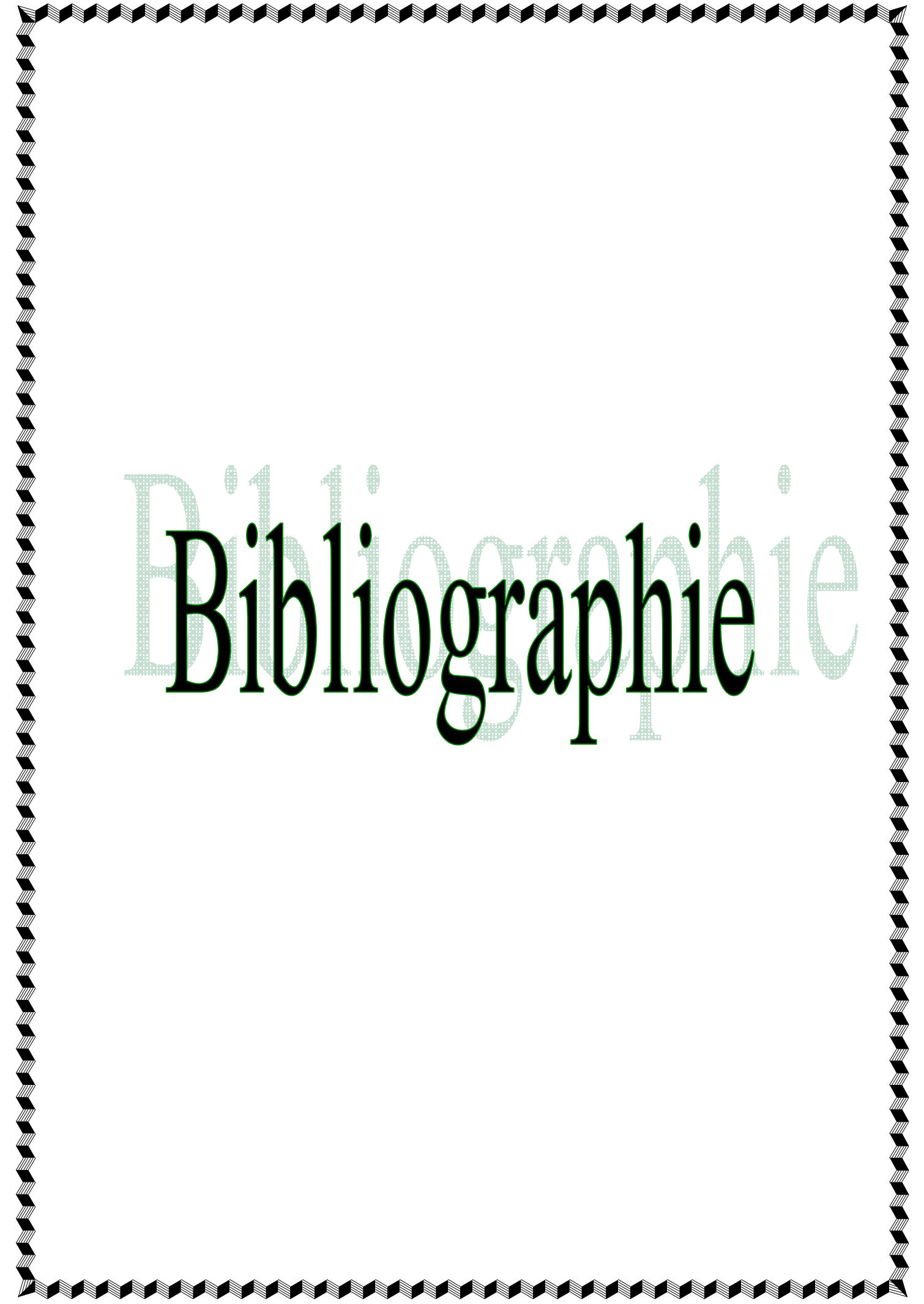
- système de vote et de diagnostic qui permet au système de commande de prendre les bonnes décisions afin d'éviter des situations désastreuses, et de masquer les instruments défaillants.
- un temps de réponse et de traitement de données, qui répond à tous besoins de contrôle, de protection et de surveillance de la turbine à gaz.

Ü l'erreur humaine devient un événement très rare grâce à :

- l'acquiescement manuel des alarmes.
- la protection par mot de passe qui permet de gérer les différents privilèges aux différentes personnes (maintenance, exploitation, programmeur).

Ü le Mark VI est facile à exploiter grâce à l'interface homme machine

Notre contribution se résume dans l'élaboration d'une partie du code d'application qui gère le démarrage et la mise en charge de la turbine à gaz.



Bibliographie

[1]- Revue trimestrielle de la SONATRACH :

« SONATRACH la revue N°15 Décembre 1999 »

[2] **Documentation SONATRACH** : Le champ de Hassi R'mel.

[3] **Manuel de constructeur** : station de compression et de réinjection nord.

[4] **NUOVO-PIGNONE** - Court : Turbines à Gaz MS 5002C - centre de formation.

[5] **Documentation SONATRACH** : formation et maintenance.

[6] **GE Power Systems** - SPEEDTRONIC Mark VI : régulation turbine.

[7] **GE Industriel Systems** - SPEEDTRONIC Mark VI TMR: Heavy Duty Gaz turbine control.

[8] **GE Control System Solutions** - Mark VI Controller : Documents

[9] **GE Control System Toolbox** - documents.

[10] **GE Toolbox Help**. (GEH-6403K Application Toolbox pour le contrôleur de la turbine Mark VI).

[11] **Turbine Control CD 2006**.

[12] www.speedtronic.com: 25/05/2011

Annexe A

Les caractéristiques de la turbine MS5002C :

Ü Données générales de conception

Série du modèle de turbine à gaz.....MS5002C.
Emploi de la turbine à gaz.....Entraînement mécanique.
Cycle.....Simple.
Rotation de l'arbre.....Sens antihoraire.
Type de fonctionnement.....Continu.

Ü Vitesse d'arbre :

V_{HP}5100 tr/min.
 V_B4903 tr/min.
Commande électronique..... Mark VI, SPEEDTRONIC.
Protection....Survitesse, Température excessive, Détection de vibration et Flamme.

Ü Données nominales de la plaque

Puissance de base.....38000 HP ou 28337 KW.
Température d'admission.....59 °F ou 15 °C
Pression d'échappement.....14,7 PSI ou 1,013 Bars.

Ü Section Compresseur

Nombre d'étages.....16.
Type de compresseur.....Flux axial, grande capacité
Type des aubes directrices.....Variable.

Ü Section Turbine

Nombre d'étage2 « Deux arbres ».
Injecteurs premier étage.....Zone fixe.
Injecteurs deuxième étage.....Variables.

Ü Section Combustion

Type.....12 brûleurs multiples.

Disposition des chambres...Positionnées concentriquement autour du compresseur.

Injecteur combustible.....Type combustible gazeux, un par chambre.

Bougies.....2, type électrode.

Détecteur de flamme.....4, type ultraviolet.

Ü Ensemble palier

Nombre de palier.....4

Ü Système de démarrage

Dispositif de démarrage.....Moteur électrique.

Ü Système de combustible

TypeGaz naturel.

Signal contrôle combustible.....Panneau de commande turbine.

Vanne arrêt gaz, rapport et commande.....Servocommande électro-hydraulique.

Ü Système de lubrification

Lubrifiant.....A base de pétrole.

Capacité totale.....23530 litres.

Pression sur les appuis.....25 PSI ou 1,72 Bars.

Pompes de graissage (Principale, Auxiliaire, Urgence)..... 3

Ü Système d'alimentation hydraulique

Pompe hydraulique (Principale, Auxiliaire)..... 2

Filtre hydraulique d'alimentation.....Double avec vanne de transfert.

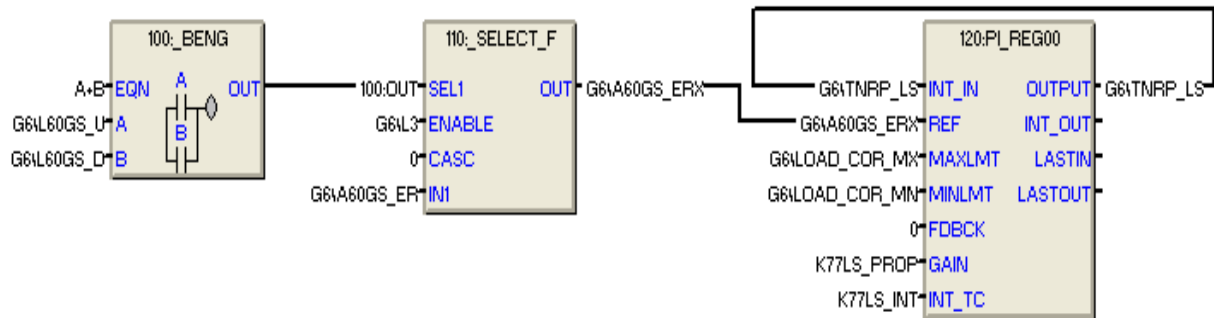
Le tableau suivant indique les différents signaux utilisés dans la programmation :

KTNL	Coefficient de conversion rpm % de la vitesse BP	constante	46.7%/rmp
K77LS_ARAT	Rampe de la référence vitesse/charge	constante	10%/sec
L12L	Signal de déclenchement survitesse BP	logique	0/1
L14HS	Vitesse HP atteint 95% de la 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
L30TXA	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 à la valeur maximale	logique	0/1
L4	Signale de protection principale	logique	0/1
L43A	Sélecteur principale en mode auto	logique	0/1
L43R	Sélecteur principale en mode remonte (à distance)	logique	0/1
L70L	Augmentation de la référence vitesse/charge	logique	0/1
I701_ddsr	Ordre de non diminution de référence provenant du DCS	logique	0/1
L70FPL	Problème de diminution de la charge	logique	0/1
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_LOWE R	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 BP n°2	réel	0.166%/sec
RATE3	Rampe de vitesse BP n°3	réel	0.916%/rmp

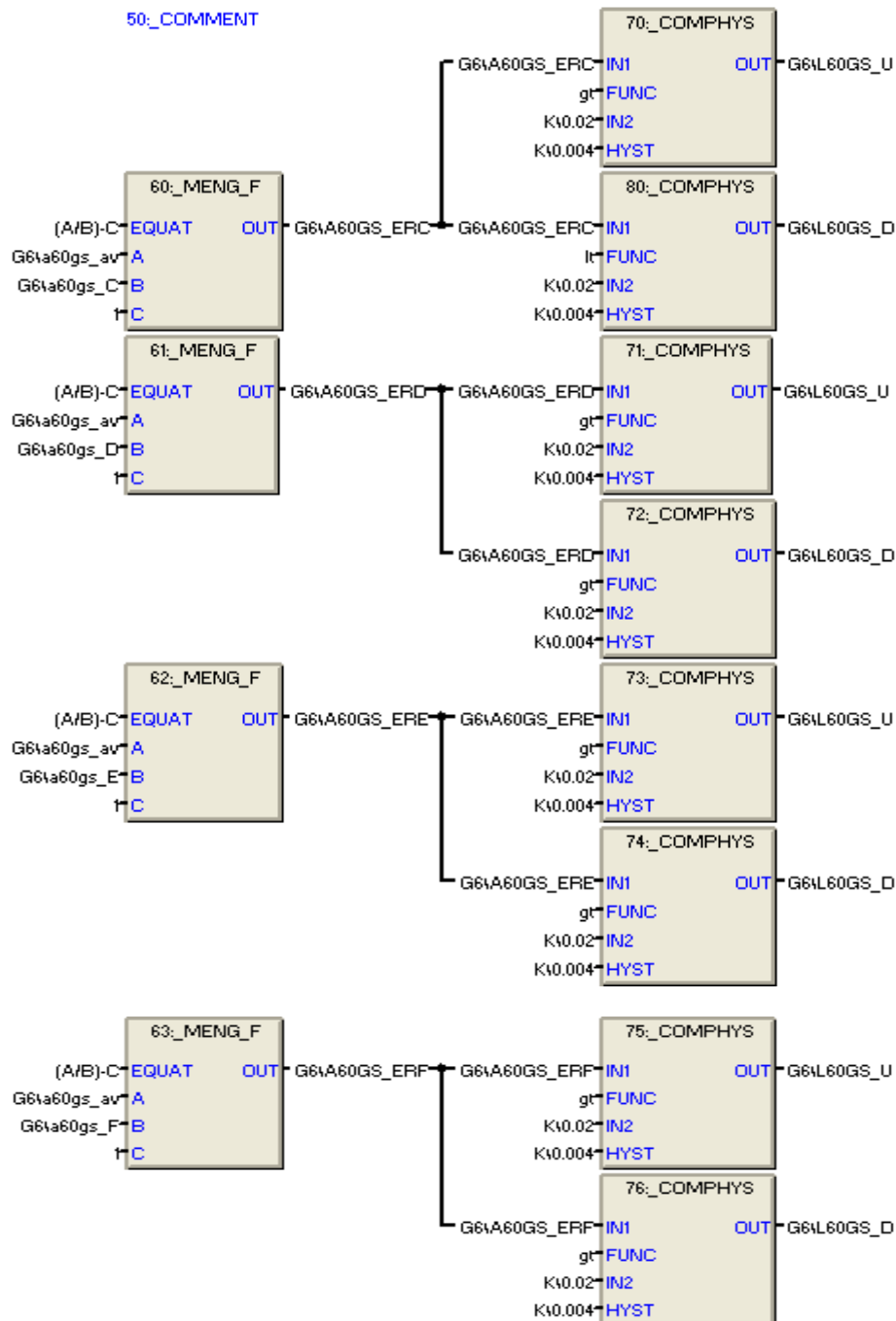
SD_OVRD	Signal propriétaire d'arrêt normal	logique	0/1
TNL_rpm	Vitesse BP en rmp (feedback)	réel	Tour/min
TNH	Vitesse HP	réel	%
TNKEDB	Valeur de la zone morte du régulateur vitesse/charge BP	constante	0.025%
TNKHOS	Seuil survitesse HP	constante	107%
TNKLOS	Seuil survitesse BP	constante	110%
TNKHOST	Référence du test survitesse HP	constante	110%
TNKLOST	Référence du test survitesse HP	constante	113%
TNKPRDB	Valeur de la zone morte	constante	0.25%
TNKR3	Référence vitesse BP maximale	constante	105%
TNKR4	Référence vitesse BP minimale	constante	70%
TNKRNR	Référence HP OVERRRIDE	constante	104%
TNL	Vitesse BP	réel	%
TNR	Référence vitesse/charge BP	réel	%
TNRP	Référence vitesse/charge du process	réel	%
TNRP_H	Référence vitesse/charge intermédiaire	réel	%
TNRP_HIC	Référence vitesse/charge provenant du DCS	réel	%
TRKLOWER	Référence vitesse/charge est au dessous du maximum	logique	0/1
TRKRAISE	Référence vitesse/charge est au dessous du minimum	logique	0/1

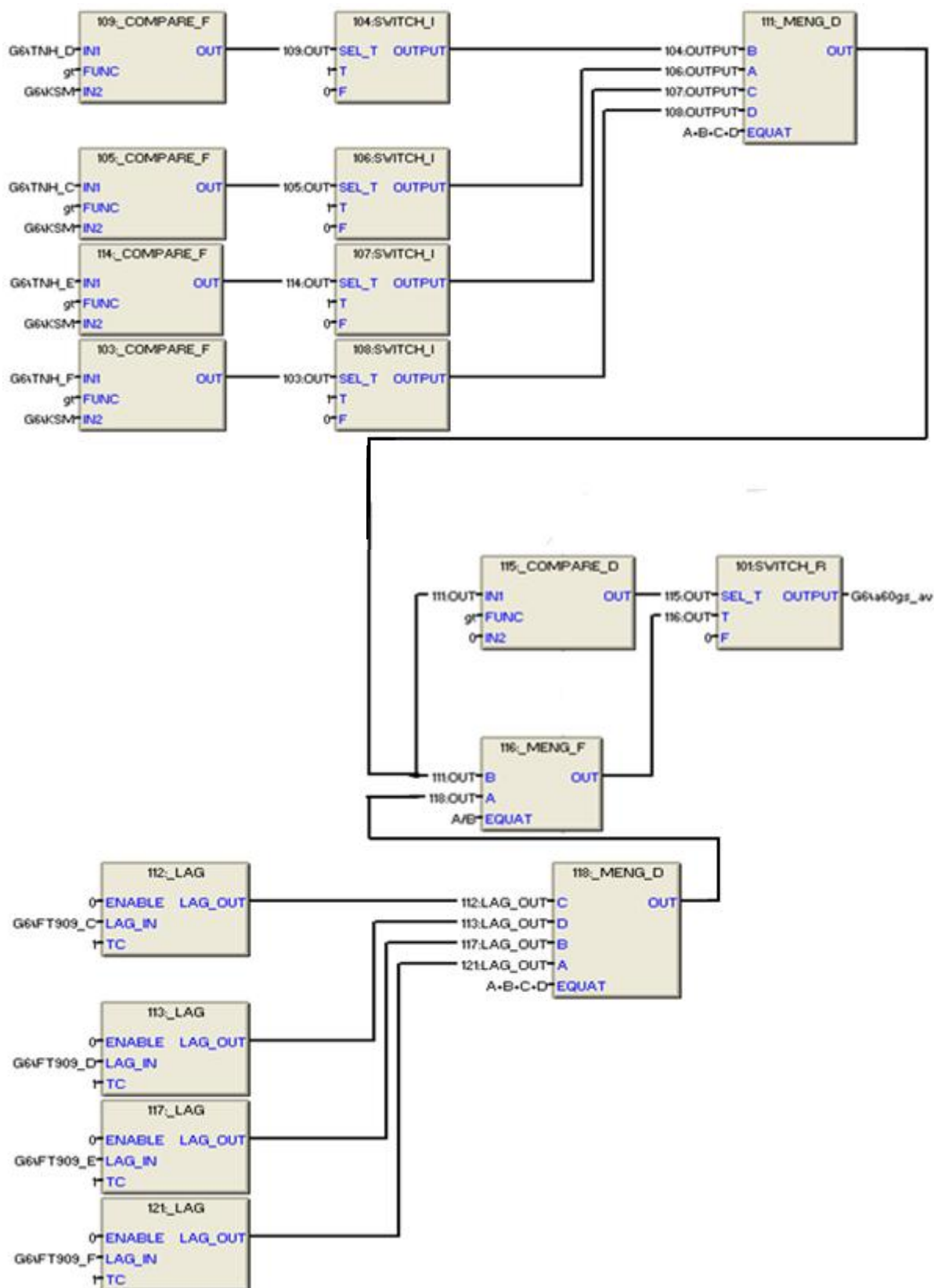
Annexe B

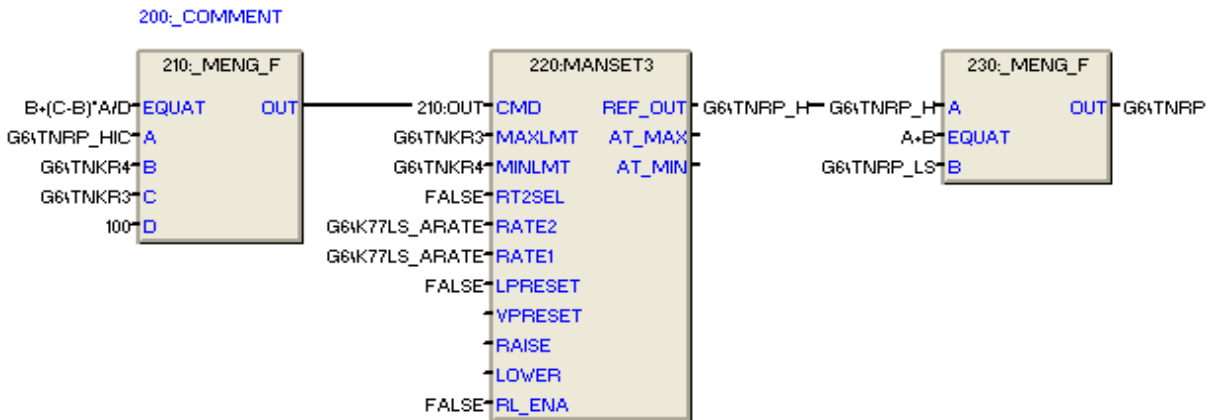
I-Module 1



50_COMMENT



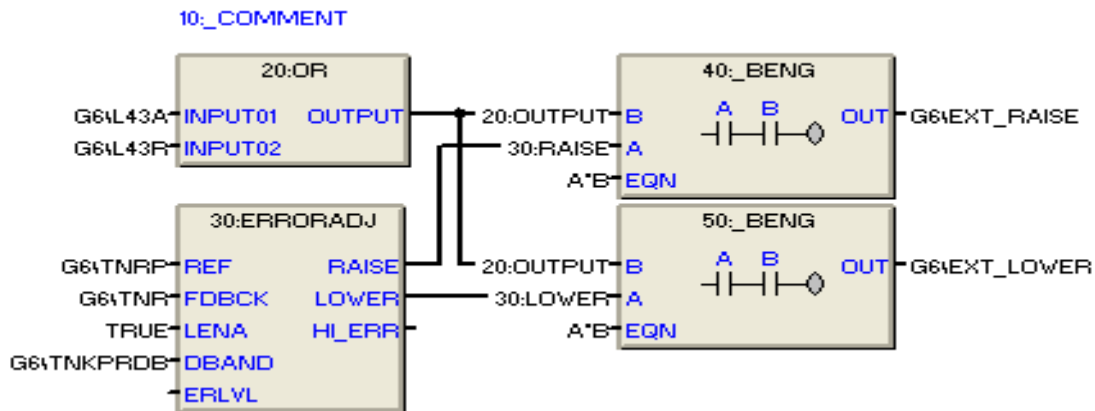




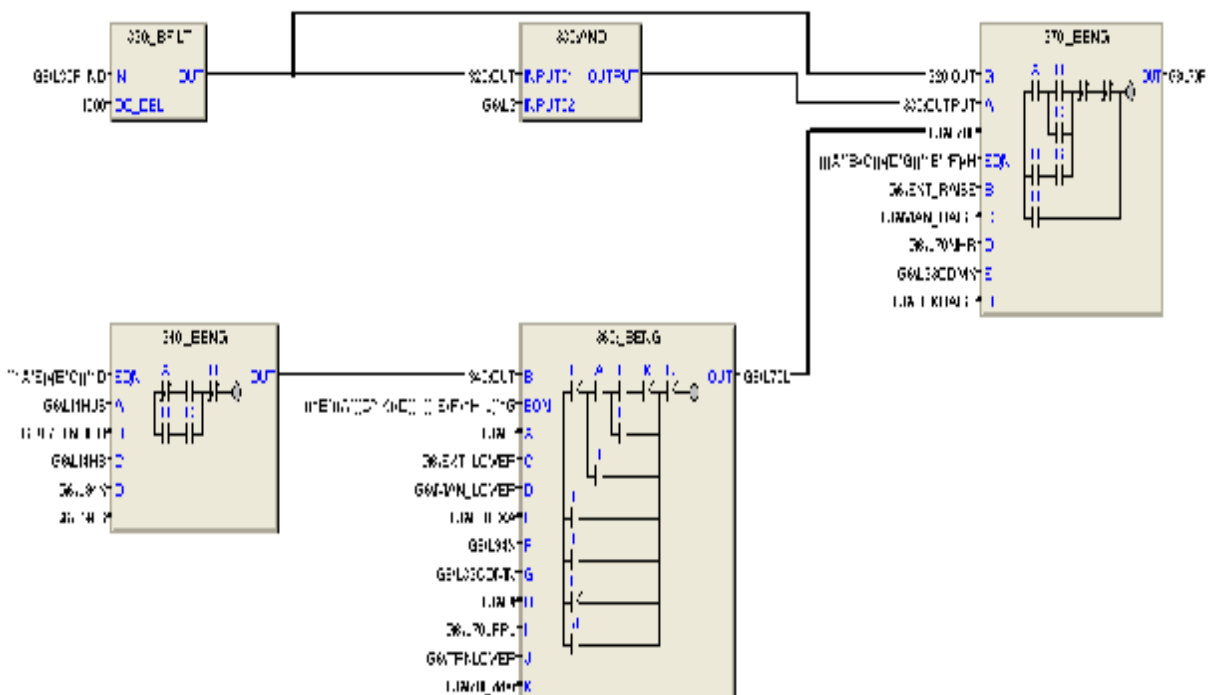
II-Module 2

1-Tâche 1

EXTERNAL/AUTOMATIC RAISE/LOWER LOGIC



RAISE/LOWER SUMMARY LOGIC



SET POINT RAMP LOGIC

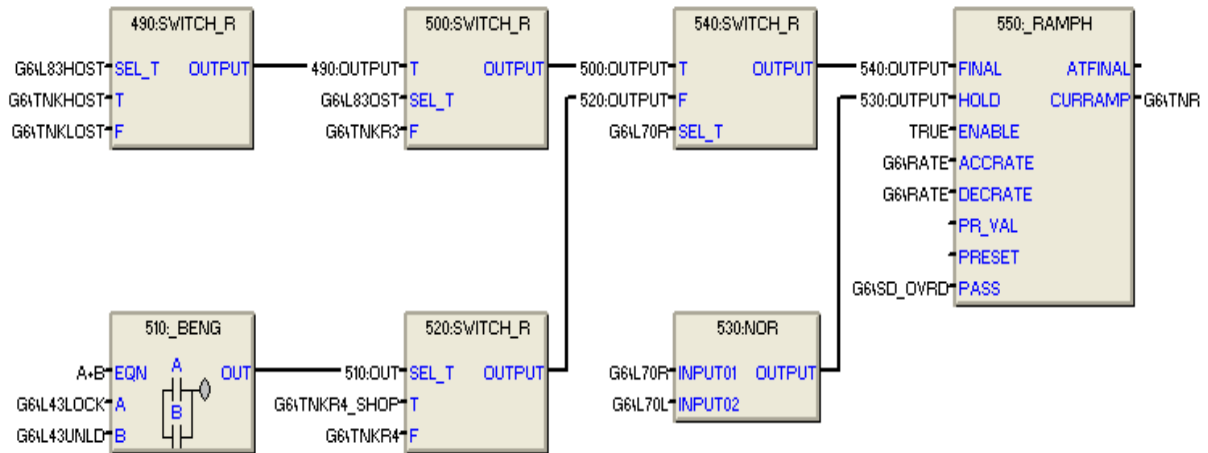
SPEED RATE SELECTION

410_COMMENT

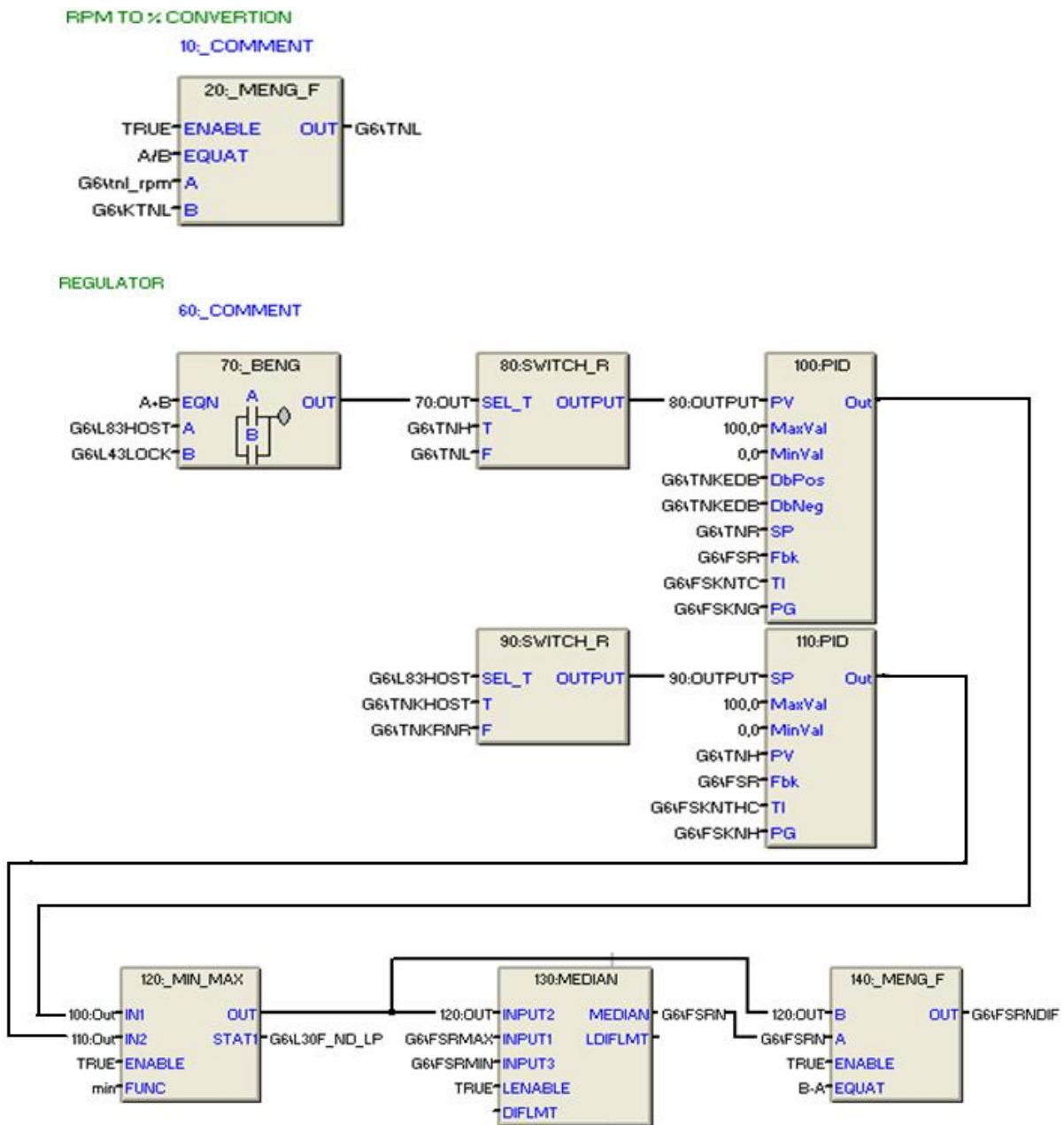


RAMP LOGIC

480_COMMENT



2-Tâche 2



3-Tâche 3

OVERSPEED SET SELECTION AND OVERSPEED TRIP

