

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



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Automatique

Mémoire de Fin d'Études

En vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'État en Automatique

Thème

**Amélioration des performances d'une turbine à gaz
par substitution d'automate programmable
application: turbine à gaz TFT In Amenas**

Proposé par : SONATRACH

Présenté par :

Dirigé par : M. A.BENFDILA

Ammar BELHAMIDI

Promotion 2012

Ce travail a été préparé à : Direction Régionale de Tin Fouyé Tabankort SONATRACH

REMERCIEMENTS

A l'issue de ce travail que nous avons accompli après tant d'efforts, nous tenons à exprimer notre reconnaissance, notre gratitude et nos vifs remerciements à notre promoteur, Monsieur M.BENFDILA pour nous avoir apporté ses connaissances et son soutien tout au long de notre stage.

Son soutien moral et son aide précieuse nous ont permis d'effectuer ce travail dans les meilleures conditions.

Nous tenons également à remercier tous ceux qui nous ont aidé de prêt ou de loin pour l'élaboration de ce projet, les amis de la faculté génie électrique et informatique de l'UMMTO, ainsi que les travailleurs de SONATRACH de la direction régionale de TFT, en particulier M.LAZIZI et tous ses amis qui sans eux ce travail ne verrait pas le jour.

Nous remercions également, toutes les personnes qui nous ont encouragés pour aller au bout de notre travail, en particulier nos familles qui nous ont soutenus.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

A celle qui m'a transmis la vie et l'amour, à toi chère mère. Toute ma reconnaissance.

A la mémoire de mon cher regretté père

A mon frère unique Lyès

A ma petite sœur Célia

A ma grande sœur Zohra, son mari Ahmed et ses enfants Kouceila, Lotfi, Lina

A mes cher amis et tous ceux qui se reconnaîtront en ce mot « AMI ».

A toute la promotion d'ingénieurs en électronique

A la mémoire des pionniers de la science. Tous mes respects.

Lounès

Je dédie ce modeste travail à

Mes très chers parents pour

A mes chers frères Yacine et Younes a qui je souhaite une belle vie

*A ma grande sœur Kahina et son mari M^{ed} Cherif et mon cher neveu
MASTEN a qui je souhaite une longue vie*

*A mes meilleurs amis Amar Bouzouar alias H.Y et Ikias Dimah alias
H.S*

A celle que j aime

*A mes cher amis et tous ceux qui se reconnaîtront en ce mot
« AMI ».*

A la mémoire des pionniers de la science. Tous mes respects.

Ammar

Sommaire

Préface

1. Introduction.....	1
2. Historique du développement.....	2
3. Présentation de l'Unité de Traitement des Gaz Associés (UTGA).....	3
Gaz à haute pression (HP).....	4
Gaz à basse pression (BP).....	4
 Introduction Générale	 5

Chapitre I

Introduction.....	7
I.1. Description de la turbine.....	7
I.1.1. La turbine à Gaz.....	7
I.1.2. Compartiments de la turbine à gaz.....	8
I.1.2.1 Compartiments principaux de la turbine.....	8
a. Le compresseur axial (16 étages).....	8
b. Le système de combustion.....	8
c. La section turbine.....	9
d. La section échappement.....	9
I.1.2.2. Compartiments auxiliaires de la turbine.....	9
a. Système d'huile de lubrification.....	9
b. Système d'air de refroidissement.....	9
c. Système d'air d'étanchéité.....	9
d. Système du gaz combustible.....	10
e. Système de lancement.....	10
I.1.3. Résumé des données de l'équipement.....	11
I.1.3.1. Données générales de conception.....	11
I.1.3.2. Puissance nominale de plaque (à O.M.A.S.L.).....	12
I.1.3.3. Section compresseur.....	12
I.1.3.4. Section turbine.....	12
I.1.3.5. Section combustion.....	12

I.1.3.6. Ensemble palier.....	12
I.1.3.7. Système de démarrage.....	13
I.1.3.8. Système du combustible.....	13
I.1.3.9. Système de lubrification.....	13
I.1.3.10. Filtre (Fluide de graissage).....	13
I.1.3.11. Système d'alimentation hydraulique.....	14
I.1.3.12- Filtre(s) hydrauliques d'alimentation.....	14
I.2. Fonctionnement de la turbine a gaz.....	14
I.2.1. Principes de fonctionnement de la turbine à gaz.....	14
I.2.2. Comportement thermodynamique de la turbine à gaz.....	14
a- Puissance de la turbine.....	15
b- Rendement de la turbine.....	16
I.2.3. Facteurs influençant sur le rendement et la puissance de la turbine.....	16
I.2.4. Fonctionnement.....	16
I.2.4.1. Régulation de démarrage.....	16
I.2.4.2. Prêt au démarrage.....	16
I.2.4.3. Démarrage des auxiliaires.....	16
I.2.4.4. Purge.....	17
I.2.4.5. Allumage et préchauffage.....	17
I.2.4.6. Accélération vers la vitesse opérative.....	17
I.2.4.7. Séquence complète et prêt à la charge.....	17
I.2.4.8. Demande d'arrêt normal.....	18
I.2.4.9. Séquence d'arrêt.....	18
I.2.4.10. Séquence de refroidissement de la turbine.....	18
I.2.4.11. Demande de déclenchement.....	18
I.2.4.12. Séquence de déclenchement.....	18
I.3. les signaux de commande de la turbine à gaz.....	19
1. Prêt au démarrage des auxiliaires.....	19
2. Démarrage accepté.....	19
3. Prêt à la purge.....	20
4. Prêt à la mise en feu.....	20
5. Prêt à la charge.....	20
6. Arrêt normal des auxiliaires.....	20
7. Déclenchement des auxiliaires.....	21

I.4. Evolution historique des systèmes de commande des turbines à gaz.....	21
1-Fonctions de commande.....	21
2. Conception du système de commande d'une turbine a gaz.....	22
3. Système de commande de la turbine a gaz en service de turbogénérateur.....	23

Chapitre II

Introduction.....	24
II.1. Etude du système de commande speedtronic Mark 2.....	24
I.1.1. Introduction.....	24
II.1.2.Description de l'armoire de commande de la turbine.....	25
II.2.2.1. Description de l'Avant d'une Armoire de commande de la turbine.....	25
1. Annonceur.....	26
2. Indicateur de vitesse de la turbine.....	26
3. Indicateurs de la température à l'échappement.....	26
4. Température de l'indicateur: Conventionnel, de type numérique ou enregistreur.....	26
5. Voyants d'indication.....	27
6. Point de consigne de régulateur.....	28
7. Compteur du temps de fonctionnement.....	28
8. Module de vérification et de calcul de moyenne des thermocouples.....	29
9. Sélecteur de Thermocouple.....	29
10. Sélecteur de charge.....	30
11. Commutateur sélecteur de combustible.....	30
12. Bouton-poussoir d'arrêt d'urgence.....	30
13. Commutateurs de commande pour l'opérateur.....	30
14. Description d'une "Page SPEEDTRONIC IL".....	31
II.1.2. Arrière de l'armoire de commande de la turbine.....	31
II.2. Fonctions d'un système Speedtronic.....	33
II.3. Les différents types de commande.....	33
II.3.1. Commande de démarrage.....	33
II.3.2. Commande de vitesse.....	35
II.3.3. Commande de température.....	36
II.3.4. Système de protection.....	37
Conclusion.....	37

Chapitre III

Introduction.....	38
-------------------	----

III.1. Etude du système TRICONEX Tricon.....	38
III.1.1. Définition de l'Automate Programmable Industriel (API)	38
1. Triconex.....	39
III.1.2. Architecture Triplée Modulaire Redondante (TMR) de TRICON.....	39
III.1.2.1. Principe de fonctionnement.....	40
III.1.2.2. Configuration du système.....	41
III.1.2.3. Bus système et distribution de l'alimentation.....	42
III.1.2.4. Bus systèmes sur fond de panier, châssis principal TRICON et bus de distribution..	43
III.1.3. Modules d'alimentations.....	44
Caractéristiques.....	44
III.1.4. Modules processeurs principaux.....	44
III.1.5. Modules d'entrées.....	47
III.1.5.1. Modules d'entrées logiques.....	47
III.1.5.2 Modules d'entrées analogiques.....	48
III.1.5.3. Modules d'entrées impulsions.....	49
III.1.6. Modules de sorties.....	50
III.1.6.1. Modules de sorties logiques.....	50
III.1.6.2 Modules de sorties analogiques.....	52
III.1.7. Modules de communications.....	53
III.1.8. Diagnostic des voteurs des modules de sorties en « DC » et « AC ».....	54
III.2. Présentation du logiciel de programmation Tristation 1131 pour API TRICONEX.....	55
Introduction	55
III.2.1. Logiciel de programmation Tristation 1131.....	55
III.2.2. Caractéristiques de Tristation 1131.....	55
III.2.3. Application logiciel et protocole.....	56
III.2.3.1. Application d'accès au système Tricon TSAA (Tricon System Access Application) 56	
III.2.3.2. Serveur réseau DDE.....	56
III.2.3.3. Consignateur d'états (SOE) « Sequence of Event »	57
III.2.3.4. Archivage des données (SER) « Séquence Event Recorder ».....	57
III.2.3.5. Synchronisation du temps.....	57
III.2.4. Langages de programmation.....	57
Conclusion.....	57

Chapitre VI

Introduction	58
IV.1. Organigrammes Fonctionnels de la turbine	58
IV.2. Définition d'un capteur.....	70
IV.3. Etat actuel de la sécurité de la turbine.....	70
IV.3.1. Protection contre les survitesses.....	71
IV.3.1.1 Protection de survitesse électronique.....	71
IV.3.1.2 Protection mécanique de survitesse.....	72
IV.3.2. Protection contre les températures excessives.....	73
IV.3.2.1. Système de protection contre les températures excessives.....	73
1. Détecteurs à thermocouple	74
2. Boitier de calcul de la moyenne des thermocouples.....	74
3. Carte de déclenchement.....	74
IV.3.3. Protection contre les vibrations.....	75
IV.3.4. Protection contre la perte de flamme.....	76
IV.3.4.1. Détecteur de flammes.....	76
IV.3.4.2. Système de protection et de détection de flamme.....	77
IV.4. Proposition de certaines améliorations pour la sureté de fonctionnement.....	78
IV.4.1. Au niveau du système de commande.....	78
IV.5. Proposition de certaines améliorations pour la sécurité.....	81
IV.5.1. Au niveau de la sécurité.....	81
IV.5.1.1. Contrôle des vibrations externes.....	82
IV.5.1.2. Contrôle de la combustion.....	82
IV.6. Utilisation d'une Interface Homme Machine.....	84
IV.6.1. Description de Wonderware.....	84
IV.6.2. Environnement d'InTouch.....	85
IV.6.6. Wonderware Mobile Reporting	86
Conclusion.....	88
Conclusion Générale	89

Préface

Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire un aperçu général sur la région de Tin Fouyé Tabankort (TFT) où se situe l'unité de traitement des gaz associés (UTGA) sur laquelle nous avons porté notre étude, et nous allons expliquer le rôle et le fonctionnement général de chaque section de cette dernière.

1. Situation géographique de la région Tin Fouyé Tabankort (TFT)

La direction régionale de Tin Fouyé Tabankort (TFT), est l'une des dix régions productrices d'hydrocarbures du Sahara algérien.

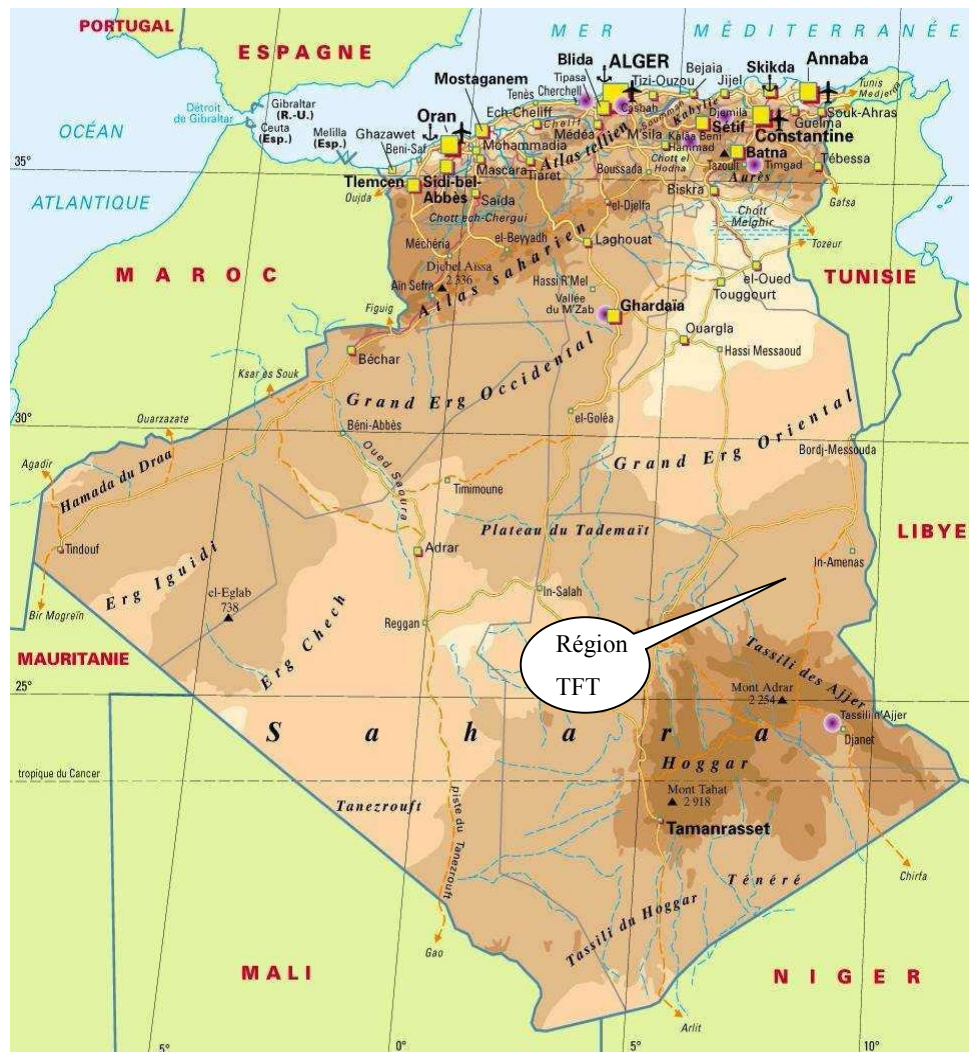


Figure 1: Situation géographique de Tin Fouyé Tabankort (TFT)

Le champ de TFT est situé dans la wilaya d'illizi à 280 Km au Nord /Ouest de la ville de In Aménas, à environ 1 500 km d'Alger et à 300 km de la frontière

Libyenne (SUD-EST) et à une altitude d'environ 450 m.

Le climat est tropique avec des températures allant jusqu'à 55°C en été.

En Hiver, il gèle légèrement et le vent est parfois très fort, atteignant une vitesse de 160 km/h.

La région de TFT était liée administrativement, au district de In Aménas, mais depuis l'année 1975, elle est devenue officiellement une direction régionale indépendante.

Le nombre de travailleurs exerçant à TFT est d'environ 1000 agents.

2. Historique du développement

Le réservoir de TFT Ordovicien (2000) produit la plus grande partie de la production de la région de TFT, son exploitation a commencé en Novembre 1968. Jusqu'en 1975, les puits forés étaient au nombre de 52, dont 49 producteurs.

La surface embrassée par les forages ne présentait que 40% de la surface de TFT, la production d'huile en 1974 a atteint 2 634 000 tonnes.

En raison de la diminution de la pression de gisement conduisant à l'épuisement de l'énergie du réservoir, le projet de maintien de pression est introduit en 1980.

Les résultats ont commencé à se manifester à partir de 1984 où, il a été produit 2 751 651 tonnes, 4 976 886 tonnes en 1991, 4 410 176 tonnes en 1994 et 3 504 200 tonnes en 1998.

Dans le but d'augmenter le taux de récupération à plus de 25% et de récupérer les gaz torchés, un autre projet est entré en service en 1987 avec la construction de l'Unité de Traitement de Gaz Associé (UTGA).

3. Présentation de l'Unité de Traitement des Gaz Associés (UTGA)

L'unité de traitement des gaz associés a été conçue pour la récupération des gaz initialement torchés au niveau des centres de séparation CS1,2,3,4,5 et du centre de séparation Amassak, les traiter par le processus de déshydratation et séparation des condensats. Une grande partie du gaz déshydraté est utilisée comme gaz lift, alors que le reste est envoyé pour la commercialisation par pipe line, vers Hassi- R'mel. Quant aux condensats (gazoline) ils seront injectés dans l'huile pour être traité dans d'autres centres spécialisés dans le raffinage.

L'unité de traitement des gaz associés (UTGA) regroupe la production Haute Pression (HP) et Basse Pression (BP) des centres de séparation CS1,2,3,4,5 et le centre d'Amassak, dans un réseau de collecte, dont les pressions d'arrivées sont de 6 bars

pour la production haute pression, et 0.8 bar pour la production basse pression comme il est indiqué dans la Figure.

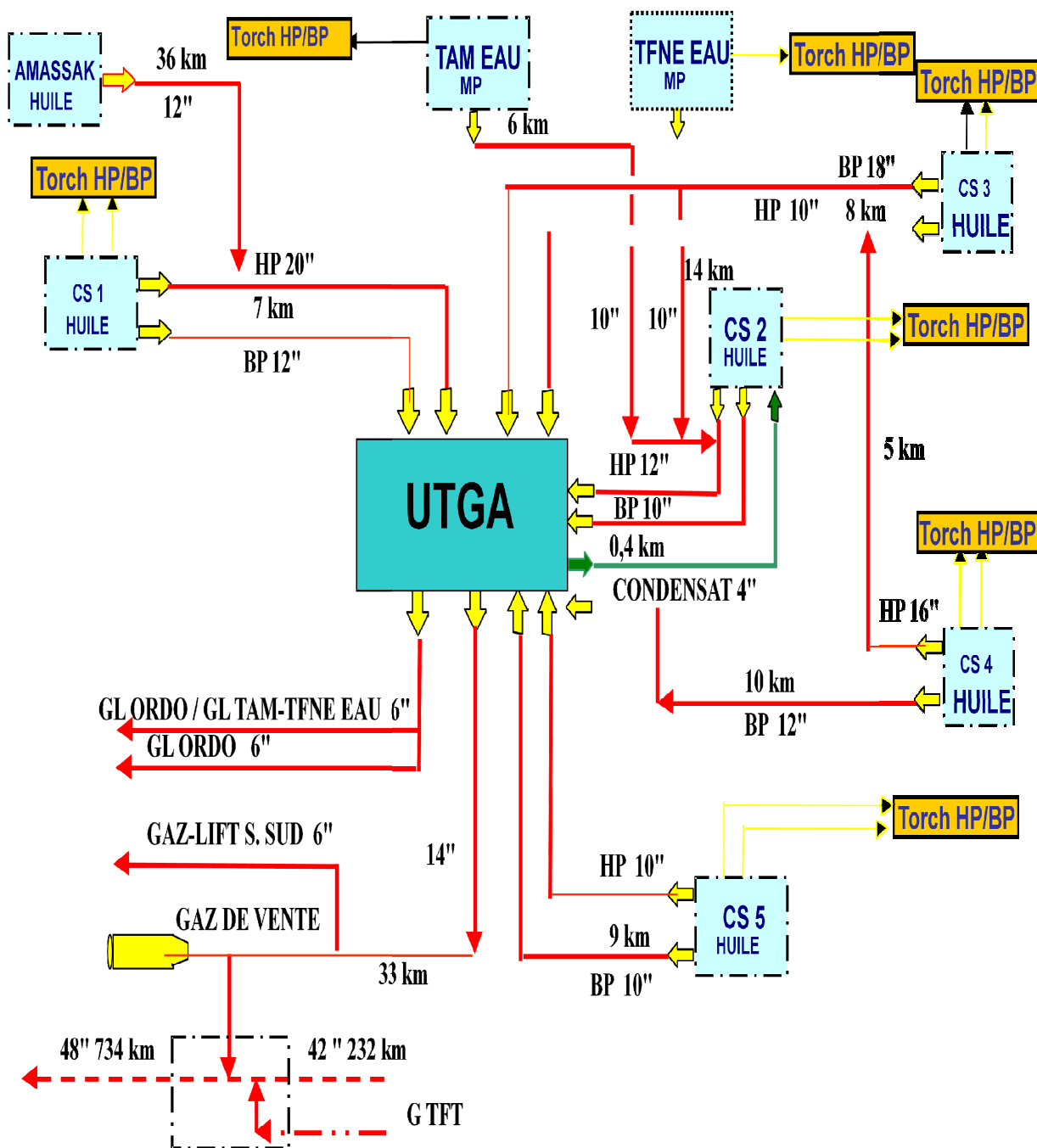


Figure 2 : les centres de séparation associés à l'UTGA

Gaz à haute pression (HP)

Les gaz à haute pression associés des centres de séparation CS1, 2, 3, 4,5 sont

réunis dans un collecteur d'entrée haute pression de la station par un réseau de collecte HP. Ces gaz collectés sont acheminés au séparateur d'entrée HP se situant dans la section de compression et boosting (D-101) pour la séparation des condensats.

Gaz à basse pression (BP)

Les gaz à basse pression associés des centres de séparation CS1, 2, 3, 4,5 sont réunis dans un collecteur d'entrée BP de la station par un réseau de collecte. Ces gaz collectés sont acheminés vers le séparateur d'entrée BP se situant dans la section de compression de gaz basse pression (D-201) pour une première séparation des condensats pour éviter que des liquides n'entrent dans le compresseur.

Introduction

Introduction générale

L'industrie pétrolière est considérée comme la base de notre économie nationale. L'Algérie est classée 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 est considérée comme une machine jouant un rôle très important dans l'industrie pétrolière, C'est pour cette raison qu'une attention particulière a été accordée à l'étude, la commande et la maintenance de cette machine.

Les turbines à gaz sont largement utilisées dans diverses applications dans notre pays.

Elles sont utilisées dans les centrales pour produire de l'énergie électrique et 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 sont en investigation continue. L'automate programmable reste toujours le meilleur outil de commande de la turbine.

L'API Triconex 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 la turbine à gaz General Electric MS5002c au niveau de son système de commande en se basant sur sa sûreté de fonctionnement et sa sécurité, puis nous allons proposer des solutions qui permettront d'augmenter les performances de cette turbine.

Le mémoire est constitué de quatre chapitres organisés comme suit :

- Dans le premier chapitre, nous allons faire la description de la turbine ainsi que son principe de fonctionnement.
- Dans Le deuxième chapitre on fera la description du système de commande actuel Speedtronic Mark2.

- Dans le troisième chapitre on procédera à l'étude de l'API Triconex Tricon avec son logiciel de programmation Tristation 1131.
- Dans le quatrième chapitre, nous parlerons sur la sécurité et la sûreté actuelle de la turbine puis proposer des améliorations pour ces deux dernières.
- Nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre I

Description et
Fonctionnement de
la Turbine à Gaz

Introduction

La turbine à gaz, aussi appelée turbine à combustion, est une machine thermique qui connaît actuellement un grand développement et une généralisation de son utilisation, compte tenu de ses excellentes performances (Rendement supérieur à 35% quant utilisée seule, et à 55% en cycle combiné). La turbine à gaz constitue un moteur à combustion interne à flux continu.

Il est important de rappeler que le terme de turbine à gaz provient de l'état thermodynamique du fluide qui reste toujours gazeux et non du combustible utilisé qui peut être aussi bien gazeux que liquide (les turbines à gaz utilisent généralement du gaz naturel ou des distillats légers).

Les Turbines à gaz sont très répandues dans l'industrie des hydrocarbures compte tenu des puissances unitaires développées très élevées et de simples adaptations à des régimes variables des processus d'exploitation. On peut citer aussi les modes de démontage en blocs qui permettent des périodes de fonctionnement entre maintenances de plus en plus élargies.

I.1. Description de la turbine

I.1.1. La turbine à Gaz

Une turbine à gaz (dénomination historique) appelée aussi turbine à combustion ou parfois turbine à gaz de combustion (dénomination la plus précise), est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne et dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique sous la forme de la rotation d'un arbre, directement à partir de l'énergie cinétique des gaz produits, par la combustion d'un hydrocarbure (fuel, gaz combustible...) qui subissent une détente dans une turbine. Le comburant, le plus souvent de l'air ambiant, est généralement comprimé avant de pénétrer dans la chambre de combustion en utilisant un compresseur rotatif entraîné par le même arbre que la turbine.

La turbine comporte deux roues séparées par la directrice à aubes variables ; la première roue (roue de la turbine HP) entraîne le compresseur axial ainsi que les auxiliaires attelés à l'arbre ; la deuxième roue (roue de la turbine BP) entraîne le compresseur centrifuge, chaque arbre est équipé de deux paliers.

Les roues HP et BP sont indépendantes mécaniquement l'une de l'autre, ce qui permet aux roues de tourner à des vitesses différentes, ceci est très important car les caractéristiques de fonctionnement du compresseur axial sont différentes de celles du compresseur centrifuge.

Les aubes de la directrice variable (NCE) actionnées par une commande hydraulique, varient simultanément selon le même angle, lorsqu'elles tournent pour s'ouvrir (+15°), la détente diminue dans la turbine basse pression, tandis que celle de haute pression augmente, par

conséquent la vitesse du compresseur axial augmente, le contraire se produit si les aubes tendent à se fermer (-5°).

Cette possibilité d'agir sur la répartition de la détente entre la roue basse pression et la roue haute pression et par conséquent sur la vitesse du compresseur axial offre les avantages suivants :

- La vitesse de l'arbre BP peut être réglée de 50% à 105% de sa vitesse nominale, indépendamment de la vitesse de l'arbre HP qui peut être réglée de 99% à 100% de sa vitesse nominale.
- Température d'échappement de la turbine peut être maintenue constante lorsque la charge varie.
- Possibilité de maintenir la température d'échappement constante même si la température ambiante et la pression atmosphérique varient dans certaines limites.
- Réduction de la puissance du moteur de la turbine de lancement.

I.1.2. Compartiments de la turbine à gaz

I.1.2.1 Compartiments principaux de la turbine

Les principaux compartiments de la turbine MS5002 sont :

- Le compresseur axial.
- Le système de combustion.
- La section turbine.
- La section échappement.

a. Le compresseur axial (16 étages)

Il fournit de l'air à haute pression aux chambres de combustion pour produire les gaz chauds nécessaires pour entraîner la turbine HP, il sert aussi de source d'air de refroidissement pour la directrice et les roues de la turbine.

b. Le système de combustion

Ce système comprend 12 chambres de combustion, deux bougies d'allumage, canal d'arrivée du combustible, les appareils de détection de flamme et un tube de propagation.

Le flux d'air à haute pression provenant du compresseur axial est refoulé aux chambres de combustion, la présence de combustible avec l'étincelle conduit à l'établissement de la flamme, formant ainsi des gaz chauds à haute pression et à haute température dirigeant vers la turbine HP à travers le tube de propagation.

c. La section turbine

La section turbine est l'élément actif de la machine entière, c'est elle qui produit la puissance soit à l'intérieur (compresseur axial et engrenage auxiliaire) par la roue HP, soit à l'extérieur (charge) par la roue BP.

Les roues de la turbine sont extrêmement importantes car c'est le lieu où l'énergie calorifique des gaz chauds provenant des chambres de combustion est convertie en énergie mécanique de rotation, produisant ainsi la puissance nécessaire pour entraîner la charge et le compresseur axial.

d. La section échappement

La section échappement est une structure rectangulaire en forme de boîte dans laquelle les gaz d'échappement de la turbine sont déchargés et diffusés. A partir de cette section, les gaz sont conduits vers l'atmosphère. Le compartiment échappement est situé à l'extrémité arrière de la turbine BP, elle contient douze thermocouples pour mesurer la température et six thermocouples d'excès de température.

I.1.2.2. Compartiments auxiliaires de la turbine

Ils sont extrêmement importants, car la fiabilité, la continuité de service et la durée de vie de la turbine dépendent en grande partie de leur caractéristique de précision, fiabilité et rapidité de réponse.

a. Système d'huile de lubrification

Le système d'huile de graissage doit fournir l'huile sous pression à tous les paliers de la turbine ainsi que l'accouplement, une partie d'huile est détournée vers le système de commande, de déclenchement et d'étanchéité.

b. Système d'air de refroidissement

Un des avantages des turbines à gaz est de ne pas exiger d'eau de refroidissement pour maintenir les parties les plus importantes de la machine à une température supportable pour les matériaux. Le refroidissement de ces parties chaudes est en effet assuré par la circulation d'air soutiré du 10ème étage et au refoulement du compresseur axial, l'air est envoyé dans les zones les plus chaudes de la turbine.

c. Système d'air d'étanchéité

Il réalise un barrage en amont et en aval de chaque palier de la turbine, en assurant ainsi l'étanchéité des vapeurs d'huile de lubrification vers l'extérieur ou vers l'intérieur de la turbine

pour éviter la pollution des aubes du compresseur axial et la carbonisation des surfaces des parties chaudes de la turbine.

d. Système du gaz combustible

Les turbines à gaz industrielles ont été conçues pour pouvoir fonctionner avec une gamme étendue de combustible. Le gaz doit arriver à la turbine sous pression, après un filtrage, à travers deux vannes situées en série : la vanne rapport/vitesse (SRV) et la vanne de contrôle du combustible (GCV). La SRV a la double fonction d'arrêter et de régler la pression de gaz en aval, elle est commandée par le système de protection de la turbine. A cette régulation il faut ajouter celle exercée par la GCV laquelle s'ouvre en fonction linéaire par rapport au signal VCE quelle reçoit de la commande Speedtronic.

e. Système de lancement

Comme toute machine à combustion interne, une turbine à gaz ne peut pas produire de couple à vitesse nulle. Un dispositif de lancement doit être employé pour lancer la turbine. Les exigences du couple pour le lancement de la turbine à gaz sont indiquées à la (figure 1).

A vitesse nulle, le couple nécessaire au décollage est très élevé à cause du frottement statique dans le système. Ce couple décroît rapidement lorsque l'effet de lubrification s'établissait pour une vitesse de quelques Tr/Min, puis le couple augmente à nouveau avec une vitesse croissante en raison de la puissance nécessaire pour entraîner le compresseur axial. Pour environ 20% à 25% de la vitesse nominale, le débit d'air est suffisant pour allumer la turbine à gaz de façon contrôlée, ce qui produit un certain couple dans la section turbine HP, et réduit donc les besoins du couple de lancement. Il faut encore fournir un certain couple après l'allumage pour atteindre une vitesse autonome, 60% de la vitesse nominale de la turbine HP où l'embrayage se désengage et le couple s'annule.

Un dispositif de lancement doit remplir trois fonctions :

1. Fournir un couple élevé à une vitesse nulle pour effectuer le décollage de la turbine.
2. Entraîner la turbine pas encore allumée jusqu'à une vitesse acceptable pour effectuer l'allumage.
3. Aider la turbine déjà allumée à atteindre la vitesse autonome, après le dispositif de lancement est débrayé de la turbine à gaz.

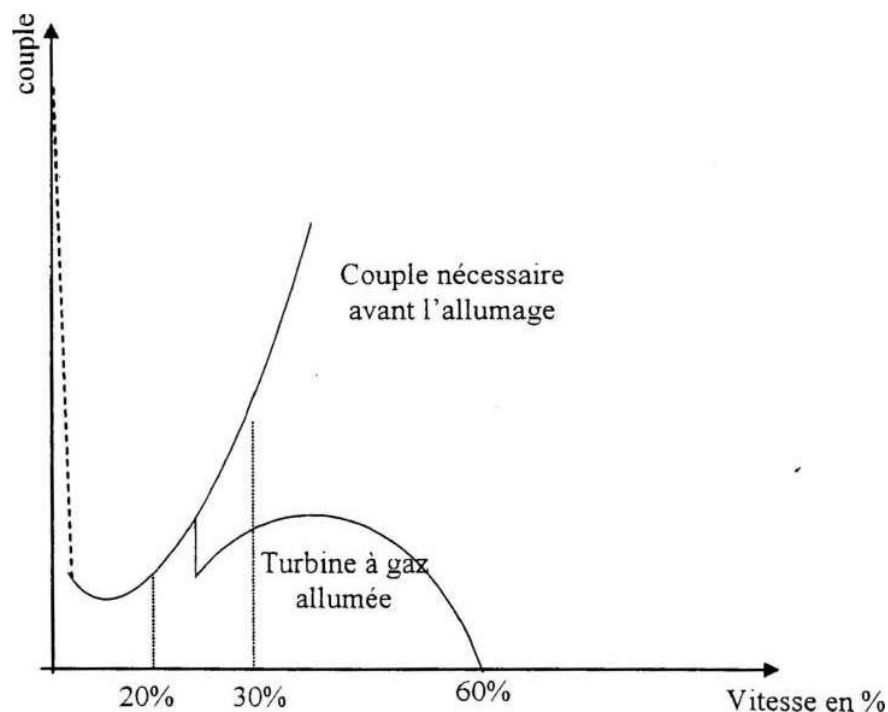


Figure 1.1 : Variation du couple en fonction de la vitesse de la turbine de lancement

I.1.3. Résumé des données de l'équipement

I.1.3.1. Données générales de conception

Série du modèle de turbine à gaz	MS-5002C LU H
Emploi de la turbine à gaz	Entraînement mécanique
Cycle.....	Simple
Rotation de l'arbre	Sens antihoraire
Type de fonctionnement.....	Continu
Vitesse d'arbre.....	5100 rpm haute pression et 4670 rpm basse pression
Commande.....	SPEEDTRONIC Mark II système de commande électronique monolithique.
Protection (types de base).....	Survitesse, température excessive, détection de vibrations et flammes
Mécanisme de refroidissement	Rouages intermédiaires à encliquetage
Atténuation des bruits.....	Amortisseurs de bruit à l'admission et à l'échappement selon les exigences du champ.

I.1.3.2. Puissance nominale de plaque (à O.M.A.S.L.)

Rendement de base.....38000 HP - condition ISO

Température d'admission 59F

Pression d'échappement.....14,7 PSI

I.1.3.3. Section compresseur

Nombre d'étages du compresseur16

Type du compresseur Flux axial, grande capacité

Fendage du corps Bride horizontale

Type des aubes directrices..... Variable

I.1.3.4. Section turbine

Nombre d'étages de la turbine.....2 (deux arbres)

Fendage du corps.....Horizontal

Injecteurs premier étage.....Zone fixe

Injecteurs deuxième étage.....Variables

I.1.3.5. Section combustion

Type.....12 brûleurs multiples, type flux inverse

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

Injecteur combustible.....Type combustible gazeux 1 par chambre

Bougies.....2, type électrode, injectées à ressort, auto-rétractables

Détecteur de flammes.....4, type ultraviolette

I.1.3.6. Ensemble palier

Quantité.....4

Lubrification.....Sous pression

Ensemble palier no. 1

(Positionné dans l'ensemble carcasse

d'entrée).....Actif et inactif de butée et lisse, tous dans un seul ensemble

Palier lisse.....Elliptique

Butée active.....Amortisseur pivotant, auto égalisation

Butée inactive.....Appui conique

Ensemble palier no. 2

(positionné dans le corps de
déchargement du compresseur).....Lisse, elliptique

Ensemble palier no. 3

(positionné dans le bâti d'échappement)Lisse, amortisseur pivotant

Ensemble palier no. 4

(positionné dans le bâti d'échappement)....Butée et lisse actif et inactif, tous contenu dans
un seul ensemble.

Palier lisse.....Amortisseur pivotant

Butée active.....Amortisseur pivotant, auto égalisation

Butée inactive.....Amortisseur pivotant, non égalisation

I.1.3.7. Système de démarrage

Dispositif démarreur.....Turbine à détente

Type de rouage intermédiaire.....Libre avec encliquetage à dispositif hydraulique

I.1.3.8. Système du combustible

Type.....Gaz naturel

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

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

I.1.3.9. Système de lubrification

Lubrifiant.....A base de pétrole

Capacité totale.....23530LTS litres

Pression du collecteur sur les appuis.....25 PSI (1,72 Bar)

Pompe principale de graissage.....Actionnée par arbre, intégrale avec engrenage
accessoire.

Pompe auxiliaire de graissage.....Actionnée par moteur, verticale immergée, type
centrifuge de puisard.

Pompe de graissage d'urgence.....Actionnée par moteur, verticale immergée, type
centrifuge de puisard.

I.1.3.10. Filtre (Fluide de graissage)

Type.....En circuit principal/avec vanne de transfert

Quantité.....Double

Type de cartouche.....Filtrage 25 micron, fibre anorganique.

I.1.3.11. Système d'alimentation hydraulique

Pompe principale hydraulique.....Actionnée par engrenage accessoire, piston axiale à déplacement variable.

Pompe auxiliaire hydraulique.....Actionnée par moteur, type rotor à engrenages

I.1.3.12- Filtre(s) hydrauliques d'alimentation

Type.....En circuit principal

Quantité.....Double avec vanne de transfert

I.2. Fonctionnement de la turbine a gaz

I.2.1. Principes de fonctionnement de la turbine à gaz

Le rotor de compresseur / turbine à haute pression est porté initialement à 20% vitesse par un dispositif de démarrage. L'air atmosphérique, entré dans le compresseur, est porté dans les chambres de combustion où le combustible est livré sous pression. Une flamme à haute tension allume le mélange combustible - air. (Une fois allumées, la combustion continuera dans les chambres.) Les gaz chauds augmentent la vitesse du rotor compresseur / turbine à haute pression.

Cela, à son tour, augmente la pression de refoulement de compresseur. Lors que la pression commence d'augmenter, le rotor de la turbine à basse pression commence à tourner et les deux rotors de turbine accélèrent à la vitesse de fonctionnement. Les produits de combustion (les gaz à haute pression et haute température) se dilatent, au commencement à l'intérieur de la turbine à haute pression et puis à l'intérieur de la turbine à basse pression et sont évacués dans l'atmosphère.

Pendant que les gaz expansés passent par la turbine à haute pression et provoquent une chute sur les aubes de turbine, ils font tourner la turbine; tournant donc, le compresseur et appliquant un couple de sortie aux accessoires commandés. Les gaz font tourner aussi la turbine à basse pression avant l'échappement; tournant, donc le charge. Le rotor tourne dans le sens d'horloge lorsqu'il est observé du côté d'aspiration.

I.2.2. Comportement thermodynamique de la turbine à gaz

L'air à température ambiante est comprimé par le compresseur axial entraîné par la turbine HP, Après la compression(1 $\rightarrow$ 2), l'air pénètre dans les chambres de combustion où, en réagissant avec le combustible, il atteint la température maximale du cycle (point 3) à pression

constante, puis il se détend sous forme de gaz brûlés à travers les étages de la turbine (3 → 4). Il s'agit d'un cycle simple ouvert ou bien cycle de Brayton.

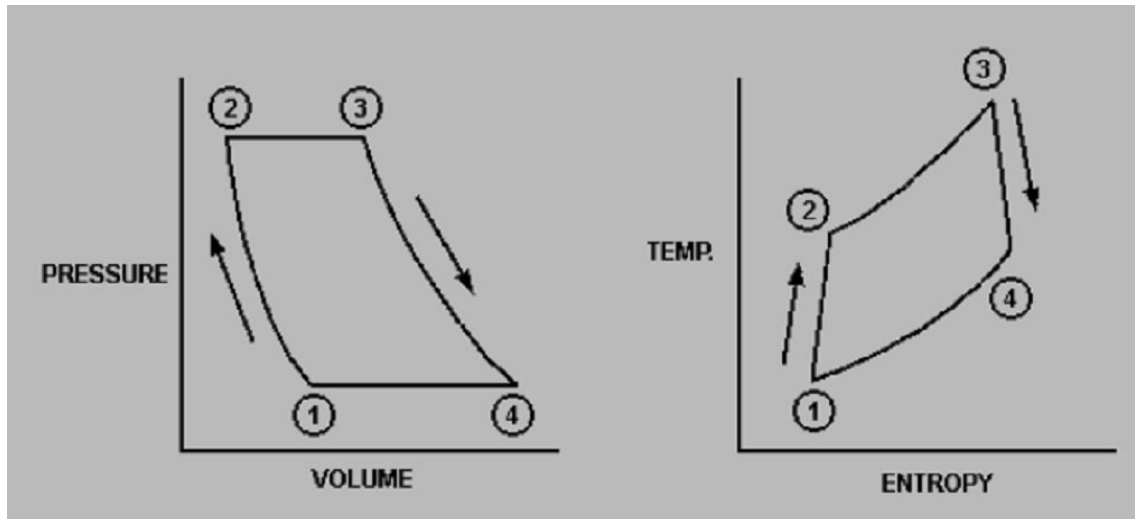


Figure 1.2 : Cycle de BRAYTON

a- Puissance de la turbine

Pour effectuer la compression de l'air il faut effectuer un travail, qui est en terme de chaleur (passage de l'air de l'état 1 à l'état 2).

$$W_c = C_p \times (T_2 - T_1) \quad [\text{Kcal/Kg}] \quad (1)$$

Avec :

T_1 : Température ambiante en $^{\circ}\text{C}$.

T_2 : Température à la sortie du compresseur axial en $^{\circ}\text{C}$.

C_p : Chaleur spécifique de l'air à pression constante en $[\text{Kcal/Kg } ^{\circ}\text{C}]$,

Le travail produit par la détente du gaz dans la turbine est :

$$W_t = C_p (T_3 - T_4) \quad [\text{Kcal/Kg}]$$

T_3 : Température à l'admission de la turbine HP en $^{\circ}\text{C}$,

T_4 : Température à l'échappement en $^{\circ}\text{C}$.

Le travail fournit à l'extérieur par la turbine est :

$$Q = w_t - W_c$$

La puissance de la turbine est :

$$N = G * Q = G * C_p (T_1 + T_3 - T_4 - T_2)$$

Ou G le débit massique de l'air (Kg/h), Q énergie calorifique échangée par unité de masse (J/kg),

b- Rendement de la turbine

Le rendement de la turbine est :

$$\eta_t = (W_t - W_c)/C_p * (T_3 - T_2) = (T_3 + T_1 - T_4 - T_2)/(T_3 - T_2)$$

I.2.3. Facteurs influençant sur le rendement et la puissance de la turbine

Le rendement et la puissance augmentent en fonction d'élévation de température T_3 , tel que tous les 50°C d'élévation de la température, il y a une augmentation de puissance environ 10% et une amélioration du rendement environ 1,5%.

La température ambiante (T_1).

La pression atmosphérique (P_1).

Les pertes de charges à l'aspiration du compresseur axial.

I.2.4. Fonctionnement

I.2.4.1. Régulation de démarrage

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

I.2.4.2. Prêt au démarrage

L'activation du commutateur de fonctionnement maître activera le circuit prêt. Si tous les verrous des circuits de protection et de déclenchement sont réinitialisés, les voyants "STARTUP STATUS" (Statut démarrage) et "READY TO START" (Prêt à démarrer) S'allumeront indiquant que la turbine acceptera un signal de démarrage.

I.2.4.3. Démarrage des auxiliaires

Le signal de démarrage active les équipements auxiliaires (démarrage du système d'huile de lubrification, fermeture des clôtures de ventilation, démarrage du système d'huile d'étanchéité, mais aussi l'activation des pompes d'huile de graissage et démarrage du système d'huile hydraulique si nécessaire) ce qui excite le circuit de contrôle et de protection maître qui permet la pressurisation du système d'huile de déclenchement.

Avec ce circuit l'embrayage de démarrage est automatiquement engagé, et la turbine de lancement commence à tourner.

Dès que la roue HP commence à tourner, il y'a la perte du signal vitesse nulle et l'excitation du solénoïde d'embrayage et l'arrêt du vireur hydraulique.

I.2.4.4. Purge

Le L14HM indique que la turbine tourne à la vitesse requise (20% de la vitesse HP) pour la purge adéquate et un allumage des chambres de combustion. Le temporisateur L2TV de purge est lancé 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.

I.2.4.5. Allumage et préchauffage

L'accomplissement du cycle de purge a permis le passage du combustible, l'allumage des bougies, la définition du VCE du niveau d'allumage et le lancement du temporisateur de mise à feu. Quand les détecteurs de flammes indiquent que la flamme a été établie dans les chambres de combustion, l'horloge de préchauffage démarre et le signal de commande de combustible est réduit au niveau VCE "WARM UP" (PRECHAUFFAGE). Le délai de préchauffage est prévu pour minimiser les contraintes thermiques des parties chaudes pendant la partie initiale du démarrage.

Si la flamme n'est pas établie avant la fin de la temporisation de mise à feu, le flux de combustible est suspendu. L'unité peut recevoir un autre signal de démarrage mais l'allumage sera retardé par la temporisation pour éviter l'accumulation de carburant dans des tentatives successives.

I.2.4.6. Accélération vers la vitesse opérative

A la fin de la période de chauffage, la régulation de démarrage rampe le VCE à une cadence prédéterminée jusqu'à atteindre la limite d'accélération. A approximativement 60- 65% TNH, la turbine se désaccouple du dispositif de démarrage.

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

I.2.4.7. Séquence complète et prêt à la charge

Une fois que le contrôle de vitesse VCE est activé, on procède au test des auxiliaires.

Si tous les signaux sont OK alors la turbine démarrera et on reçoit le signal de rotation de la turbine, sinon on refait le test.

En actionnant le sélecteur principal sur Manuel la vitesse de la BP sera contrôlée par la commande mark 2.

I.2.4.8. Demande d'arrêt normal

Lorsque le sélecteur principal est en Remote (à distance) c'est à l'opérateur d'arrêter la machine, si oui alors la séquence d'arrêt débutera sinon on procède à l'arrêt des auxiliaires.

Alors que si on met le sélecteur en Manuel, auto, crank ou fire, l'arrêt se fait par le mark 2, si oui on procède à l'arrêt des auxiliaires sinon c'est la séquence d'arrêt qui débutera.

I.2.4.9. Séquence d'arrêt

Un arrêt normal est initié en cliquant sur la cible "STOP" (Arrêt).

Si le disjoncteur de l'alternateur est fermé lorsque le signal d'arrêt est initié, la Référence de vitesse de turbine (TNR) effectue un décompte pour (L14LS=0), la turbine décélère jusqu'à atteindre la vitesse min de la HP (L14HS=0) ce qui activera les systèmes d'huile de lubrification et hydraulique si les flammes sont détectées les vannes seront fermées et les temporisations de ventilation, refroidissement de l'huile de lubrification et de la turbine seront déclenchées.

I.2.4.10. Séquence de refroidissement de la turbine

Une fois que la turbine est à l'arrêt, le vireur hydraulique démarre et active la temporisation de refroidissement à la fin on aura le signal L63CD=1 alors le système d'huile de lubrification, vireur hydraulique et l'huile d'étanchéité seront désactivés.

I.2.4.11. Demande de déclenchement

Se référer au déclenchement des auxiliaires.

I.2.4.12. Séquence de déclenchement

Le déclenchement se fait soit par l'opérateur ou le système Mark 2 lors du fonctionnement de la turbine.

Le signal L4=0 (master protectif) fermera la vanne du fuel gaz et ouvrera « la vanne de vent » et les temporisations de ventilation, refroidissement de l'huile de lubrification et de la turbine ainsi que la dépressurisation seront déclenchées.

I.3. les signaux de commande de la turbine à gaz

I. Prêt au démarrage des auxiliaires

GE Tag	Description	Système	Logique
27MC	Tension normal dans la MCC	Divers	Vrai
80X	Tension min de la batterie 110 V -ALM		Faux
86PS	Défaut d'alimentation 24V DC -ALM		faux
K74	Défaut des moteurs dans la MCC -ALM		faux
49QE	Surcharge de la 88QE -ALM	Huile de lubrification	Faux
27QE	Sous tension de la 88QE -ALM		Faux
L71QL W	Niveaux bas du réservoir -ALM		Faux
L26QN W	Température normale du réservoir		Vrai
49HR	Surcharge du moteur du vireur	Vireur hydraulique	Faux
27HR	Sous tension du moteur du vireur		Faux
L86HD	Problème de protection de l'huile	Huile de contrôle	Faux
33AF-1	Ouverture des chambres à filtre au démarrage inhibées	Filtre d'admission	Vrai
86PJ	Disfonctionnement du filtre à air		Vrai
L26BA	Haute température des clôtures de la turbine -ALM	Ventilation	Faux
33BA	Clôtures de la turbine ouvertes		Faux
45HA	Clôtures du gaz -ALM	Protection F&G	Faux
33CP	Vannes des réservoirs du CO ₂ fermées		Faux
33CP-2A & 2B	Vannes des réservoirs du CO ₂ ouvertes		Faux
3FT	Défaut du système de détection du feu — ALM		Faux
3HA	Défaut du système de détection du gaz – ALM		Faux
L43CP I	Système anti incendie inhibé		Faux
33CR-1 14A/B	Fins de course des réservoirs du CO ₂ libres		Faux
45CP-A/B	Réservoir principal du CO ₂ déchargé		Faux
L63FGH W	Haute pression du fuel gaz -ALM	Fuel gaz	Faux

2. Démarrage accepté

GE Tag	Description	Système	Logique
52QA	Signal de retour de la pompe aux d'HL	Huile de lubrification	Vrai
L63QT	Basse pression voté -Déclenchement		Faux
L63QA2L W	Basse pression –ALM		Faux
L63QAL W	Basse pression décharge de pompes -ALM		Faux
L63HQ1L W	Alarme de basse pression	Huile hydraulique	Faux
L63HQL	Basse pression voté - Déclenchement		Faux
52HQ	Signal de retour de la pompe aux d'HH		Vrai
52BA-1/2	Signal de retour des ventilateurs	Ventilation	Vrai
L63BT W	Basse pression différentielle turbine -ALM		Faux

3. Prêt à la purge

GE Tag	Description	Système	Logique
L71QL W	Niveau bas du réservoir - ALM	Huile de lubrification	Faux
52QA	Signal de retour de la pompe aux d'HL		Vrai
L63QA2L W	Basse pression -ALM		Faux
L63QAL W	Basse pression décharge de pompes -ALM		Faux
L26QN W	Température normale du réservoir		Vrai
L63HQ1L W	Alarme de basse pression	Huile hydraulique	Faux
L63HQL	Basse pression voté - Décl		Faux
52HQ	Signal de retour de la pompe aux d'HH		Vrai
L63FGL W	Basse pression du fuel gaz -ALM	Fuel gaz	Faux

4. Prêt à la mise en feu

GE Tag	Description	Système	Logique
L63HQ1L W	Alarme de basse pression	Huile hydraulique	Faux
L63HQL	Basse pression voté - Décl		Faux
L63FGL W	Basse pression du fuel gaz -ALM	Fuel gaz	Faux

5. Prêt à la charge

GE Tag	Description	Système	Logique
52QA	Signal de retour de la pompe aux d'HL	Huile de lubrification	Faux
72QEZ	Pompe d'urgence arrêtée		Vrai
52HQ	Signal de retour de la pompe aux d'HH	Huile hydraulique	Faux

6. Arrêt normal des auxiliaires

GE Tag	Description	Système	Logique
L63TF	Haute pression différentielle des filtres d'admission -Arrêt voté	Admission et filtres	Vrai
L30WSA_SD	Espace entre roues - Arrêt	Protection de la turbine	Vrai

7. Déclenchement des auxiliaires

GE Tag	Description	Système	Logique
27MC	Tension normal de la MCC	MCC	Faux
80X	Tension de la batterie min (110V) - ALM	DCP	Vrai
L26QT	Température élevée - Déc voté	Huile de lubrification	Vrai
L63QTX	Basse pression - Déc voté		Vrai
27QE	Sous tension pompe d'urgence - Déc		Vrai
L63QVT	Très haute pression des réservoirs		Vrai
L63HQLX	Basse pression - Déc voté	Huile hydrau	Vrai
L63CO TRP	Basse pression - Déc voté	Huile control	Vrai
L26TBT	Températures des roulements	Protection	Vrai
L3SMTX	Dispositifs de démarrage - Déc	Divers	Vrai
L26BT	Très haute température des clôtures	Ventilation	Vrai
L86BA	Problèmes des ventilateurs		Vrai
45FT	Détection de feu	Protection feu & gaz	Vrai
45FK1	Détection de feu dans le compresseur		Vrai
45CP-A/B	Décharge des réservoirs du CO ₂ turbine		Vrai
45FP1	Décharge des réservoirs de poudre		Vrai
ASHH-45HT	Détection de gaz turbine		Vrai
ASHH-45HK	Détection de gaz compresseur		Vrai
5ESD-1/2	Boutons poussoirs d'arrêt d'urgence		Vrai
L3SFLT	Défaut du système de contrôle - Déc	UCS	Vrai
HS-PB1	Arrêt de la pressurisation manuel		Vrai
HS-PB2	Arrêt de la dépressurisation manuel		Vrai

I.4. Evolution historique des systèmes de commande des turbines à gaz

1-Fonctions de commande

L'évolution des fonctions de commande de turbine a suivi de près l'évolution de la technologie de réalisation des circuits de commande. On a commence par la simple régulation de vitesse de l'arbre et on a fini par une longue liste des fonctions :

- a- Contrôle de séquences, surtout de démarrage et d'arrêt, ce qui culmine par une autonomie complète de l'opération de la turbine "opération non-assistée".
- b- Relevé des paramètres importants, qui concernent :
 - La sécurité
 - L'économie
 - La qualité
 - Les émissions
- c- Affichage des paramètres importants pour le soin de l'opérateur
- d- Alarme
- e- Déclenchement automatique (trip)
- f- Régulation

- g- Limitation
- h- Enregistrement
- i- Analyse des registres de mesures
- j- L'auto-diagnostic
- k- Le reportage

2. Conception du système de commande d'une turbine a gaz

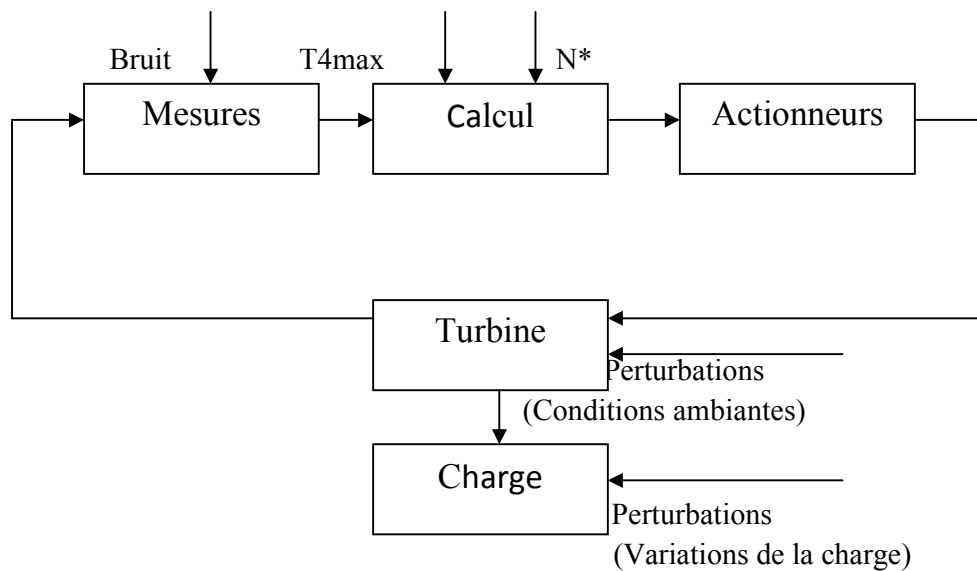


Figure 1.3 : Système de commande d'une turbine a gaz

a. Module de mesure

Les mesures ont commencé par des mesures mécaniques, car le calcul était aussi mécanique. Ensuite, les mesures de sortie électronique ont donné la possibilité d'intégration directe avec le calculateur électronique analogique et puis le calculateur numérique.

b. Module de calcul

Calcul mathématique

Le calcul mathématique a commencé analogique mécanique puis hydromécanique, puis électronique analogique puis numérique puis à microprocesseur.

Calcul logique

Le calcul logique aussi est passé par plusieurs étapes d'évolution technologique : Logique mécanique.

Logique électrique.

Logique a diodes.

Logique a transistors discrets.

Logique a circuits intégrés et portes logiques.

Puis sont apparus les autres éléments électroniques de contrôle de séquences comme les bascules.

Logique a software.

c. Module d'actionneurs

Les actionneurs sont en général une sorte d'amplificateurs et de convertisseurs. Ils convertissent l'énergie d'une forme a une autre et amplifient le signal de sortie du calculateur qui est généralement faible pour le faire un signal de forte puissance capable de manipuler des énergies parfois très colossales. L'amplification peut être sur plusieurs étages.

3. Système de commande de la turbine a gaz en service de turbogénérateur

Aujourd'hui tous les calculs mathématiques et logiques sont faits par des logiciels (software). Le rôle du Hardware est minimisé et limité à ce qui est vraiment nécessaire. Un exemple est la chaîne de mesure à partir de la sonde jusqu'au convertisseur A/D et la chaîne d'action à partir du convertisseur D/A.

Cependant, on peut se recourir à quelques calculs parallèles électroniques ou même mécaniques et cela pour des raisons telles que l'amélioration de la sécurité en utilisation des moyens multiples avec des technologies différentes.

Un exemple est la protection de survitesse de l'arbre de la turbine. La protection est faite au moyen de trois technologies en parallèle :

- Chaîne logicielle : mesure de vitesse – calculs a logiciel dans le microprocesseur– signal de commande de carburant.
- Chaîne électronique : mesure de la vitesse – circuit de comparaison électronique “Hardware”- signal de fermeture de carburant.
- Chaîne mécanique : over-speed bolt – rochet – vanne de coupure de carburant (fuel shut-off valve).

Chapitre II

Description de
l'Automatisation
de La Turbine Par
Mark II

Introduction

Afin de pouvoir améliorer les performances de la turbine il est nécessaire de connaître son système de contrôle de base, et puis passer vers un system de commande plus performant et optimisé qui minimise les failles de l'ancien système.

II.1. Etude du système de commande speedtronic Mark 2

I.1.1. Introduction

Les conditions fondamentales requises pour assurer la commande d'une turbine à gaz sont restées inchangées depuis l'introduction de la première turbine à gaz GENERAL ELECTRIC en 1948 pour la production de courant. Ce sont les méthodes par lesquelles les commandes sont obtenues qui ont changé avec le temps, au fur et à mesure que de nouvelles technologies se sont développées.

La commande des turbines à gaz se fait en contrôlant la quantité de combustible introduite dans le système de combustion de la turbine à gaz. Pendant la période de lancement, des limites maximales de combustible sont sélectionnées pour établir la flamme, tout en empêchant la turbine d'atteindre des températures qui pourraient nuire à son fonctionnement. Lorsque la vitesse d'exploitation normale a été atteinte, le combustible est ajusté-pour répondre aux besoins du régulateur de vitesse, et les limites fixées pour le combustible lors du lancement sont enlevées. La température à l'échappement est mesurée et sert d'indication pour la température d'admission de la turbine. Lorsque la température maximale admissible pour le fonctionnement a été atteinte, le combustible arrivant à la turbine est limité.

Plusieurs systèmes de protection sont incorporés dans le système global de commandes pour couper l'arrivée du combustible de façon à protéger la turbine dans les cas où des états anormaux se présentent. Les systèmes de protection primaires sont: survitesse, excès de température, extinction de la flamme, vibrations élevées, perte d'huile de graissage. D'autres défaillances de systèmes sont aussi ajoutées.

SPEEDTRONIC est la marque de commerce déposée pour la commande électronique des turbines à gaz de GENERAL ELECTRIC. Il y a trois modèles principaux de SPEEDTRONIC, ainsi que plusieurs sous-modèles. Le premier modèle était le SPEEDTRONIC MARK I, introduit en 1968. En 1975 la version MARK II entrait en production.

II.1.2. Description de l'armoire de commande de la turbine

Ce qui suit décrit les principaux composants situés dans l'armoire de commande de la turbine, de haut en bas.

II.2.2.1. Description de l'Avant d'une Armoire de commande de la turbine



Figure 2.1 : Avant d'une armoire de commande Mark 2

1. Annonceur

Le panneau de signalisation indique si l'équipement fonctionne mal ou présente des défauts. Il contient les circuits et les voyants qui permettent de signaler 40 états d'alarme, et 20 points supplémentaires peuvent être incorporés en deux blocs de 10 points chacun. D'autres options sont disponibles. Tous les états d'alarme sont du type à accrochage et vont continuer à signaler même si l'état d'alarme n'était que momentané. L'alarme doit être constatée et peut être réarmée après avoir pris des mesures correctives, à l'aide de boutons-poussoirs appropriés situés sur le panneau avant. L'annonceur a une séquence de clignotement du type "le premier qui est signalé". La section Systèmes de protection contient une description plus détaillée.

L'annonceur dispose de trois boutons-poussoirs dont les fonctions sont:

- Essai des lampes (Lamp Test) - Sert à vérifier que les lampes d'annonceur et que les commandes de ces lampes fonctionnent correctement.
- Réarmement des alarmes (Alarm Reset) - Sert à reconnaître des alarmes, et à arrêter le signal sonore tout en faisant passer le voyant de clignotant à stable. Ceci permet aussi à une alarme ultérieure de se mettre à clignoter.
- Réarmement des lampes (Lamp Reset) - Ceci éteint la lampe d'alarme si la situation qui a provoqué l'alarme a été corrigée.

2. Indicateur de vitesse de la turbine

Ce dispositif montre à l'opérateur la vitesse de fonctionnement de la turbine en tours par minute ou en pourcentage. Sur les unités à deux arbres, deux indicateurs sont utilisés.

3. Indicateurs de la température à l'échappement

Ce cadran indique le signal sortant de l'amplificateur de commande de température du Speedtronic. U peut être utilisé pour indiquer la moyenne des thermocouples de régulation ou la sortie de chaque voie de protection contre les températures excessives, par simple sélection du bouton-poussoir d'essai approprié. Cette indication a pour but de permettre le contrôle du système de commande. L'indicateur de température principal doit être utilisé pour déterminer la température vraie à l'échappement.

4. Température de l'indicateur: Conventionnel, de type numérique ou enregistreur

Cet instrument de précision est utilisé pour lire la sortie des thermocouples de l'unité, comme:

- Refoulement du compresseur

- Espace de roue
- Echappement - moyenne
- Echappement - sélectif (soit système de commande, soit système de protection)
- Système d'huile de graissage

5. Voyants d'indication

- a. Relais de vitesse - Il y a des ensembles doubles avec des indications de deux vitesses par ensemble sur les premières versions. Sur les versions les plus récentes, ce sont des ensembles simples avec une seule lampe qui sont fournis. Sur les modèles les plus récents, il s'agit de commutateurs du type 'Appuyer pour vérifier'. La lampe s'allume lorsque la vitesse de la turbine dépasse la vitesse préétablie. Ces vitesses indiquées sont les points b à f ci-dessous.
- b. Vitesse nulle (14HR) - La lampe verte est allumée lorsque la vitesse de la turbine est supérieure-à la vitesse nulle.
- c. Vitesse minimale ou d'allumage (14HM) - La lampe verte s'allume lorsque la turbine a atteint sa vitesse d'allumage.
- d. Vitesse pour combustible d'accélération (14HA) - La lampe verte s'allume lorsque la turbine a atteint sa vitesse d'accélération.
- e. Arrêt des dispositifs de lancement (14HC) - Certaines unités disposant d'un embrayage du type hydraulique ont besoin d'un relais de vitesse supplémentaire qui sert à arrêter le dispositif de lancement entre 14HA et 14HS.
- f. Vitesse de fonctionnement (14HS) -- La lampe verte s'allume lorsque la turbine a atteint la vitesse de régulation.
- g. Indication de flamme - Les lampes ambres d'indication de flamme sont allumées chaque fois qu'une flamme est détectée dans la chambre de combustion spécifiée. Chaque voie de détection de flamme a sa propre lampe indicatrice.
Le mode contrôlant le signal de combustible détermine laquelle des quatre lampe-: suivantes est allumée.
- h. Lancement - La lampe bleue s'allume pendant le lancement si le combustible est commandé par les limites de combustible fixes pour l'allumage, l'accélération, le préchauffage, et pendant la commande de taux d'accélération de combustible.
- i. Accélération - La lampe ambre s'allume lorsque le combustible est commandé par le taux d'accélération de l'unité. Le taux d'accélération normal sur la plupart des turbines est de 1%

par seconde. Le taux d'accélération des MS7000 est de 0,5% par seconde.

- j. Vitesse - Une lampe verte s'allume lorsque l'unité est en régulation de vitesse.
- k. Température - Une lampe rouge s'allume lorsque le combustible est commandé par le niveau de température à l'échappement de la machine. Ceci peut se produire en cours de lancement et se produira à la charge maximale.
- l. Vérification (prêt au lancement) - Une lampe verte indique que l'unité est prête pour un lancement immédiat. La lampe va s'éteindre lorsque l'unité aura démarré.
- m. Prêt (Lancement) - La lampe blanche s'allume pour indiquer que les commandes ont reçu un signal de lancement. La lampe va s'éteindre lorsque la séquence de lancement est terminée.
- n. Lampe de séquence en cours d'exécution - Cette lampe ambre indique que la procédure de lancement ou d'arrêt est en cours, ou que le rochet ou le système de virage fonctionne pour refroidir la turbine.
- o. Lampe d'auxiliaires en fonctionnement - Cette lampe ambre indique que la pompe d'huile de graissage auxiliaire fonctionne et que le système à rochet est en fonctionnement si la vitesse de l'unité est égale à zéro.
- p. Séquence complète - Cette lampe rouge indique que la séquence de lancement de la turbine est terminée. La turbine est en régulation de vitesse et peut être chargée.

Des lampes supplémentaires peuvent être ajoutées selon les besoins, comme par exemple:

- a. Commande de température IGV
- b. Commande de vitesse Basse Pression
- c. Commande d'injection de vapeur

6. Point de consigne de régulateur

Indique le point de consigne du régulateur en pourcentage de la vitesse nominale. Indicateur VCE Le cadran VCE indique le signal de sortie du Speedtronic se rendant au système de dosage du débit de combustible. Deux volts, quatre unités VCE, correspondent à "zéro" combustible. Dix volts, vingt unités VCE correspondent au débit maximal du combustible.

7. Compteur du temps de fonctionnement

Enregistre, les heures totales cumulées pendant lesquelles la turbine à gaz a été allumée. Certaines machines peuvent aussi disposer de compteurs supplémentaires d'heures de

fonctionnement qui enregistrent divers modes de fonctionnement, comme le fonctionnement en pointe et en réserve de pointe.

8. Module de vérification et de calcul de moyenne des thermocouples

Le boîtier de calcul de la moyenne des thermocouples reçoit les entrées de thermocouples provenant des thermocouples échappement et en fait la moyenne pour l'utiliser dans la commande de température à l'échappement et dans les systèmes de protection. Chaque thermocouple est connecté au système à travers un commutateur de sélection à trois positions dont les fonctions sont les suivantes:

- a. REJET (REJECT) - Cette position est utilisée pour déconnecter les thermocouples défectueux du système.
- b. MOYENNE (AVERAGE) - C'est la position normale des commutateurs. Dans cette position, le signal du thermocouple est envoyé dans le système de calcul de la moyenne.-
- c. VERIFICATION (CHECK) - Cette position enlève le thermocouple du circuit du calcul de la moyenne et envoie le signal dans le commutateur de sélection de thermocouple sur le Sélecteur de Thermocouple. En plaçant le commutateur de sélection de thermocouple dans la position appropriée, la valeur à l'échappement de ce thermocouple s'affiche, en particulier sur l'indicateur de température principal.

Le module contient la compensation pour la soudure froide pour les voies de commande de température et les protections contre les températures excessives.

Il existe plusieurs versions du coffret de calcul des moyennes des températures, selon le modèle de turbine commandé et la "génération" de l'armoire.

9. Sélecteur de Thermocouple

Ce commutateur à positions multiples est utilisé pour choisir le signal de thermocouple qui sera envoyé sur l'indicateur de température, Article 4. La liste des thermocouples est conçue pour identifier la position du commutateur et l'attribuer à un thermocouple en particulier.

- ALLUMAGE (FIRE) - Lorsque le commutateur est dans cette position, un signal de démarrage va amener la machine à sa vitesse minimale et établir la flamme dans les chambres de combustion. Si l'on déplace le commutateur à la position FIRE alors que la machine est sur CRANK, on va provoquer la séquence d'allumage et établir la flamme dans les chambres de combustion.
- AUTO (AUTO) - Lorsque le commutateur est dans cette position, un signal de

lancement amènera la machine à sa vitesse de fonctionnement. Si l'on amène le commutateur de la position FIRE à la position AUTO, on permet à la machine d'accélérer jusqu'à sa vitesse de fonctionnement.

- A DISTANCE (REMOTE) - Lorsque le commutateur est dans cette position, la commande "démarrage-arrêt et charge" pour l'unité est transférée à un tableau de commande distant de l'armoire de commande de la turbine. Des points supplémentaires peuvent être ajoutés.

10. Sélecteur de charge

Ce commutateur est utilisé pour sélectionner la charge de la turbine en fonction de la température à l'échappement. Le commutateur sert à sélectionner la régulation de température de base ou de pointe. Les lampes indicatrices au-dessus du commutateur signalent quel a été le mode sélectionné: base (vert), pointe (rouge).

11. Commutateur sélecteur de combustible

Ce commutateur est utilisé pour déclencher un transfert d'un combustible à un autre, ou pour fonctionner à partir d'un mélange de combustible. Les lampes indicatrices au-dessus du commutateur signalent quel est le combustible sélectionné: gaz (blanc), distillé (ambre) et mélange (blanc et ambre en même temps). Des commutateurs de sélection pour trois combustibles sont aussi disponibles, pour gaz-distillé-huile résiduelle.

12. Bouton-poussoir d'arrêt d'urgence

Lorsqu'on appuie momentanément sur ce bouton-poussoir, on supprime immédiatement l'arrivée de combustible et on arrête la turbine.

13. Commutateurs de commande pour l'opérateur

a. Commutateur de démarrage à prise de charge rapide

Quand on appuie sur ce bouton, on provoque un lancement avec une séquence de prise de charge rapide.

b. Commutateur de commande principal

Ce commutateur est utilisé pour provoquer le démarrage ou l'arrêt normal. Le commutateur est muni d'un ressort qui le ramène en position neutre.

c. Commutateur principal de sélection de fonctionnement

Il s'agit d'un commutateur à cinq positions, qui comprend les fonctions suivantes:

ARRET (OFF) - Cette position inhibe un signal de démarrage de turbine.

LANCEMENT (CRANK) - Lorsque le commutateur est dans cette position, un signal de démarrage amènera la machine à sa vitesse minimale.

14. Description d'une "Page SPEEDTRONIC IL"

Le tableau dit "page SPEEDTRONIC " est situé dans la moitié inférieure de l'armoire de commande. En ouvrant la porte montée sur des charnières ,on peut accéder aux cartes de commande SPEEDTRONIC utilisées pour obtenir la commande de séquence .les contrôles et les protections de la turbine à gaz .Cette partie du système SPEEDTRONIC est désignée par l'appellation "page 1L" L'ensemble est divisé en rangées et fentes .chaque rangée étant identifiée par une lettre, de droite à gauche .La combinaison d'une rangée et d'une fente identifie l'emplacement de la position d'insertion d'une carte SPEEDTRONIC donnée

II.1.2. Arrière de l'armoire de commande de la turbine

La figure 3.2 montre l'arrière du tableau de commande. Sur cette photo, la moitié supérieure de la porte à été ouverte afin de montrer le module de signalisation et ses cartes de commande des voyants, l'arrière des instruments, le coffret de calcul de moyenne des thermocouples, les voyants de séquence et de commande ,et les commutateur.

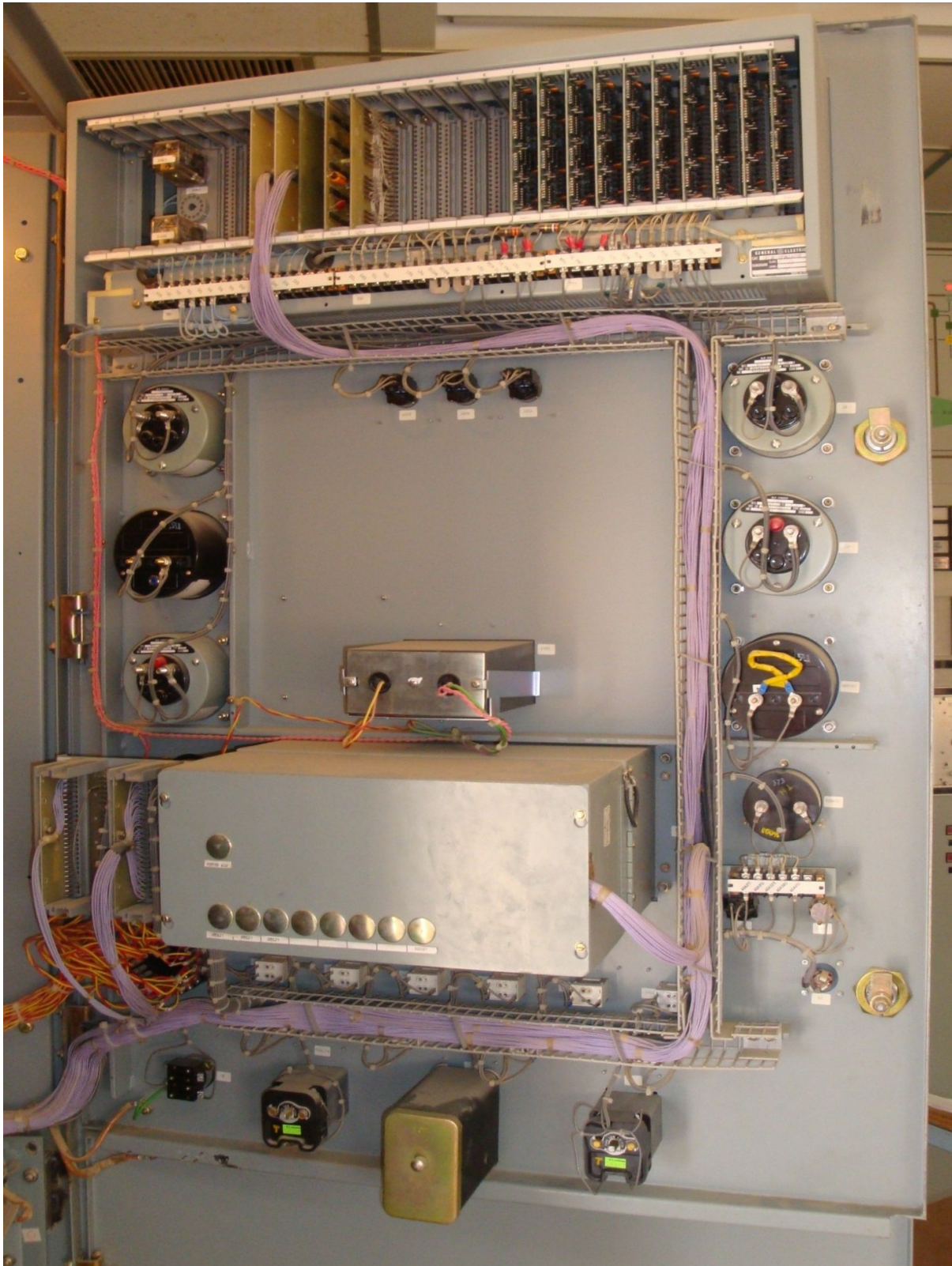


Figure 2.2 : Arrière de l'armoire de commande Mark 2

II.2. Fonctions d'un système Speedtronic

Commande (comprend les voyants)	Protection (contrôleur-alarme-déclenchement)	Mise en séquence (comprend les voyants)
Mise en route	Survitesse	Lancement normal
Vitesse HP et BP	Température excessive	Lancement rapide
Accélération	Vibration	Lancement multiple
Température et taux	Flamme	Arrêt normal
Directrice variable	Terre, ouvert et court- circuit	Arrêt d'urgence
Combustible liquide et gazeux	Indication de vitesse	Détection vitesse zéro
Pulsation	Indication temps	Détection vitesse allumage
Charge	Indication de vibration	Détection de vitesse synchro
Manuel	Signalisation	Ignition
Défaillance: le processus continue; redondance par association	Défaillance: la turbine s'arrête; redondance double	Défaillance: la turbine s'arrête; fiabilité maximum du lancement.
	Alimentation	
Entrée multiple	Sortie redondante	Tolère les défaillances

II.3. Les différents types de commande

II.3.1. Commande de démarrage

La commande de démarrage est utilisée pendant la période comprise entre le moment où la turbine à gaz part de sa position au repos et le moment où elle va passer sous commande de vitesse. La commande de démarrage fournit les quantités de combustible maximales permises (VCE) en fonction de la vitesse de la turbine ou en fonction du temps.

Les valeurs maximales fixées pour VCE sont:

- ZERO (ZERO). Lorsque la turbine est arrêtée ou avant l'allumage.
- ALLUMAGE (FIRE). Lorsque la turbine est à la vitesse d'allumage, et que l'ignition est requise. Suffisamment de combustible pour établir une "flamme" et la "propagation de l'allumage".
- RECHAUFFAGE (WARM-UP). Immédiatement après l'allumage pour une période de temps fixe. Maintient la "flamme" et permet aux pièces froides de la turbine d e réchauffer graduellement, ce qui réduit les contraintes thermiques.
- ACCELERATION (ACCELERATE), La quantité maximale de combustible avant de passer sous CONTROLE DE VITESSE. Le changement entre RECHAUFFAGE et ACCELERATION se fait à un "taux exponentiel" contrôlé.
- MAXIMUM (MAXIMUM). La plus grande quantité de combustible que COMMANDE DE VITESSE peut demander si elle en a besoin. Le transfert vers MAXIMUM se fait après que la turbine soit passée en COMMANDE DE VITESSE et soit prête à être chargée.
- MINIMUM (MINIMUM). La plus faible quantité de combustible que COMMANDE DE VITESSE peut demander. Couramment appelée "COMBUSTIBLE MINIMAL AVANT EXTINCTION", c'est la quantité la plus faible de combustible qui parviendra à maintenir la "Flamme", mais sera insuffisante pour maintenir la "vitesse".

La figure 2.3 représente la programmation du combustible, et le VCE, par rapport à la vitesse de la turbine.

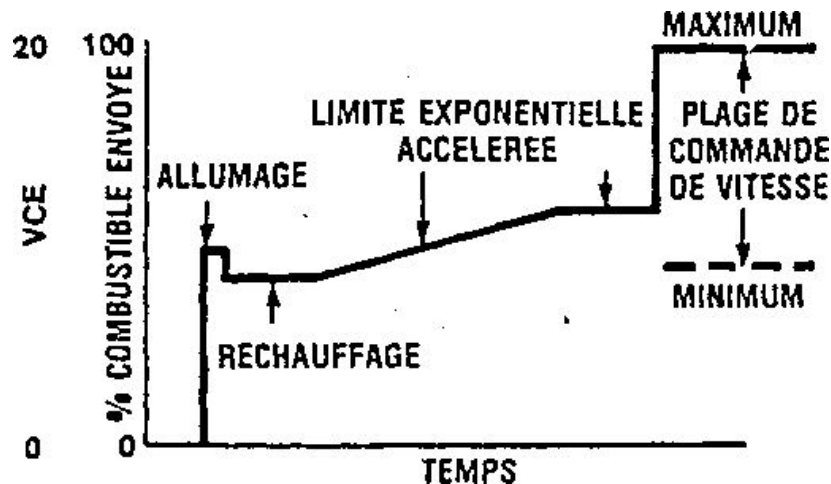


Figure 2.3 : Caractéristique typique d'une commande de lancement

II.3.2. Commande de vitesse

Le régulateur ou COMMANDE DE VITESSE compare la vitesse réelle de la turbine, ou sa charge, à ce qui est demandé par le point de consigne ou "vitesse demandée". COMMANDE DE VITESSE va faire varier le VCE selon les besoins pour maintenir la vitesse réelle à la vitesse du point de consigne. Dans le SPEEDTRONIC, le point de consigne est appelé PT CONS NUM, abréviation de Point de Consigne Numérique.

Pour les unités d'entraînement de générateur, la plage des vitesses est normalement comprise entre 95% et 107% de la vitesse nominale.

Les turbines, à arbre unique à entraînement mécanique ont normalement une plage des vitesses comprise entre 80% et 105% de la vitesse nominale.

Il y a deux types de "caractéristiques" de régulateurs disponibles avec le SPEEDTRONIC: "ISOCHRONE" et "STATISME".

La caractéristique "ISOCHRONE" est normalement utilisée avec une turbine à entraînement mécanique. Ce type de "caractéristique" maintient une vitesse constante pour chaque POINT DE CONSIGNE, indépendamment des changements de charge.

La caractéristique "STATISME" est normalement utilisé avec des turbines à entraînement de générateur. Pour un POINT DE CONSIGNE fixé, la vitesse de la turbine diminue lorsque la charge augmente, et la vitesse augmente lorsque la charge diminue. Lorsque plusieurs turbo-

générateurs sont connectés au même réseau électrique, cette caractéristique permet à l'opérateur ; sélectionner la quantité de charge supportée par chaque unité en changeant le "POINT DE CONSIGNE NUMERIQUE". En outre, si la charge du système (fréquence) change, chaque unité sur le système va apporter sa contribution sans changer "PT CONS NUM". Remarquer que si la vitesse de la turbine et PT CONS NUM sont fixes, le régulateur est équilibré à un VCE (charge) fixe.

De temps en temps, lorsqu'un générateur est exploité "isolé" du système, la caractéristique "ISOCHRONE" peut avoir à être utilisée. La commande de vitesse peut faire varier le VCE entre "minimum " et "maximum" selon les besoins.

La figure 2.4 représente un régulateur avec un statisme de vitesse avec une caractéristique de charge. L'axe vertical est la vitesse demandée ou PT CONS NUM. L'axe horizontal est le combustible ou la charge, VCE/MW. Les valeurs sont: combustible minimal avant extinction, pleine vitesse à vide, valeur nominale et maximum global.

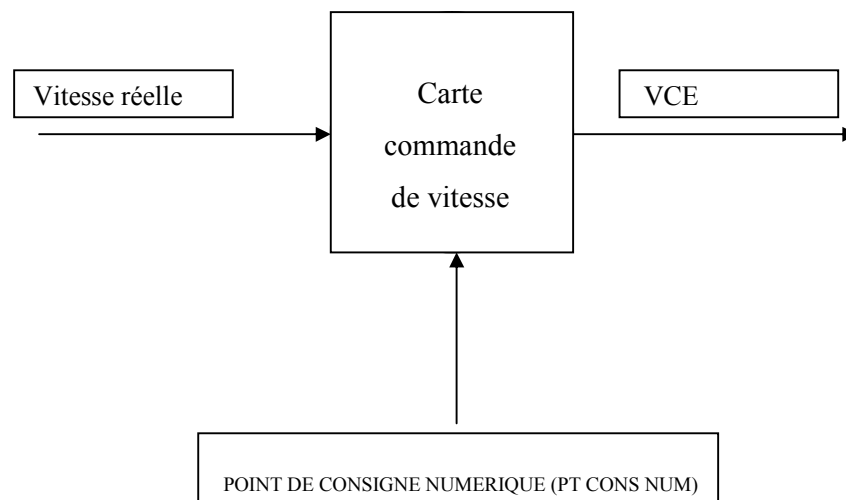


Figure 2.4 : Schéma du principe de la commande de vitesse

II.3.3. Commande de température

Les températures internes de la turbine à gaz changent lorsque le débit de combustible et d'air changent.

Pour chaque turbine, il y a une température maximale interne qui ne doit pas être dépassée en principe, car si elle est dépassée la durée de vie des pièces en sera réduite. Cette

"température à l'admission" n'est pas la température vraie de la flamme, mais elle se définit comme la température moyenne du gaz entrant dans la directrice du premier étage de la turbine (se trouve aussi être la même que la température totale de gaz au bord d'attaque de l'aube du premier étage).

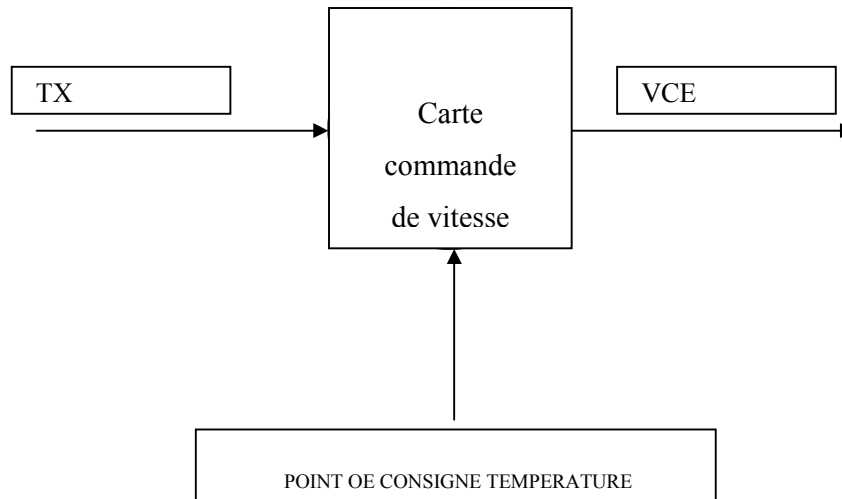


Figure 2.5 : Schéma du principe de la commande de température

II.3.4. Système de protection

Le système de protection à redondance est conçu pour faire déclencher la turbine aussi bien du point de vue électrique que mécanique lorsque des paramètres critiques ont été dépassés ou qu'une défaillance est survenue sur un équipement critique. Ces systèmes protecteurs sont contrôlés durant la mise en route et pendant que la turbine est en exploitation. Un système d'alarme indique le moment où l'on approche des niveaux critiques et chaque fois que l'équipement se comporte de façon anormale.

Conclusion

Suite à notre étude du système Mark 2, et après avoir illustré ses caractéristiques ainsi son mode de fonctionnement, on s'est aperçu qu'il est limité, ce qui nous a induit à proposer un autre système nommé TRICON.

Chapitre III

Etude de l'API
Tricon et son
logiciel Tristation
1131

Introduction

L'automate programmable industriel API est aujourd'hui le constituant le plus répondu des automatismes. On le trouve dans tous les secteurs de l'industrie. Il répond aux besoins d'adaptation et de flexibilité de nombres d'activités économiques actuelles.

Dans ce chapitre qui suit, nous allons présenter l'automate programmable TRICON.

III.1. Etude du système TRICONEX Tricon

III.1.1. Définition de l'Automate Programmable Industriel (API)

Les API (en anglais Programmable Logic Controller, PLC) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués.

Un API se distingue d'un calculateur par le fait qu'il s'agit d'un système électronique programmable spécialement adapté pour les non-informaticiens, Il est en général destiné à être mis entre les mains d'un personnel dont la formation a été surtout orientée vers l'électronique. L'API s'est substituée aux armoires à relais en raison de sa souplesse (mise en œuvre, évolution...), mais aussi parce que dans les automatisations de commande complexe, les coûts de câblage et de mise au point devenaient trop élevés.

Les automatismes sont réalisés en vue d'apporter des solutions à des problèmes de nature technique, économique ou humaine:

- Eliminer les tâches dangereuses et pénibles, en faisant exécuter par la machine les tâches humaines complexes ou indésirables.
- Améliorer la productivité en asservissant la machine à des critères de production, de rendement ou de qualité.
- Piloter une production variable, en facilitant le passage d'une production à une autre.
- Renforcer la sécurité en surveillant et contrôlant les installations et machines.

On distingue dans tout système automatisé la machine ou l'installation et la partie commande constituée par l'appareillage d'automatisme. Cette partie commande est assurée par des constituants répondant schématiquement à quatre fonctions de base:

- L'acquisition des données.
- Le traitement des données.
- La commande de puissance.
- Le dialogue homme machine.

L'automate programmable industriel est un appareil qui traite les informations selon un programme préétabli.

Son fonctionnement est basé sur l'emploi d'un microprocesseur et de mémoires.

Parmi les fabricants des automates dédiés à la sécurité on trouve TRICONEX, HIMA, ROCKWEL (SafetyGuard), HONEYWELL, ABB, SIEMENS.

1. Triconex

TRICONEX, est un automate programmable d'Invensys, un leader mondial en gestion de la performance des actifs dans le secteur industriel. Les objectifs sont à la fois la sécurité (typiquement SIL 3 selon IEC 61508). Le Triconex est utilisé dans des installations à sécurité critique, ou le niveau de sécurité exigé est très élevé tel que les installations de raffinage, de traitement de gaz, les turbomachines, installations nucléaires...

Depuis que son commencement en 1983, la compagnie a installé des milliers de systèmes de sécurité et solutions du contrôle critique dans une large variété d'industries et d'applications. Aujourd'hui, TRICONEX, opèrent globalement dans plus de 7000 installations. TRICONEX est le Système de Sécurité du Système du Contrôle de l'Entreprise Infusion.

III.1.2. Architecture Triplée Modulaire Redondante (TMR) de TRICON

Le système TRICON TMR est composé de trois systèmes de contrôle parallèles distincts intégrés dans un même ensemble matériel. Le vote des données logiques de types deux sur trois garantit un fonctionnement en continu à haut niveau d'intégrité et sans erreur.

Pour l'utilisateur, le système TRICON constitue un seul ensemble matériel, ce qui permet de développer ainsi qu'un seul programme d'application et de le charger dans les trois processeurs en une seule opération. Les signaux au niveau des modules d'entrée sont échantillonnés et traités par trois chaînes indépendantes puis transmis aux trois processeurs par des chemins de communication distincts. Une fois le programme d'application exécuté, les modules de sortie effectuent un vote de type 2 sur 3, ainsi les valeurs calculées des sorties transmises par les trois modules processeurs, puis envoient le résultat aux borniers de sorties et de là aux organes à commander sur site. (Voir Figure 3.1)

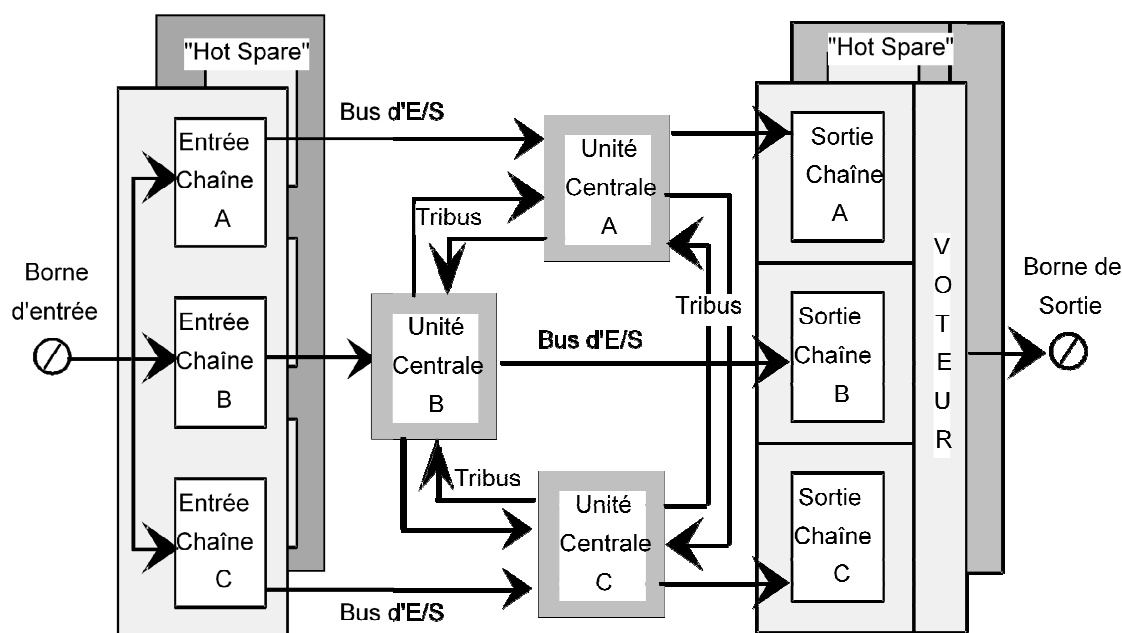


Figure 3.1: Architecture Triplée Modulaire Redondante (TMR).

III.1.2.1. Principe de fonctionnement

Le TRICONEX est un système tolérant aux fautes grâce à son architecture Triplée Modulaire Redondante TMR. Le TRICONEX garantit un contrôle en continu, sans erreur en cas de défaillance des composants d'origines internes ou externes.

Le TRICONEX a été conçu autour d'une architecture triplée totale, depuis les points d'entrées jusqu'aux points de sorties en passant par les processeurs principaux.

Chaque module d'entrée/sortie contient trois chaînes de traitement redondantes et indépendantes. Chaque chaîne de traitement des modules d'entrées lit les données du procédé et transmet cette information au module processeur principal auquel elle est rattachée. Les trois processeurs principaux échangent leurs données par l'intermédiaire du bus à haute vitesse appelé TRIBUS.

Une fois par période de scrutation, les trois processeurs principaux se synchronisent et communiquent entre eux par le TRIBUS. Le TRIBUS vote les données d'entrées logiques, compare les données de sorties et envoie une copie des valeurs d'entrées logiques à chaque processeur principal (Figure 3.2). Les processeurs principaux exécutent le programme d'application et transmettent les valeurs calculées aux modules de sorties. Outre le vote des données d'entrées, le TRICONEX vote également les données de sorties. Cette opération est effectuée au niveau des modules de sorties juste en amont des borniers de raccordement ce qui

permet de déceler et corriger toute erreur éventuelle entre le vote au niveau du TRIBUS et de la sortie.

Pour chaque module d'entrée/sortie, il est possible de loger une pièce de rechange à chaud, qui prend la main si une faute est détectée au niveau du premier module en activité. La pièce de rechange à chaud peut aussi être utilisée pour la maintenance de tout module de même modèle qui manifeste un défaut n'importe où dans la configuration du système.

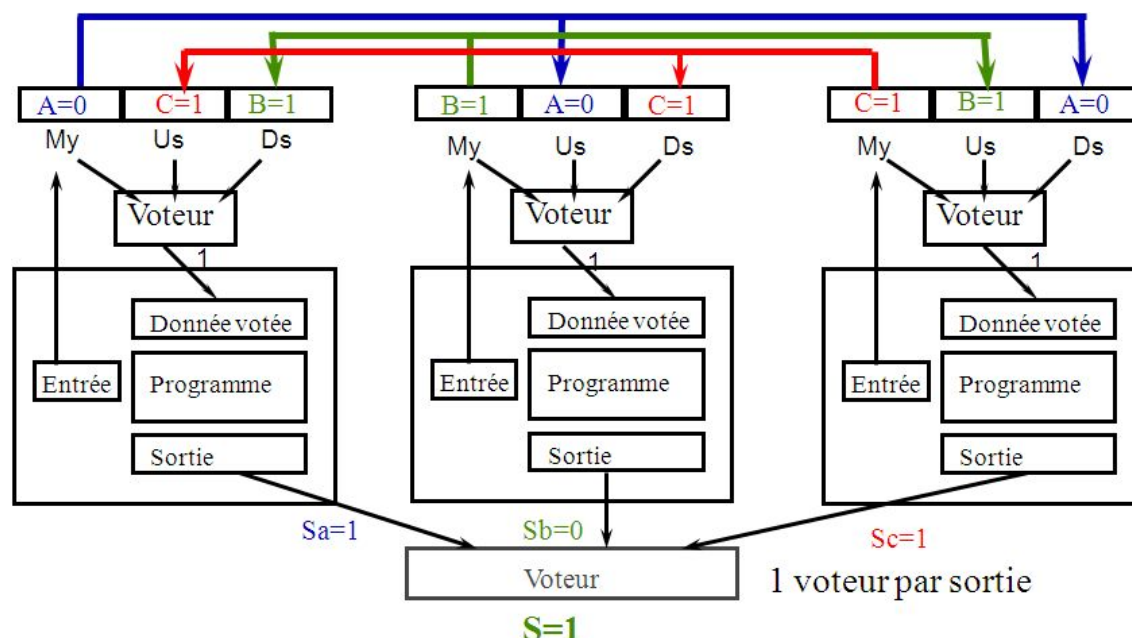


Figure 3.2 : Illustration du système de vote de TRIBUS

III.1.2.2. Configuration du système

Les systèmes de la version 9 existent sous deux formes de configuration : Les systèmes mono châssis avec un seul châssis principal haute densité et des systèmes multi-châssis qui peuvent intégrer jusqu'à 15 châssis au total. Les configurations suivantes existent :

- Châssis principal haute densité : Ce châssis héberge trois processeurs principaux et prévoit un emplacement pour un module de communication (sans option pour les pièces de rechange à chaud) et six emplacements fonctionnels pour les modules d'entrée/sorties.
- Châssis d'extension haute densité : ce châssis héberge des modules d'entrées/sorties supplémentaires qui peuvent être déportés jusqu'à 30 mètres du châssis principal. Chaque châssis est constitué de huit emplacements fonctionnels pour les modules d'entrées/sorties

chaque emplacement est pourvu de deux rails, l'un pour le module actif, l'autre pour la pièce de rechange à chaud.

- Châssis RXM haute densité : ce châssis héberge les modules d'entrées/sorties supplémentaires qui peuvent être déportés jusqu'à 12 kilomètres du châssis principal. Chaque châssis RXM compte trois modules RXM (primaires ou secondaires) et six emplacements fonctionnels pour les modules d'entrées/ sorties. Chaque emplacement est pourvu de deux rails, l'un pour le module actif, l'autre pour la pièce de rechange à chaud.

III.1.2.3. Bus système et distribution de l'alimentation

Trois bus systèmes triplés sont gravés sur le fond de panier du châssis : le TRIBUS, le bus d'entrées/sorties et le bus de communication COMM.

Le TRIBUS est composé de trois liaisons série indépendantes qui fonctionnent à 4 Mbaud. Les fonctions du TRIBUS sont les suivantes :

- Rendez-vous des processeurs au début de chaque cycle ;
- Gère la rééducation automatique des processeurs ;
- Vote les informations discrètes (logiques) entre les processeurs et positionne un bit de discordance
- Transfère et vote les A.I (Analogique Input) entre les processeurs
- Transfère les diagnostics et les données programmes entre les processeurs.
- Transfère les messages de communications entrants entre les processeurs.

Il convient de noter que le TRICON permet grâce à son architecture TMR qu'une même mesure, en provenance d'un transmetteur unique, d'un paramètre du procédé soit échangée entre les trois modules processeurs principaux. Ainsi, cette caractéristique garantit que les données reçues sont identiques pour tous les processeurs.

Chaque module d'entrée/sortie transfère les signaux des capteurs ou des organes à piloter via le bornier de raccordement qui lui est associé. Chaque emplacement d'un châssis est constitué de deux sous-emplacements ou rails qui logent le module en activité et la pièce de rechange à chaud. Le même bornier de raccordement et les mêmes voies du bus d'entrées/sorties sont utilisés quel que soit le module opérationnel.

Les modules de droite et de gauche fonctionnent de manière active où assure la fonction de pièce de rechange à chaud alternativement toutes les heures.

III.1.2.4. Bus systèmes sur fond de panier, châssis principal TRICON et bus de distribution

Les câbles de connexion sont reliés aux connecteurs du bornier au-dessus du fond de panier du châssis. Chaque connexion s'étend du bornier de raccordement à un module d'entrée/sortie actif et à la pièce de rechange à chaude associée (Figure 3.3).

Par conséquent les deux modules reçoivent les mêmes signaux à travers le même câblage.

Le bus d'entrées/sorties à 375kbaud assure le transfert des données entre les modules d'entrées/sorties et les processeurs principaux. Le bus d'entrées/sorties triplé se situe sur la partie inférieure du fond de panier. Chaque chaîne de bus d'entrées/sorties relie l'un des trois processeurs principaux et la chaîne correspondante des modules d'entrées/sorties. Le bus d'entrées/sorties peut être étendu entre les châssis avec un jeu de trois câbles.

Le bus de communication COMM à 2 Mbaud relie, les processeurs principaux et les modules de communication et permet l'échange d'informations vers les autres systèmes TRICON en réseau ou vers des systèmes hôtes.

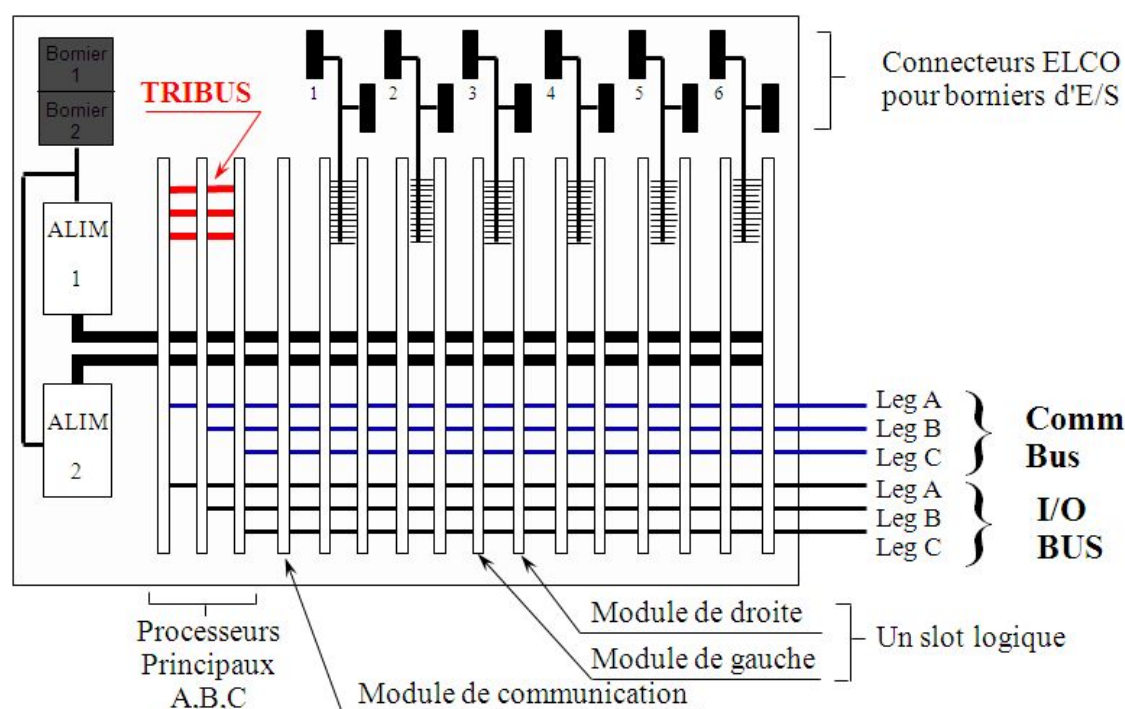


Figure 3.3 : Illustration de fond du panier du TRICON

III.1.3. Modules d'alimentations

L'alimentation du châssis est distribuée par deux rails d'alimentation distincts situés sur la partie centrale du fond de panier. Par ailleurs chaque module est équipé d'un circuit de régulation dual. Une défaillance au niveau d'un module ou d'un rail d'alimentation n'a aucune incidence sur la performance du système (Figure 3.4).

➤ **Caractéristiques :**

- ✓ Alimentations duales, chacune est capable de supporter la charge du châssis ;
- ✓ Alarme de température ;
- ✓ Alarme de pile de sauvegarde ;
- ✓ 2 régulateurs par chaînes (6 par module)
- ✓ Immunité totale au bruit.
- ✓ Changement de l'unité en ligne.

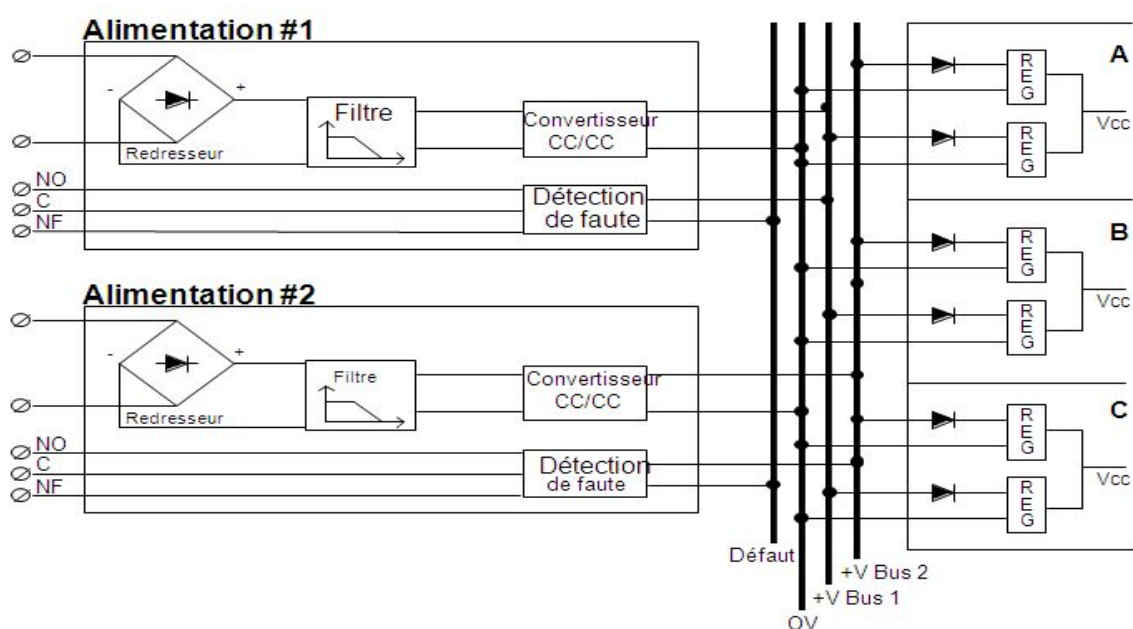


Figure 3.4: Architecture des modules d'alimentation.

III.1.4. Modules processeurs principaux

Un système TRICON comporte trois modules processeurs principaux ou Main Processeur MP, chacun contrôle l'une des trois chaînes distinctes du système. Chaque processeur

principal fonctionne en parallèle avec les deux autres, comme un membre d'une triade (Figure 3.5).

Un microprocesseur de communication d'entrées/sorties dédié sur chaque processeur principal gère les données échangées entre les modules processeurs principaux et les modules d'entrées/sorties. Un bus d'entrées/sorties triplé situé sur le fond de panier du châssis est étendu d'un châssis à l'autre par l'intermédiaire des câbles du bus d'entrées/sorties.

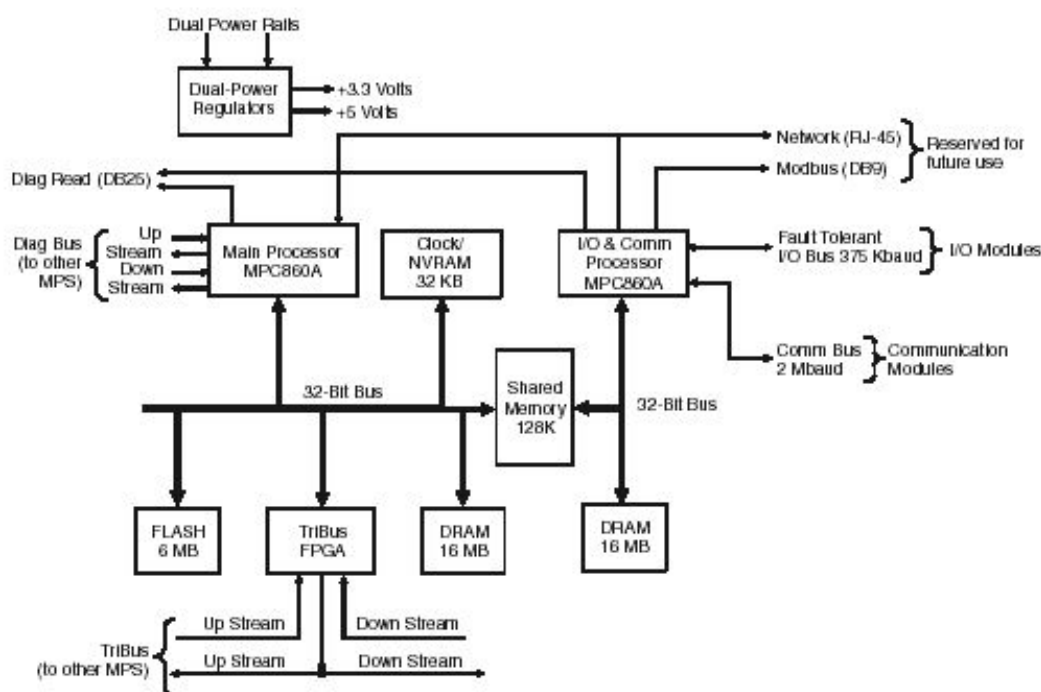


Figure 3.5: Architecture de processeur principal (modèle 3008)

Au début de chaque période de scrutation, les points d'entrées sont échantillonnés à la demande des trois modules processeurs principaux, via les trois chaînes du bus d'entrées/sorties. Les données de chaque modules d'entrées sont collectées dans une table au niveau de chaque processeur principal et stockées en mémoire afin d'être utilisées lors du vote.

La table d'entrées de chaque processeur principal est transférée aux deux processeurs principaux adjacents par l'intermédiaire du TRIBUS. Le vote physique des valeurs d'entrées logiques est effectué pendant le transfert. Le TRIBUS a recours à une unité programmable d'accès mémoire directe pour synchroniser, transmettre, voter et comparer les données entre les trois processeurs principaux.

En cas de point de désaccord, la même valeur du signal trouvée dans des trois tables prévaut et la troisième table est corrigée en conséquence. Le système TRICON est capable de distinguer les différences ponctuelles dues aux variations de synchronisation de la période d'échantillonnage des différences répétées. Les trois modules processeurs principaux assurent la maintenance des données lorsque des corrections sont nécessaires dans la mémoire locale. Toute disparité est repérée et exploitée à la fin de la période de scrutation par les routines de l'analyseur de fautes intégré afin de déterminer l'existence et la localisation d'un possible faute.

Après le transfert et les corrections éventuelles lors du vote des valeurs d'entrées par le TRIBUS, les résultats obtenus sont utilisés par les processeurs principaux comme les nouvelles entrées du programme d'application. (Le programme d'application est développé dans la Tristation 1131 et téléchargé dans les processeurs principaux.) Le microprocesseur principal 32 bits et le co-processeur arithmétique de chacun des trois modules exécutent en parallèle le programme d'application. Au fur et à mesure de l'exécution du programme d'application, une table des valeurs de sorties est générée.

A partir de la table des valeurs de sorties, le processeur de communication d'entrées/sorties de chaque processeur principal génère des sous-tables, chacune correspondant aux valeurs de chaque point de sortie d'un même module. Chacune de ces sous-tables est transmise par chaque chaîne au module de sortie à travers le bus d'entrées/sorties. Ainsi, le processeur principal A transmet la sous-table qui convient à la chaîne à de chaque module de sorties via le bus d'entrées/sorties A. La transmission des données de sorties est prioritaire sur l'opération d'échantillonnage de tous les modules d'entrées/sorties.

Le processeur de communication d'entrées/sorties traite les données échangées entre les modules processeurs principaux et ceux de communication à travers le bus de communication qui supporte le mode « *broadcas* ».

La capacité mémoire SRAM est de 2 M octets pour chaque module processeur principal modèle 3006, des systèmes TRICON V9, et de 1 M octet seulement pour chaque module processeur principal modèle 3008 des systèmes TRICON V9 mono-châssis. Dans la mémoire SRAM réside le programme d'application écrit par l'utilisateur, les données des consignateurs d'états, les données d'entrées/sorties, les résultats des diagnostics et les registres de communication. En cas de perte de l'alimentation externe, la mémoire SRAM est sauvegardée grâce à deux piles au lithium installées sur le fond de panier du châssis principal. Ces piles garantissent l'intégrité du programme et la conservation des variables dites rétentrice pour une durée d'au moins six mois en l'absence d'alimentation du TRICON.

Les modules processeurs principaux sont alimentés par les alimentations duales via les rails d'alimentation du châssis principal.

III.1.5. Modules d'entrées

III.1.5.1. Modules d'entrées logiques

Il existe deux types de modules d'entrées logiques de base : le module TMR et le module simple. Les paragraphes suivants décrivent en premier lieu les généralités communes des modules d'entrées logiques puis les spécificités des modules TMR et « single » (Figure 3.6).

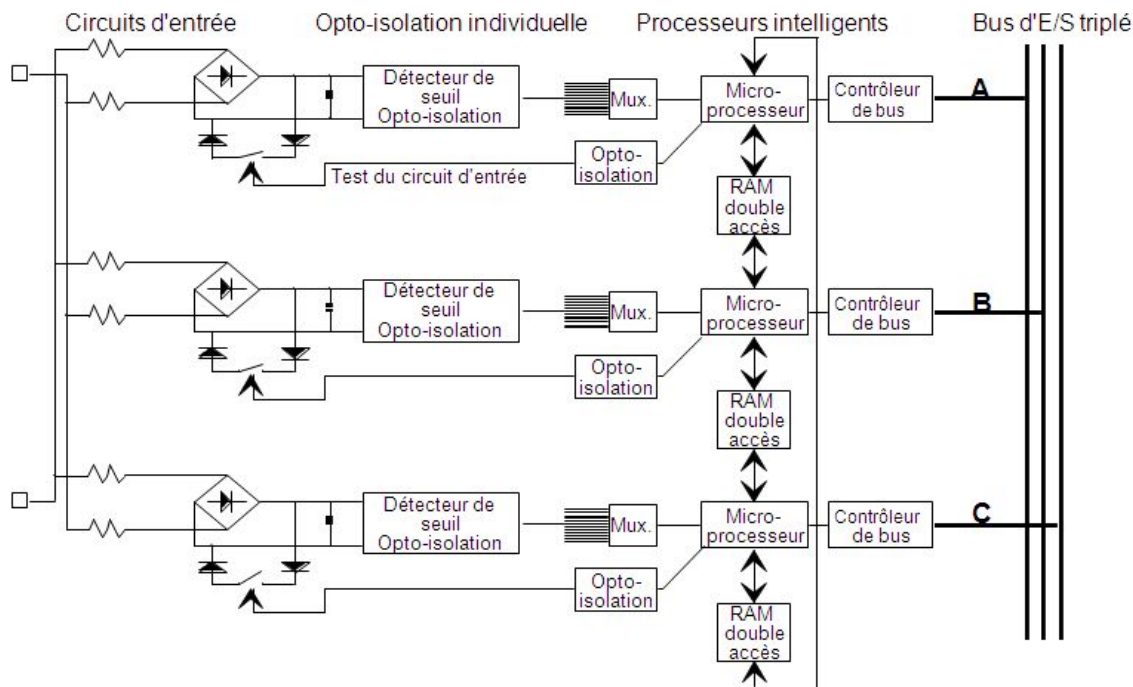


Figure 3.6 : Architecture d'un module d'entrées logiques TMR.

Chaque module héberge les circuits électroniques identiques des trois chaînes de traitement (A, B et C). Même si ses chaînes se trouvent sur le même module, elles sont totalement isolées les unes des autres et fonctionnent indépendamment les unes des autres. Une faute constatée sur une chaîne ne peut pas se transmettre à une autre. De plus, chaque chaîne est dotée d'un microprocesseur 8 bits, appelé processeur de communication d'entrées/sorties, qui assure la communication avec le module processeur principal qui lui est associée. Chacune des trois chaînes d'entrée A, B et C mesure séparément les signaux de chaque point sur le bornier de raccordement, identifie les états respectifs des signaux d'entrées et les stockés dans sa table d'entrées. Chaque table d'entrées est régulièrement échantillonnée via le bus d'entrées/sorties, situé sur le module du processeur principal correspondant. Par exemple, le processeur A

interroge la table des valeurs et des états d'entrées de la chaîne A des modules via le bus d'entrées/sorties.

Sur les modules d'entrée logiques TMR, tous les éléments des circuits électroniques sont totalement triplés pour garantir une sécurité optimale et une disponibilité maximale. Chaque chaîne conditionne les signaux séparément et isolation optique entre capteurs et le système TRICON est assurée. (Le module d'entrées logiques haute densité 64 points est l'exception qui confirme la règle, il n'est pas isolé.)

Les modèles en tension continue (DC) des modules d'entrées logiques TMR exécutent des diagnostics afin de détecter les conditions d'états figées à l'appel ou ON des circuits d'isolation lorsque les contacts sur site demeurent fermés pendant de longues périodes. Etant donné que la plupart des systèmes de sécurité sont configurés pour répondre à la condition sécurité à manque, la détection de des points correspondant à l'état OFF est une fonction essentielle. Pour tester et identifier les entrées figées dans l'état ON, un circuit qui fait partie intégrante du module force l'entrée à zéro et permet de détecter une condition de défaut de l'opto-coupleur. Le dernier relevé de données est gelé dans le processeur de communication d'entrées/sorties pendant le déroulement du test.

Pour les modules d'entrées logiques *single*, seules les sections des chaînes de traitement des signaux nécessaires pour garantir un fonctionnement en toute sécurité sont triplées. Les modules *single* sont optimisés pour les applications critiques pour lesquelles le critère coût d'investissement prime sur le niveau de disponibilité. Des circuits d'autodiagnostic spécifiques détectent en moins de 500milli-secondes toutes les conditions de défauts ON ou OFF dans les sections non triplées. Cette caractéristique obligatoire est à la base même de la conception d'un système de sécurité qui doit détecter toutes les fautes de manière immédiate et qui, lorsqu'une erreur est détectée, doit forcer la valeur d'entrée mesurée pour replier en position de sécurité. Comme le TRICON est optimisé pour les applications *sécurité à manque*, la détection d'une faute dans le circuit d'entrée force le passage à l'état OFF de la valeur transmise par chaque chaîne aux modules processeurs principaux.

III.1.5.2 Modules d'entées analogiques:

Sur un module d'entrées analogiques, chacune des trois chaînes mesure de manière asynchrone les signaux d'entrée et inscrit les résultats dans une table de valeurs d'entrées (Figure 3.7).

Chacune des trois tables d'entrées est transmise au module processeur principal qui lui est associé via le bus d'entrées/sorties correspondant. La table d'entrées de chaque module processeur principal est transmise à ses voisins via le TRIBUS. Chaque module processeur principal sélectionne la valeur médiane et la table d'entrées de chaque module processeur principal est corrigée en conséquence. En mode TMR les valeurs médianes sont exploitées par le programme d'application, en mode duplex, c'est la valeur moyenne qui est exploitée.

Chaque module d'entrée analogique est équipé d'un circuit qui permet la compensation automatique du décalage du zéro du convertisseur analogique numérique. Les modules d'entrées analogiques et les borniers de raccordements associés sont disponibles pour supporter une large gamme de signaux d'entrées analogiques, qu'il s'agisse de versions isolées ou non: 0-5 Volts CC, 0-10 Volts CC, 4-20 mA, thermocouples (types K, J, T et E), et sondes à résistance RTD.

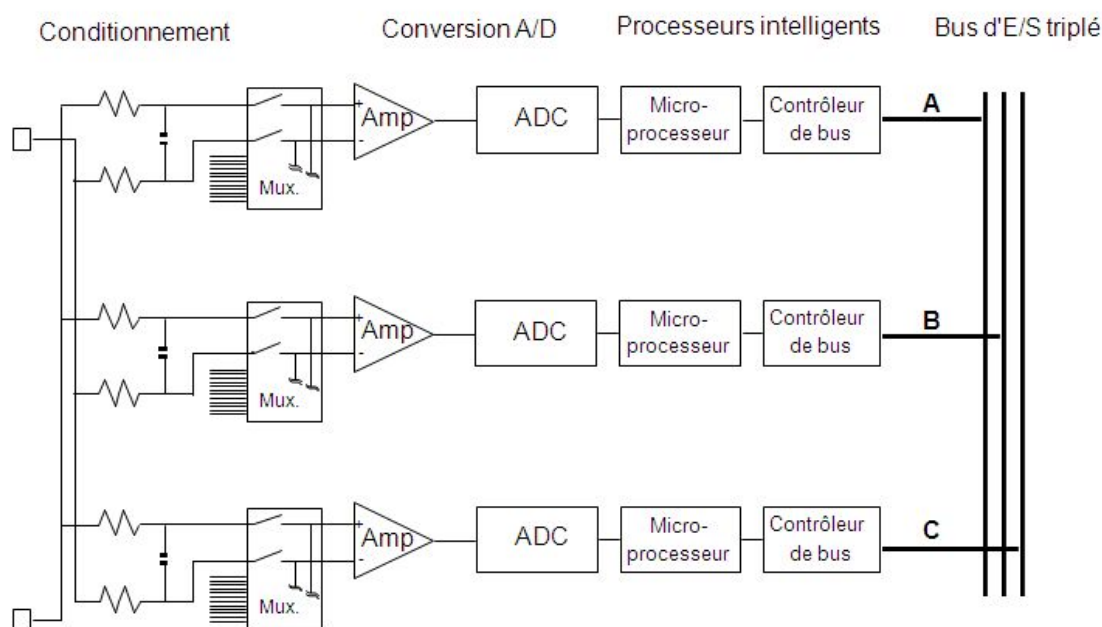


Figure 3.7 : Architecture d'un module d'entrées analogiques TMR.

III.1.5.3. Modules d'entrées impulsions

Le module d'entrées impulsion est utilisé avec des capteurs de vitesse installés sur des machines tournantes comme les turbines ou les compresseurs. Le module compte les impulsions du capteur de vitesse, en général une bobine à induction située à proximité d'une roue dentée sur un arbre tournant. La sortie impulsion du capteur est proportionnelle à la vitesse de rotation de l'arbre et au nombre de dents de l'engrenage (Figure 3.8).

Le module d'entrées impulsion est totalement triplé comme l'illustre le schéma. Chaque chaîne du module accumule un nombre précis d'impulsions du capteur d'entrée (en général un nombre entier multiplié par de dents de l'engrenage affecté à la mesure). Le temps nécessaire pour accumuler le nombre d'impulsion voulu est également mesuré par un compteur à une μ seconde près. Pour calculer la vitesse, il suffit de diviser le nombre d'impulsions accumulées par le temps nécessaire à leur accumulation, puis de multiplier le résultat obtenu par un facteur d'échelle égal au nombre d'impulsions par révolutions de l'arbre compte tenu de la précision du calcul du et sachant que le temps d'accumulation est généralement compris entre 20 et 40 millisecondes, il est possible de mesurer la vitesse avec un niveau de précision égal à 0,01% de la vitesse de fonctionnement d'une turbine ou d'un compresseur classique.

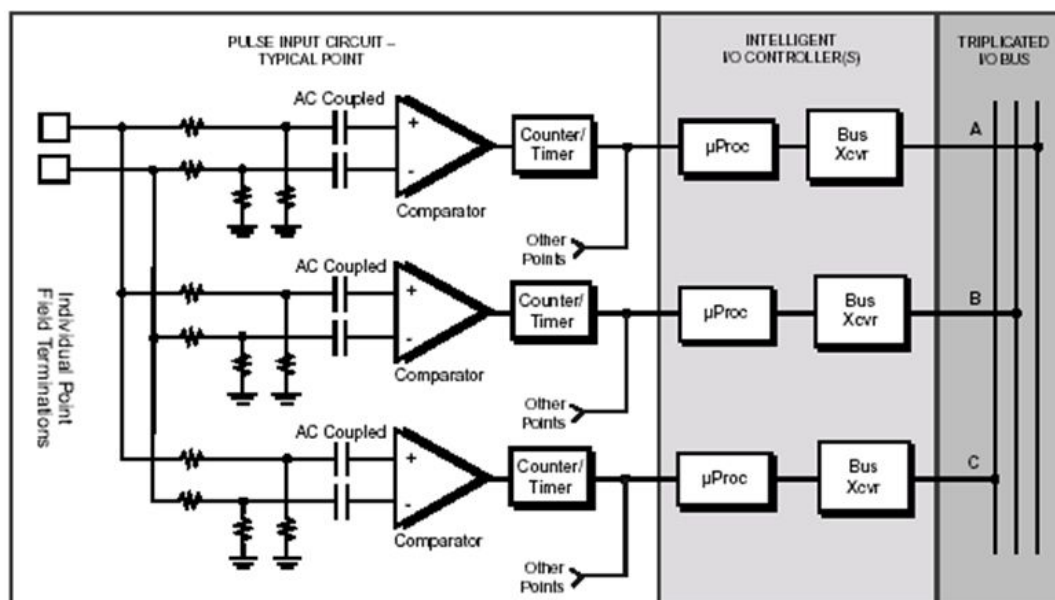


Figure 3.8 : Architecture d'un module d'entrée Impulsion TMR.

III.1.6. Modules de sorties

III.1.6.1. Modules de sorties logiques:

Il existe trois types de modules de sorties logiques : le TMR, le dual et le supervisé. Ces modules sont disponibles aussi bien en tension continue qu'en tension alternative Voir la (Figure 3.9).

Chaque module de sorties logiques est constituées de trois chaînes de traitement identiques est isolées. Chaque chaîne est dotée d'un microprocesseur d'entrées/sorties qui reçoit sa table de valeur de sorties du processeur de communication d'entrées/sorties résidant sur le

module processeur principal qui lui est associé. Tous les modules de sorties logiques, à l'exception des duales en tension continue, sont dotées d'un circuit de sortie à quatre éléments qui effectue un vote du signal physique envoyé sur l'organe de sortie à piloter. Ce circuit de vote est un montage série parallèle qui transmet l'alimentation. Si les drivers des chaînes A et B, ou B et C, ou encore A et B leur donnent l'ordre de se fermer. La redondance du circuit de vote garantit une sécurité et une disponibilité optimale.

Chaque module de sorties logiques effectue pour chacun de ses points un diagnostic complet du voteur de sortie, OVD (Output Voter Diagnostic). La chaîne de contre réaction de chaque point d'un module permet à chaque microprocesseur de relire la valeur du signal de sortie et de la comparer à la valeur votée et par là même de déceler l'existence d'une faute éventuelle.

Les modules de sorties logiques duales sont pourvus d'un voteur à deux éléments montés en série. Chacun des éléments ou interrupteur est piloté par le résultat d'un autre vote de type deux sur trois (2/3). Alors que le circuit de vote à quatre éléments offre une redondance multiple qui garantie à la fois la sécurité et la disponibilité, le circuit dual se limite à fournir la redondance nécessaire pour garantir un fonctionnement sécurisé. Les modules duaux sont optimisés pour les applications critiques pour lesquelles l'aspect coût d'investissement prévaut sur l'aspect disponible.

Les modules de sorties logiques supervisées sont équipés de boucles de tests de mesure en tension et en courant, ce qui permet une couverture complète des fautes aussi bien pour les conditions de défaut par appel ON que par le manque OFF. De plus, le module de sorties logique supervisé vérifie la présence de la charge en effectuant en permanence des vérifications au niveau de la continuité de la boucle. Toute perte de charge ou court-circuit est indiqué par le module quel que soit l'état de la commande.

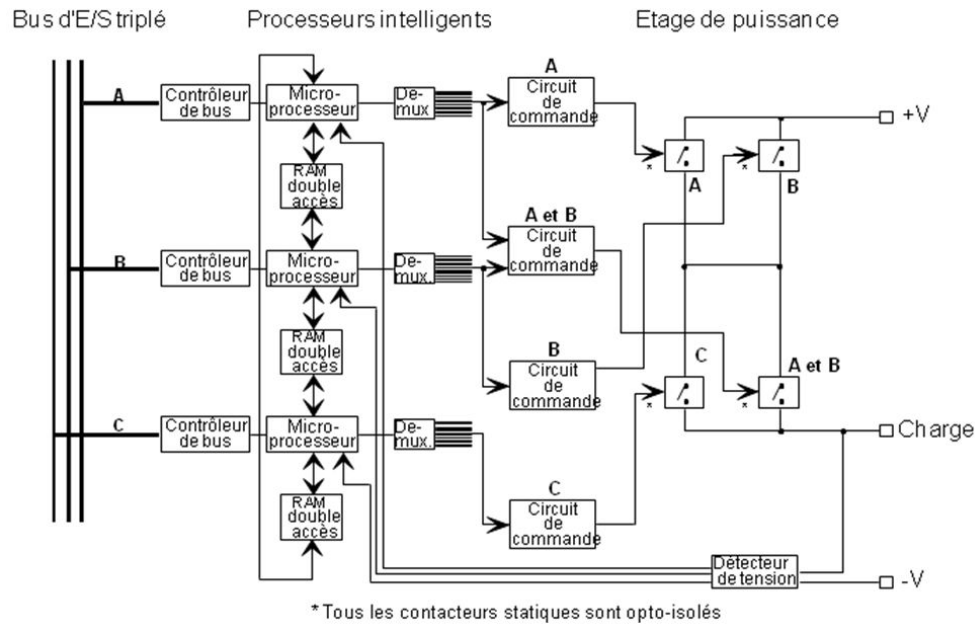


Figure 3.9 : Architecture d'un module de sorties logiques TMR.

III.1.6.2 Modules de sorties analogiques

Le module de sorties analogiques reçoit trois de valeurs de sorties, une table pour chacune de ses chaînes de traitement en provenance du module processeur principal correspondant (Fig.3.10).

Chaque chaîne a son propre convertisseur numérique/analogique. Une des trois chaînes est sélectionnée pour piloter les sorties analogiques. Les sorties sont continuellement vérifiées à l'aide d'un circuit de contre réaction présent sur chaque point relues. Si une faute se manifeste au niveau de la chaîne pilote, cette chaîne est déclarée en faute et une nouvelle chaîne est sélectionnée pour piloter l'organe à commander. Chaque chaîne est tour à tour chaîne pilote ce qui permet de tester toutes les chaînes.

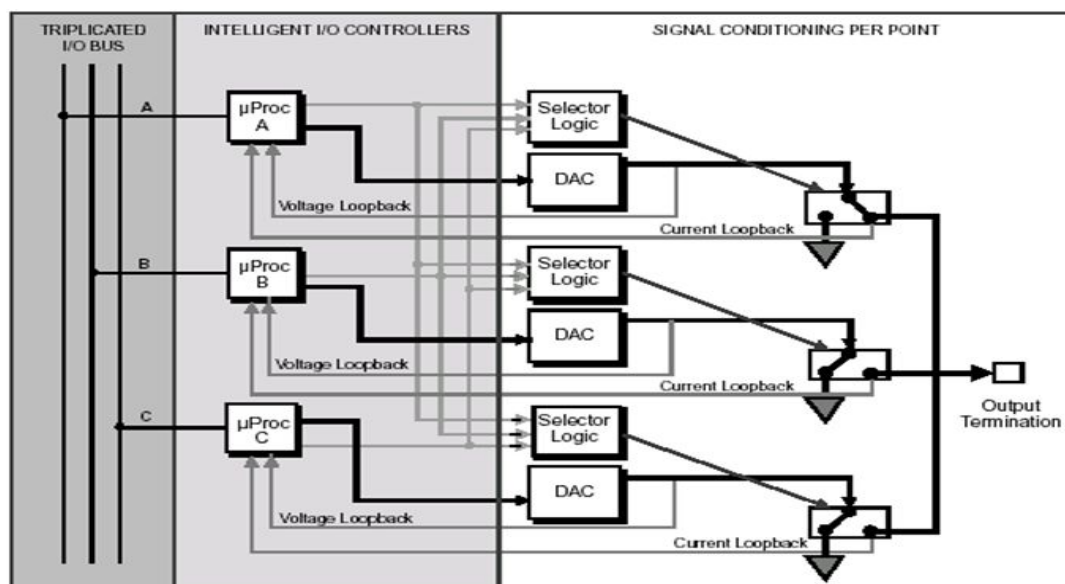


Figure 3.10 : Architecture d'un module de sorties analogiques TMR.

III.1.7. Modules de communications

Les systèmes TRICON sont conçus pour pouvoir s'interfacer avec des systèmes variés, y compris avec d'autres systèmes TRICON, le poste Tristation 1131, les systèmes numériques de contrôle centralisé SNCC et systèmes tiers compatibles avec les protocoles 802.3 IEEE LAN et MODBUS.

Connectivité avec les Systèmes Numériques de Contrôle Centralisé, SNCC (DCS)

➤ Module d'interface bus hiway, HIM (Hiway Interface Module)

Ce module est une interface intégrée entre le système TRICON et le Data Hiway du SNCC TDC 3000 de Honeywell et propose la même capacité fonctionnelle, quatre (4) adresses DHP étendues. La redondance des connections est supportée.

➤ Module de gestion de sécurité, SMM (Safety Manager Module)

Ce module est une interface haute vitesse intégré entre le système TRICON et le réseau Universal Control Network, UCN, du SNCC TDC 3000 de Honeywell. Deux ports assurent une liaison redondante. Le module SMM permet au réseau de UCN d'identifier le système TRICON comme un nœud sécurisé ce qui permet l'échange de données du procédé et d'utiliser les résultats du diagnostic du système TRICON et son exploitation n'importe où sur le TDC 3000.

➤ Module de communication avancée, ACM (Advanced Communication Modul) :

Ce module est une interface haute vitesse intégré entre le TRICON et le Nodebus du SNCC Série I/A de FOXBORO. Deux ports assurent une liaison redondante. Le module ACM permet au Nodebus d'identifier le TRICON comme un nœud sécurisé ce qui permet l'échange de

données du procédé et d'utiliser les résultats du diagnostic du système TRICON et son exploitation n'importe où sur le I/A série.

Par ailleurs, d'autres ports permettent d'assurer la liaison avec le poste Tristation 1131, la liaison avec le réseau TRICON TSAA (Tricon System Access Application) et tout autre système qui supporte le protocole de communication TCP/IP.

- Le module ACM prévoit un port supplémentaire 802.3 pour assurer la connexion avec un réseau 802.3 sur lequel on peut raccorder le poste de Tristation ou des systèmes tiers. Le module ACM compte également deux ports série RS-232/422 pour la liaison maître/esclave MODBUS vers des systèmes tiers, ou une fois encore vers le poste Tristation 1131.

III.1.8. Diagnostic des voteurs des modules de sorties en « DC » et « AC »

Les modules de sorties logiques à courant continu (DC) ont été spécialement conçus pour contrôler les équipements dont les points demeurent figés dans un même état de commande pendant de longues périodes.

Les diagnostics exécutés (OVD) sur un module de sorties de tension continue garantissent une couverture totale des fautes même si l'état des points ne change jamais. Lors de l'exécution des tests, les sorties basculent dans l'état opposé à celui commandé pendant une durée inférieure à deux (2) millisecondes (en général 500 μ secondes). Le comportement est totalement transparent pour la plus grande part des organes pilotés sur un site industriel. (Exceptionnellement, certains organes peuvent ne pas tolérer un changement d'état du signal quel qu'il soit. Dans ce cas, il est possible d'inhiber la fonction de diagnostic (OVD).

Sur les modules de sorties logiques en tension alternative (AC), lorsque le diagnostic (OVD) identifie un interrupteur du voteur en faute, le signal de sortie change d'état et passe à l'état opposé pendant un laps de temps égal à la moitié d'un cycle de l'alimentation. Parfois ce changement d'état peut ne pas être transparent pour tous les organes pilotés. Le cas échéant, il est possible d'inhiber la fonction de diagnostic (OVD). Il est alors recommandé de procéder au basculement d'état des sorties lors de campagnes de tests afin de garantir une couverture totale des fautes. Dans tous les cas, une fois qu'une faute a été détectée, le module interrompt les itérations suivantes du diagnostic (OVD).

III.2. Présentation du logiciel de programmation Tristation 1131 pour API TRICONEX

Introduction

Comme tout système à microprocesseur, les automates programmables fonctionnent sur la base d'un programme qui lui définit les tâches à exécuter. La structure logicielle qui assure le fonctionnement d'un automate se compose de deux parties bien distinctes :

- ✓ Programme système (ou système d'exploitation).
- ✓ Programme utilisateur.

Programmer un API, c'est écrire dans sa mémoire la description du travail qu'il aura à accomplir. Dès sa création, une attention particulière a été portée à la méthode de programmation. La devise technique stipule que le système devrait être facilement et rapidement programmable et reprogrammable grâce à son logiciel de programmation Tristation 1131.

III.2.1. Logiciel de programmation Tristation 1131

Le logiciel de développement des applications utilisateur résidant dans l'automate de sécurité TRICON est le Tristation 1131. Le Tristation 1131 propose des langages de programmation conforme à la norme IEC 1131-3. Les langages Diagramme Fonctionnel, à contact et littéral sont mis à disposition.

III.2.2. Caractéristiques de Tristation 1131

Le système TRICON Version 9 est compatible avec le Tristation 1131 dont les principales caractéristiques sont les suivantes:

- Fonctionne avec le système d'exploitation Windows NT.
- Trois langages de programmation conforme à la norme CEI 1131-3 relative aux langages de programmation pour les automates programmables.
- Compatible avec un grand nombre de type de données comme :
 - ✓ Les entiers 16 et 32 bits ;
 - ✓ Les réels à virgules flottante 32 et 64 bits ;
 - ✓ Les chaînes de caractères et les bits ;
 - ✓ Les durées, date et heure du jour.
- Composition d'un programme d'application à partir d'instances programmes.
- Offre une bibliothèque standard avec les fonctions suivantes : arithmétiques, logiques, conversion des données, décalage, sélection et comparaison. Les types de bloc

comprennent les éléments bistables, les détecteurs de front, les temporisations et les compteurs.

- Permet aux utilisateurs de développer leurs propres fonctions, blocs fonctionnels, programmes et bibliothèques personnalisées ;
- Permet l'émulation hors ligne des programmes sur le poste de travail Tristation ;
- Contrôle l'accès de l'utilisateur aux projets et différents niveaux de fonctionnement de le Tristation 1131 par l'intermédiaire d'un système de sécurité intégré qui demande le nom et le mot de passe de l'utilisateur à chaque session de travail ;
- Met à disposition un historique pour vérifier les modifications de version des programmes, avec possibilité d'annotation ;
- Le Tristation 1131 est certifiée classe 5 et 6 par la TÜV ;
- Tristation peut se connecter au système TRICON avec une liaison série RS-232/422 (via le protocole MODBUS), directement par les modules EICM ou ACM ou via un réseau 802.3 supporté par un module NCM ou ACM ;
- Modules de communication en réseau NCM et ACM. À travers le réseau 802.3 assurent la synchronisation du temps et la communication entre les systèmes TRICON. La communication entre les systèmes permet l'échange de données critiques.

III.2.3. Application logiciel et protocole

La suite logicielle et les protocoles proposés par Triconex permettent aux utilisateurs de collecter, transférer et d'afficher les valeurs de données des systèmes TRICON. Par ailleurs, l'utilisateur peut développer ses propres drivers de communication pour accéder aux données du système TRICON d'une manière personnalisée.

III.2.3.1. Application d'accès au système Tricon TSAA (Tricon System Access Application)

Le protocole maître/esclave qui permet à un système TRICON maître de communiquer avec les systèmes TRICON esclave du réseau. Chaque système est maître à tour de rôle. Ce réseau n'est pas accessible à tout système tiers.

III.2.3.2. Serveur réseau DDE

Ce serveur d'échange de données dynamiques permet aux applications clientes DDE Windows comme Excel par exemple, de lire et d'écrire des données dans des registres mémoire TRICON.

III.2.3.3. Consignateur d'états (SOE) « Sequence of Event »

Collecte les changements d'états des données entrées, mémoire, d'un système TRICON et transmet à la demande ces données aux postes externes dédiés à l'archivage l'analyse et l'édition d'états. Ces données peuvent être transmises via un réseau 802.3 pouvant supporter jusqu'à dix systèmes TRICON.

III.2.3.4. Archivage des données (SER) « Séquence Event Recorder »

Permet aux utilisateurs d'extraire un historique d'évènements ainsi que des données d'un système TRICON unique et de les stocker dans un fichier historique sur un poste externe. Les données archivées peuvent ensuite être affichées et/ou imprimées suivant différents formats. La suite logicielle SER utilise une liaison 802.3 pour transférer les données depuis le système TRICON vers le poste dédié SER.

III.2.3.5. Synchronisation du temps

Le protocole TSAA maître/esclave permet d'assurer la synchronisation du temps entre les systèmes TRICON installés en réseau et raccordés entre eux à l'aide d'un module NCM, ou encore entre un système numérique de contrôle centralisé SNCC et le système TRICON.

III.2.4. Langages de programmation

Tristation 1131 possède quatre langages de programmations pour développer, tester et documenter les applications qui sont exécutées sur un contrôleur Triconex :

- Langage Bloc Diagramme Fonctionnel FBD (Function Block Diagram) ;
- Langage à Contact LD (Ladder Diagram) ;
- Langage Littéral ST (Structured Text) ;
- Matrice Cause et Effet CEMPLE (Cause and Effect Matrix).

Les langages FBD, LD et ST sont conformes à la norme IEC 61131-3 niveau international sur les langages de programmation pour les Contrôleurs Programmables.

CEMPLE est un langage optionnel spécifique à TRICONEX.

Conclusion

Dans ce chapitre, on a fait toute une étude sur le system Tricon, sa présentation ainsi son mode de fonctionnement, ensuite on a fait une présentation de son logiciel nommé Tristation 1131.

Chapitre IV

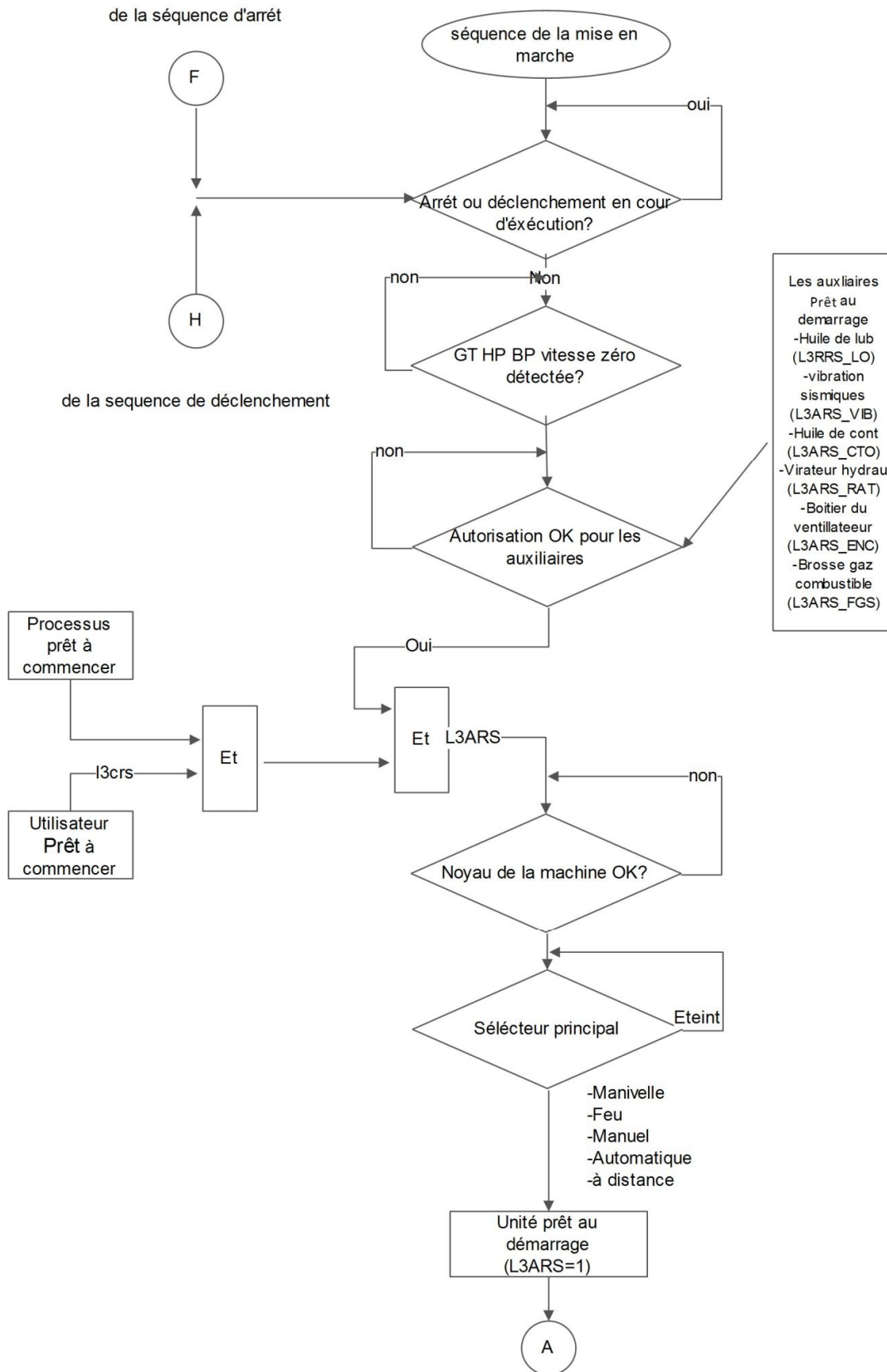
Perspective sur la
Sécurité et la
Sureté

Introduction

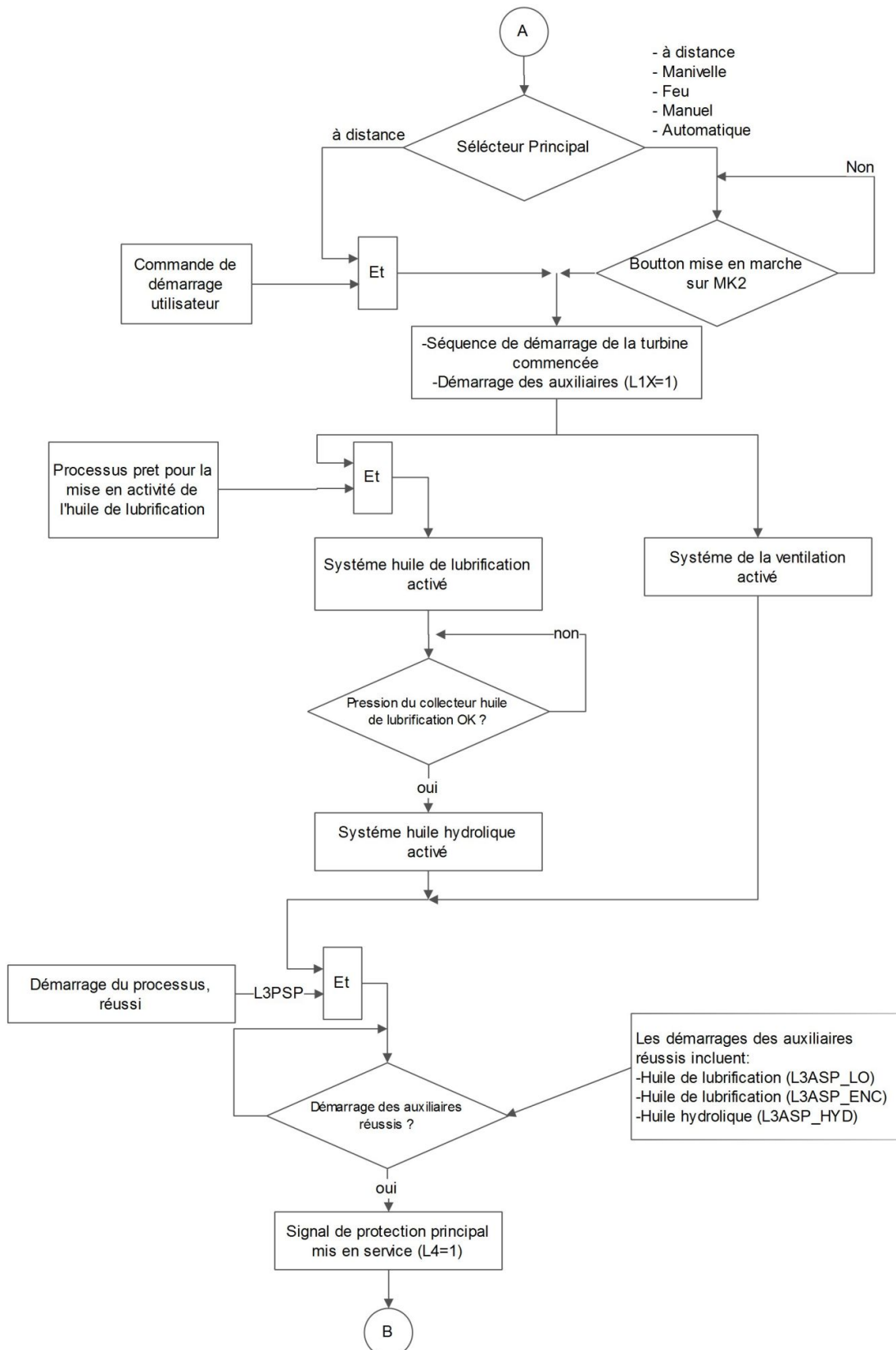
Dans ce chapitre nous allons présenter les organigrammes fonctionnels de la turbine, et proposer quelques améliorations au niveau de la sécurité et de la sûreté de son fonctionnement après avoir illustré ces dernières. On est amené à proposer le rajout d'une interface HMI pour faciliter les différentes tâches effectuées par l'opérateur.

IV.1. Organigrammes Fonctionnels de la turbine

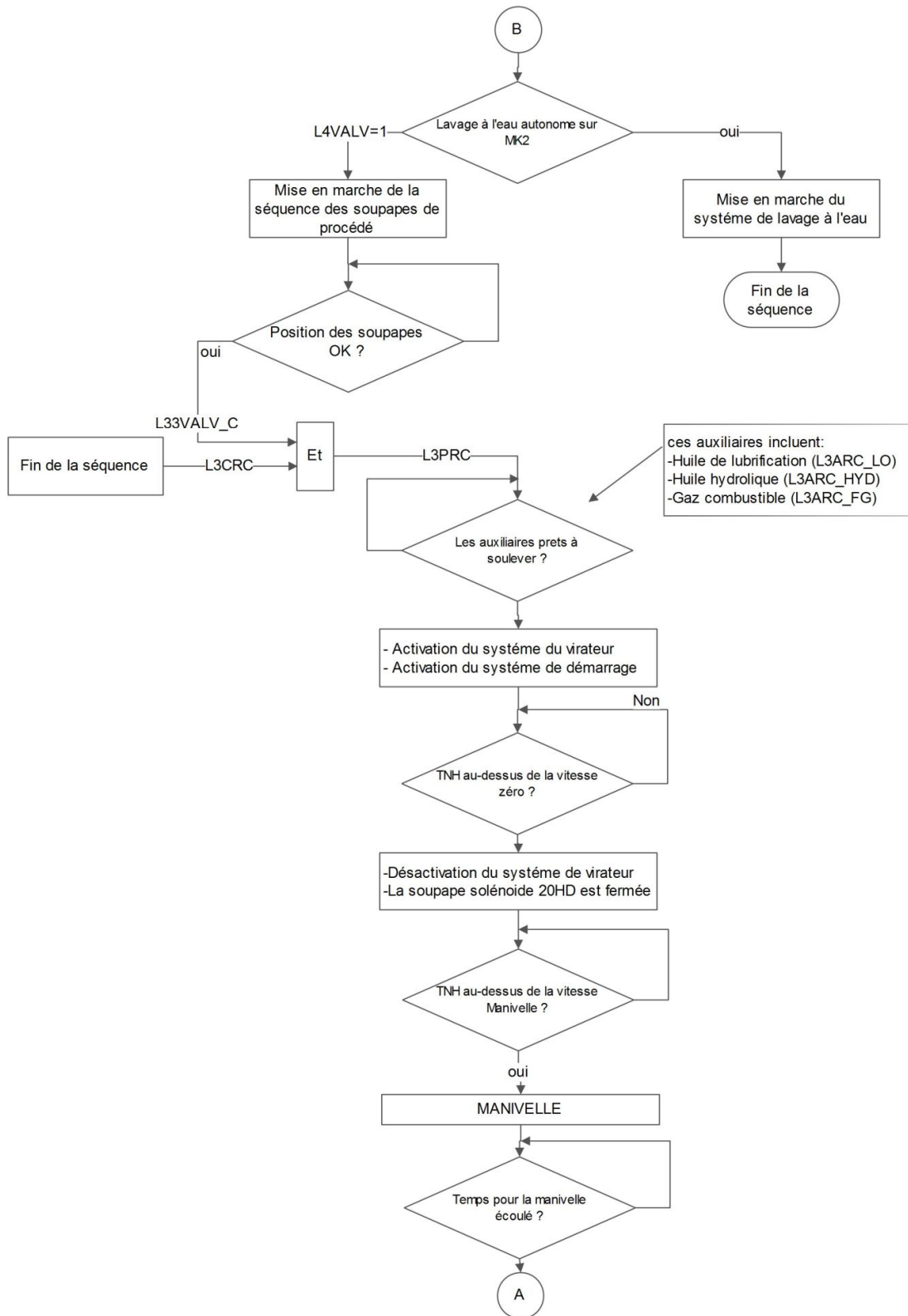
Prêt à démarrer



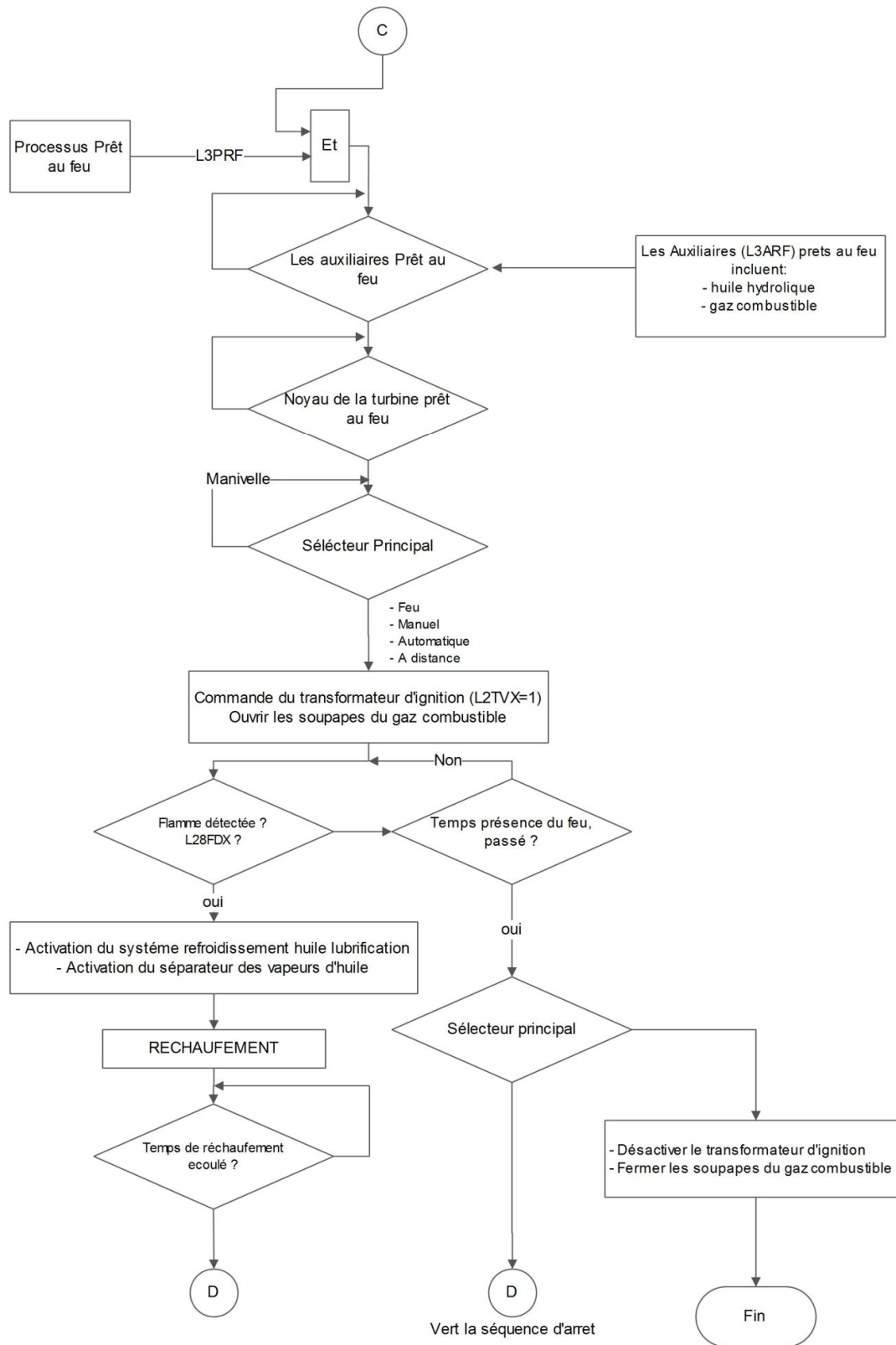
Démarrage des auxiliaires



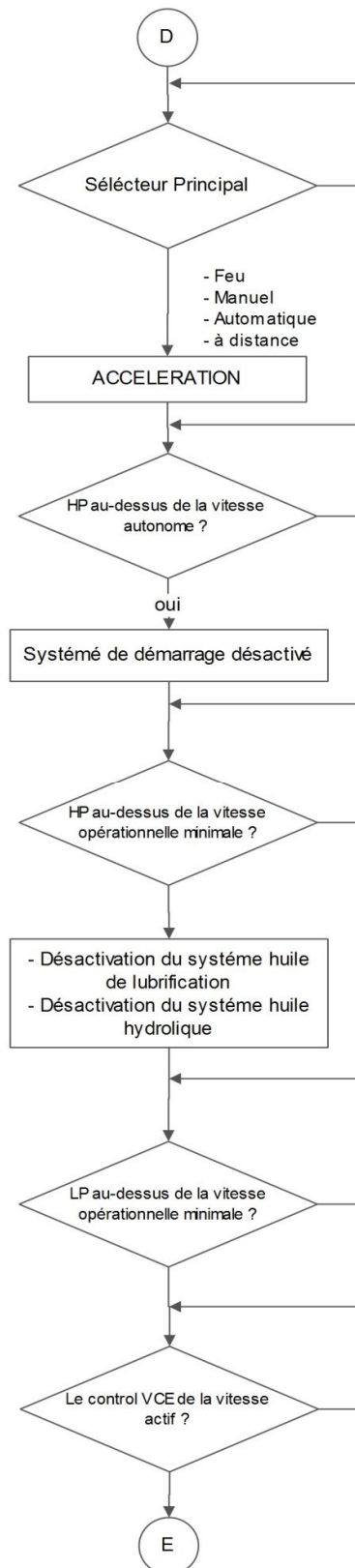
Manivelle



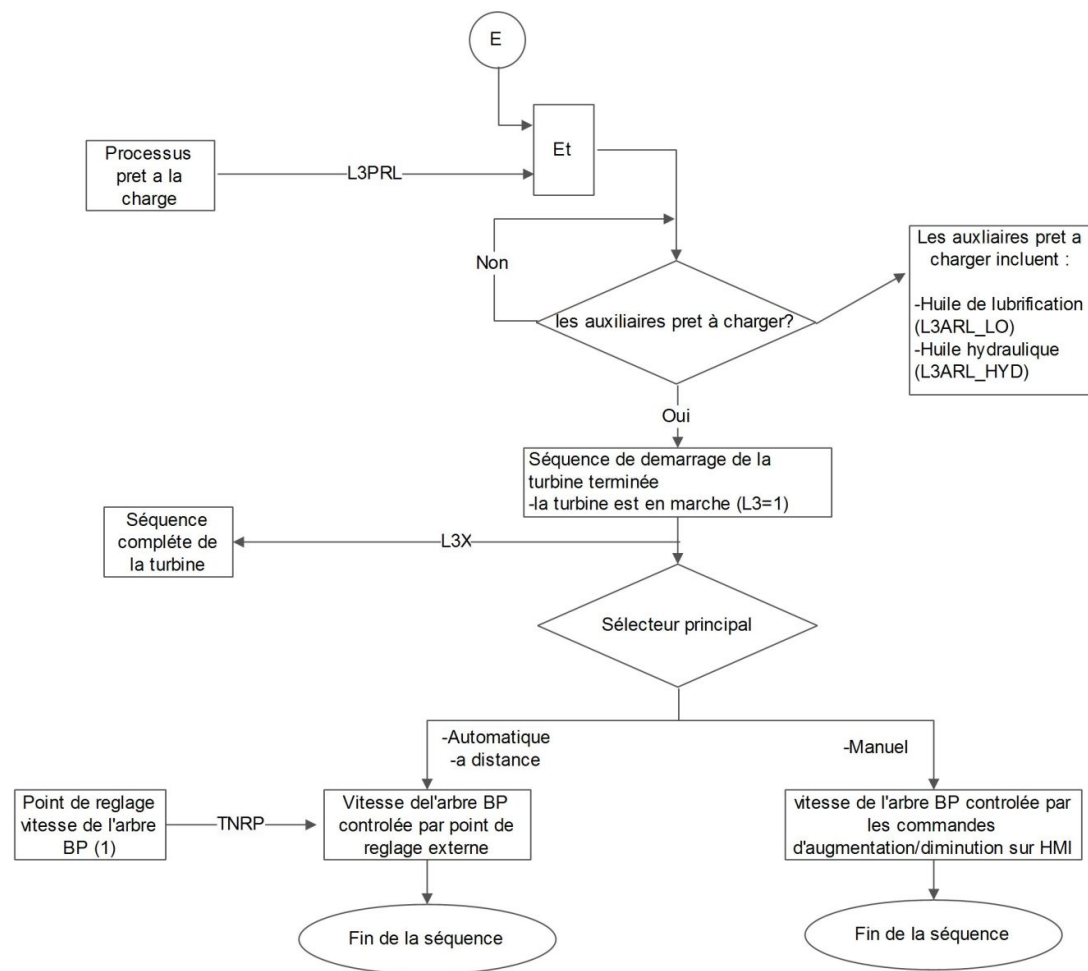
Allumage et réchauffement



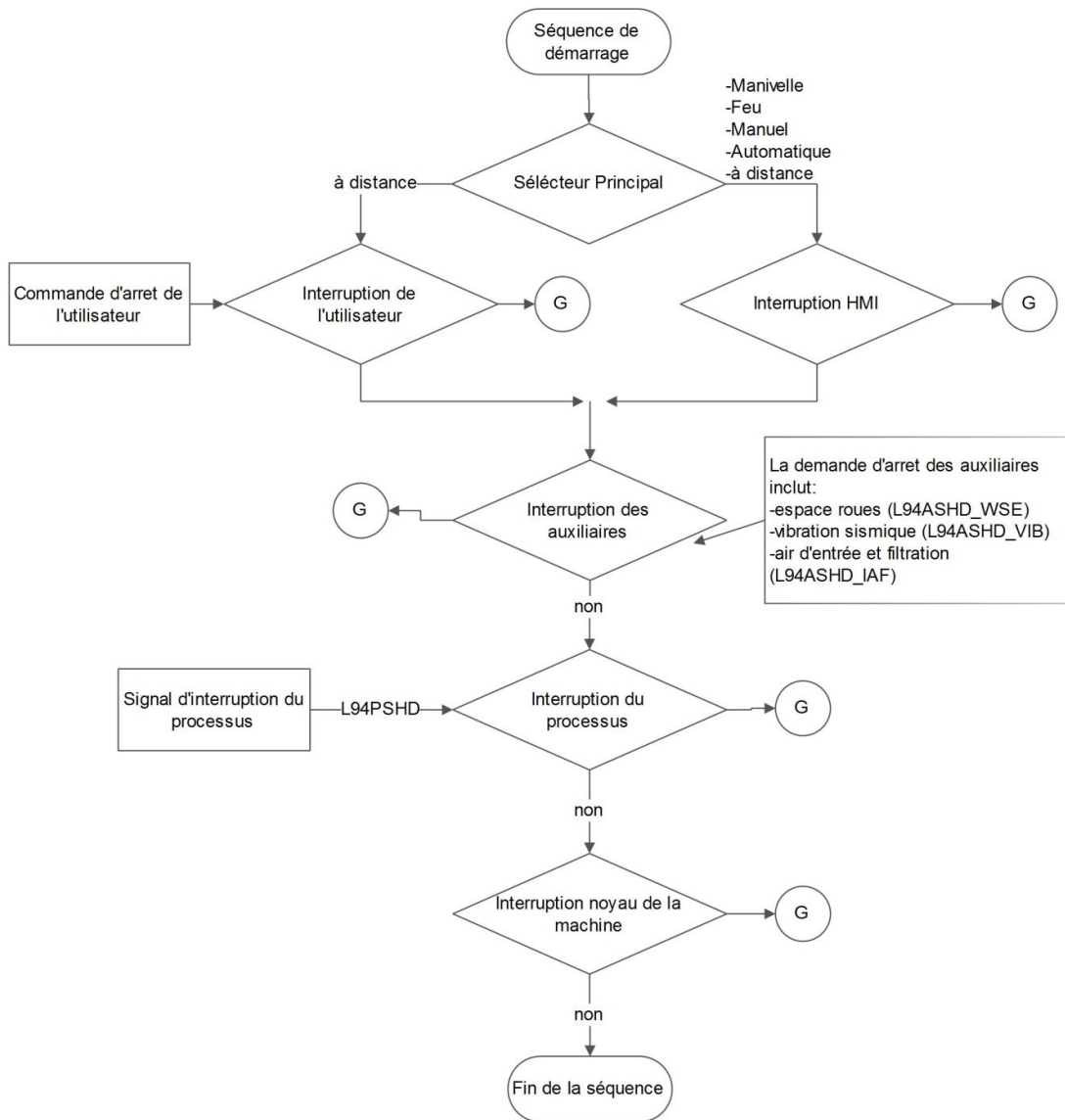
Accélération vers la vitesse opérationnelle



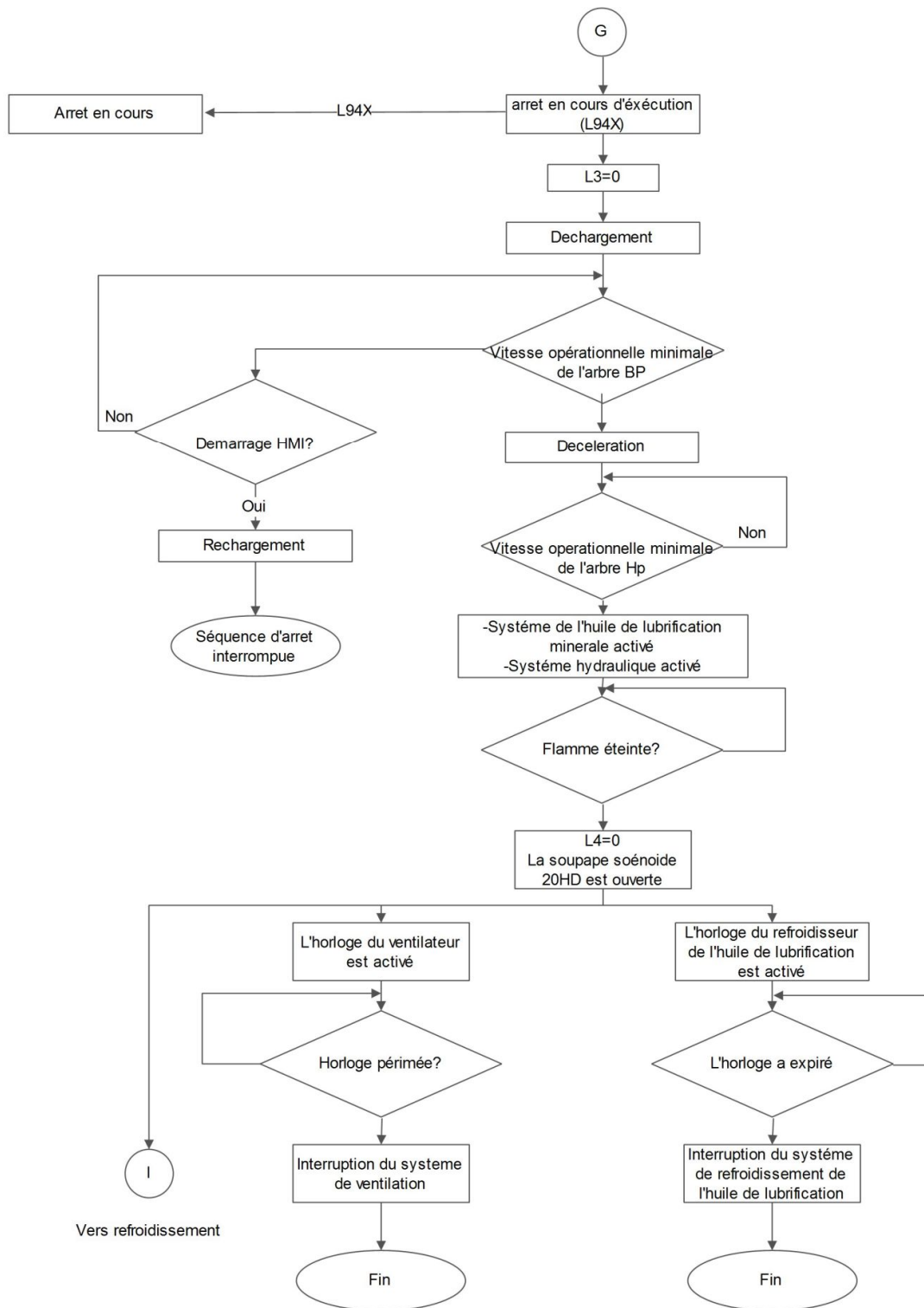
Séquence complète



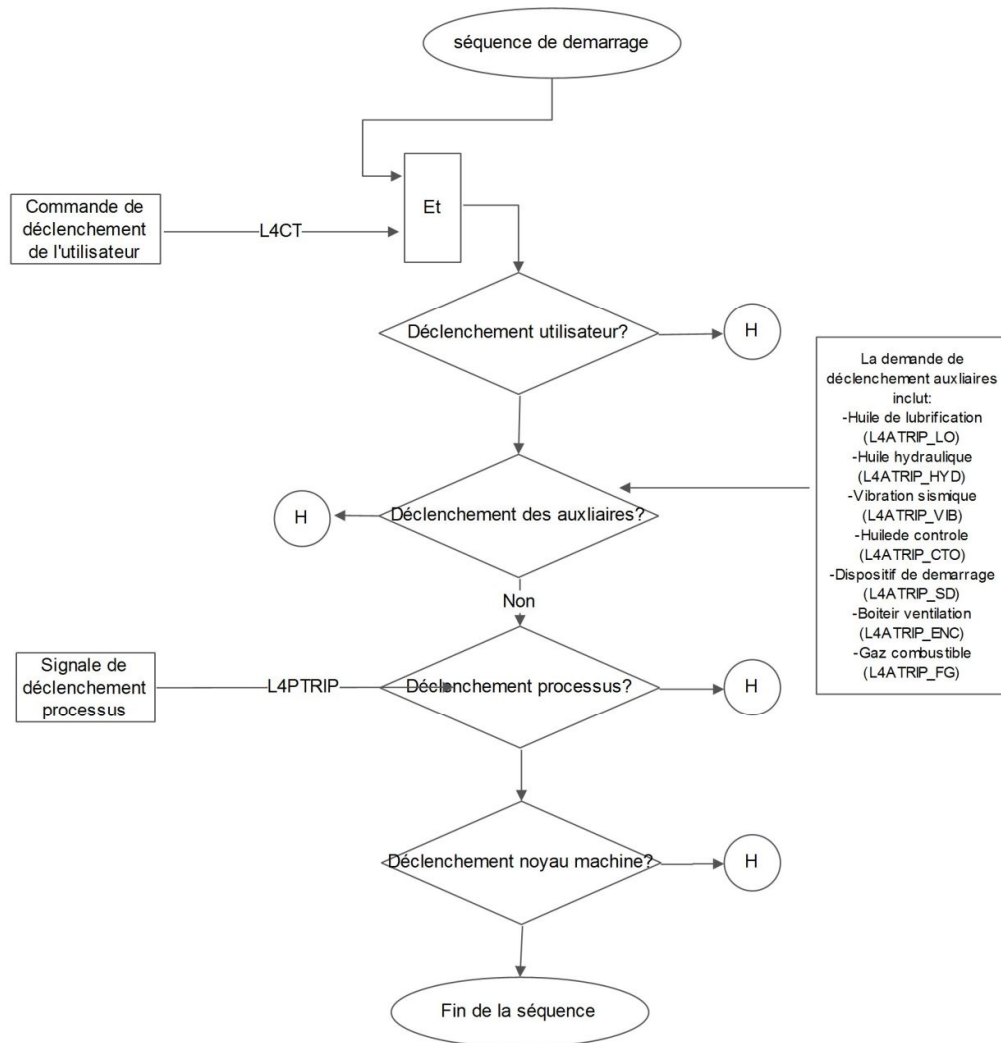
Demande d'arrêt



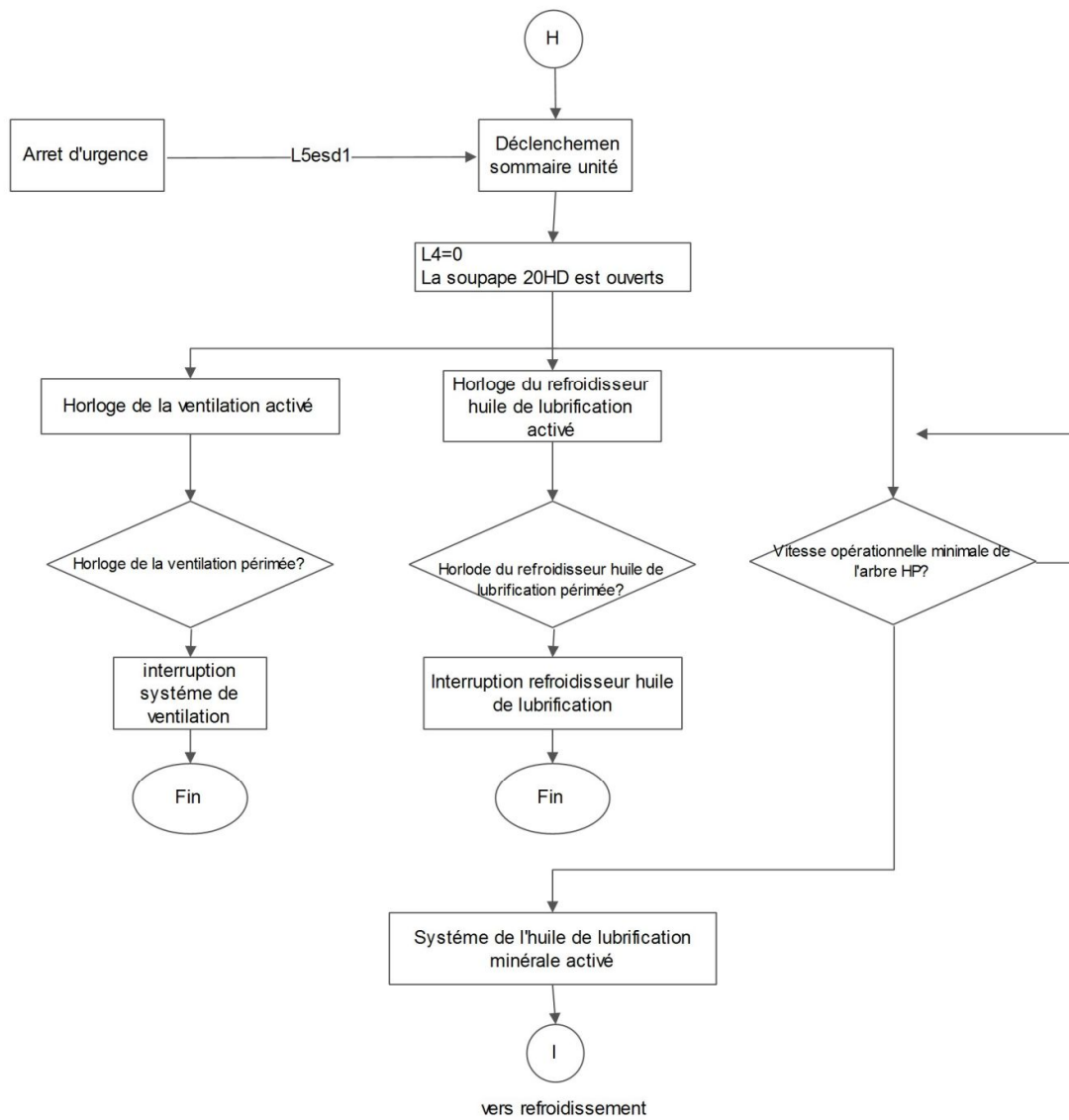
Séquence d'arrêt



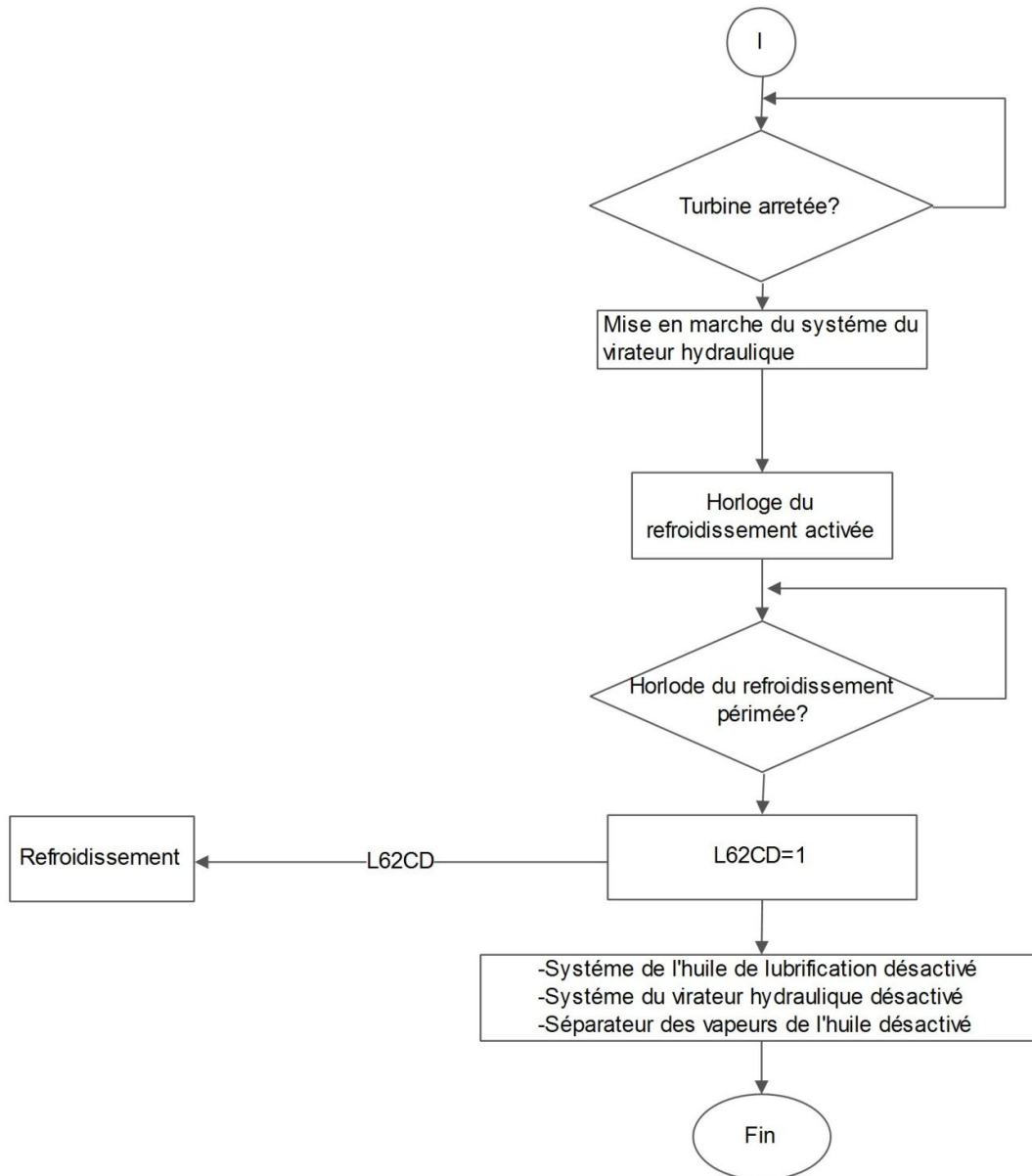
Demande de déclenchement



Séquence de déclenchement



Séquence de refroidissement



IV.2. Définition d'un capteur

Un capteur transforme une grandeur physique en une grandeur normée, généralement électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande.

Le capteur doit être fidele et dans la mesure du possible avoir la réponse la plus linéaire. La fidélité d'un capteur est la capacité à reproduire exactement la même réponse chaque fois qu'il est soumis au même stimulus. Pour cela, il doit être insensible aux variations de température, au vissage et dévissage sur une embase, etc. Il doit aussi présenter une grande stabilité, c'est-à-dire ne pas changer de sensibilité en vieillissant, même en milieu hostile (radiations...), du moins à l'échelle des étalonnages périodiques. Il doit être parfaitement linéaire pour ne pas introduire de distorsion harmonique, donc avoir une fonction de transfert aussi « plate » que possible dans une large bande de fréquence et dans une grande dynamique de mesure compte tenu de la dynamique intrinsèque très grande des phénomènes vibratoires. Il aura une faible diaphonie que ce soit vis-à-vis du bruit ambiant (faible sensibilité microphonique), ou de la présence de vibrations dans des directions autres que son axe de mesure. Il sera insensible aux influences électromagnétiques qu'on rencontre en milieu industriel, notamment près des génératrices et moteurs électriques de forte puissance.



Figure 4.1 : Principe générale d'un capteur

IV.3. Etat actuel de la sécurité de la turbine

La protection de la turbine à gaz est constituée d'un certain nombre de systèmes de protection primaires (survitesse, vibrations,...) et secondaires (fuite de gaz,...). Certains de ces systèmes de protection et leurs composants agissent à travers de l'armoire de commande de la turbine. Les autres systèmes de protection agissent directement sur les composants de la turbine et sont donc indépendants de l'armoire de commande de la turbine. Le système de déclenchement hydraulique est l'interface de protection primaire entre l'armoire de commande et les composants de la turbine: il permet l'arrivée du combustible à la turbine, ou il le coupe en déclenchant les vannes d'arrêt principales du combustible pour les amener en position fermée.

Les dispositifs qui provoquent l'arrêt par l'intermédiaire du système de déclenchement hydraulique le font en déchargeant de l'huile basse pression. Ceci est accompli par la soupape électro-hydraulique de décharge.

Les systèmes de protection primaire sont les suivants: survitesse, température excessive, détection de flamme et vibration.

IV.3.1. Protection contre les survitesses

La vitesse de la turbine à gaz est normalement commandée par deux systèmes secondaires: le système régulateur de vitesse et le système de commande de la température à l'échappement. Pour assurer une protection contre la vitesse excessive, chaque arbre tournant d'une turbine à gaz motrice est équipé de deux systèmes indépendants de déclenchement de survitesse; un système électronique et une masse survitesse mécanique.

IV.3.1.1 Protection de survitesse électronique:

- **Capteur magnétique de vitesse**

Le capteur magnétique est un aimant permanent entouré d'une bobine contenue dans une gaine d'acier. Elle est fixée de façon à être orientée vers une roue à 60 dents qui fait partie de l'arbre de la turbine. Sa fonction est d'émettre un signal de courant alternatif dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse. Ces capteurs ne sont utilisés que pour le système de survitesse et ils sont fixés près des capteurs magnétiques de commande de vitesse.

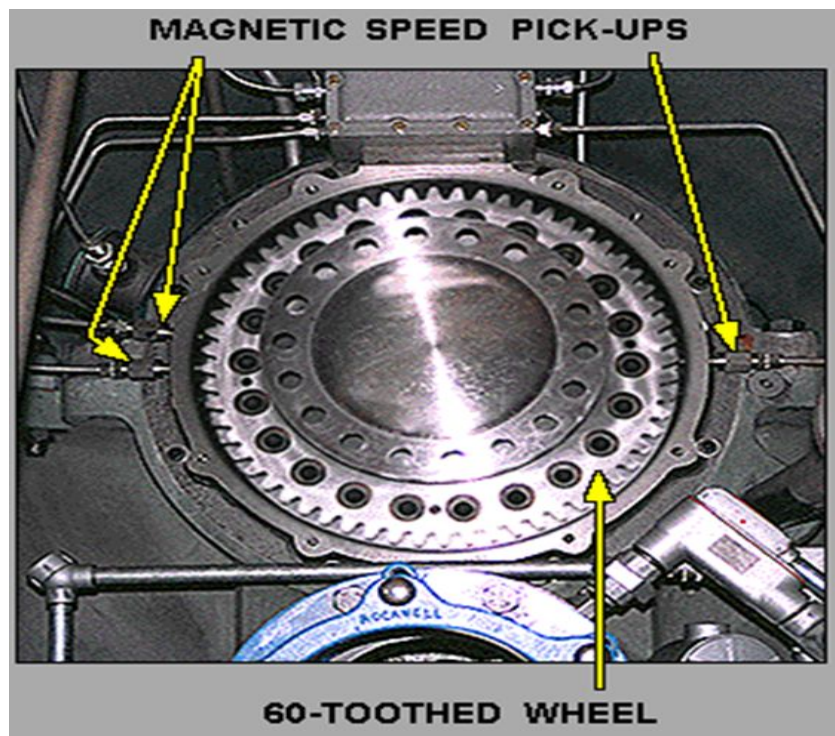


Figure 4.2: Disposition des capteurs de vitesse

IV.3.1.2 Protection mécanique de survitesse:

- **Ensemble de masse de survitesse**

L'ensemble masse de survitesse est constitué d'un plongeur dont la masse est positionnée de façon excentrée par rapport à la ligne centrale de l'arbre de la turbine, et qui est retenu par un ressort lorsque les vitesses d'exploitation de la turbine sont normales. Lorsque la vitesse de la turbine atteint le point de déclenchement préétabli, la force centrifuge devient plus forte que la compression du ressort et le plongeur émerge de l'arbre. Le plongeur heurte alors le "doigt de déclenchement", ce qui fait déclencher l'unité. Le "doigt de déclenchement" active une vanne qui décharge l'huile de déclenchement, ce qui a pour effet de couper l'alimentation en combustible sur la turbine. Au même moment, elle active une fin de course qui déclenche électriquement la turbine en faisant retomber les relais "4".

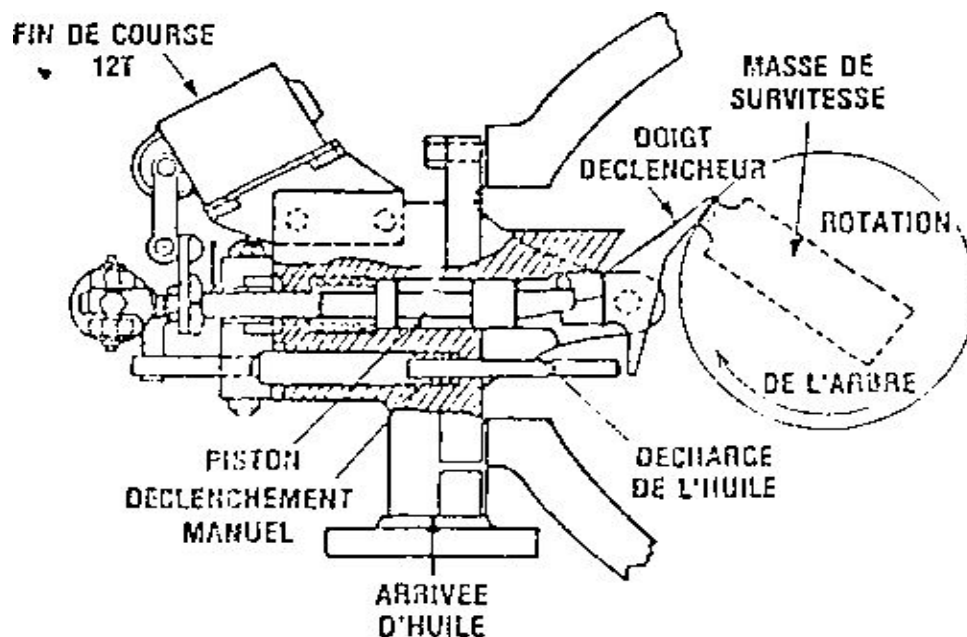


Figure 4.3 : Ensemble de déclenchement pour la protection contre les Survitesses

Des vannes à deux voies spécialisées avec un mécanisme de verrouillage représentent le mécanisme typique de détection de survitesse. Le mécanisme de déclenchement peut être actionné automatiquement par l'action de l'ensemble masse de survitesse, ou manuellement sur le mécanisme de déclenchement lui-même. Lorsque le mécanisme s'est déclenché, il faut réarmer manuellement sur le mécanisme même.



Figure 4.4: Ponits de déclenchement électronique et mécanique

IV.3.2. Protection contre les températures excessives:

IV.3.2.1. Système de protection contre les températures excessives

Le système de protection contre les températures excessives protège la turbine à gaz contre les dommages qui pourraient être provoqués par une température admission turbine excessive. Il s'agit d'un système de secours qui n'est sollicité que si les boucles de température et de survitesse n'ont pas rempli leurs fonctions.

En situation d'exploitation normale, le système de commande de température à l'échappement réagit pour réguler le débit de combustible lorsque la limite de température à l'allumage a été atteinte. Cependant, dans certains modes de défaillance, la température à l'échappement et le débit de combustible peuvent dépasser les limites de commande. Dans de telles circonstances, le système de protection contre les températures excessives fournit une signalisation d'alarme de température excessive avant de déclencher la turbine à gaz. Ceci permet à l'opérateur de décharger la turbine à gaz pour éviter le déclenchement.

Le système de protection contre les températures, excessives se compose de deux voies de température excessive qui sont pratiquement indépendantes, et qui ont chacune les composants principaux suivants:

- Trois détecteurs de température excessive à thermocouple.
- Un boîtier de calcul de moyenne, incluant une référence de soudure froide.
- Une carte unique de déclenchement de température excessive.
- Une carte unique d'alarme de température excessive.

1. Détecteurs à thermocouple

Les détecteurs pour le système de protection contre les températures excessives sont six thermocouples chromel-alumel. Ils sont situés dans le collecteur d'échappement de la turbine entre les thermocouples de commande de température et ils sont fixés dans des assemblages de protection contre le rayonnement (les mêmes que pour les thermocouples de commande). La caractéristique de sortie de thermocouple en millivolts en fonction de la température à une température à l'état stationnaire est la même que pour les thermocouples de commande.

2. Boîtier de calcul de la moyenne des thermocouples

Les fils provenant de chaque thermocouple sont connectés au boîtier de calcul de moyenne des thermocouples. Ils y sont connectés en deux **groupes**, chacun ayant trois thermocouples connectés en parallèle, d'une façon similaire à la connexion parallèle des thermocouples de commande dans le même boîtier de calcul de moyenne. Chacun des fils des deux signaux de thermocouple moyennés est connecté à un pont de compensation de soudure froide (un pont de compensation de soudure froide par voie). Ces deux signaux indépendants de thermocouple moyennés sont les entrées de la voie A (OTA) de température excessive et de la voie B (OTB) de température excessive arrivant sur la carte SOTH de déclenchement de température excessive, à la hauteur des voies A et B.

3. Carte de déclenchement

Lorsque la carte de déclenchement de température excessive est sollicitée, elle désactive l'électrovanne de déclenchement pour déclencher la vanne d'arrêt d'huile de combustible et/ou la vanne d'arrêt/rapport de gaz combustible.

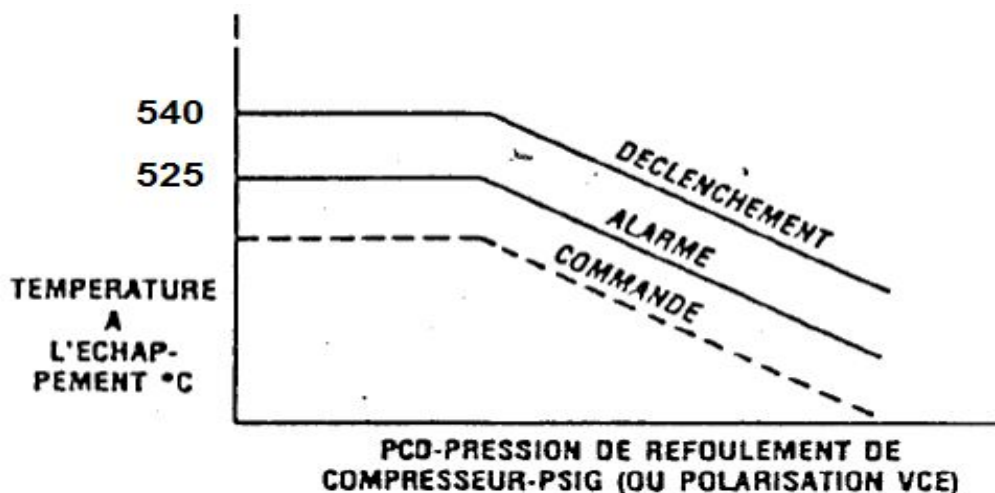


Figure 4.5: Points de consignes pour la protection contre les températures excessives

IV.3.3. Protection contre les vibrations

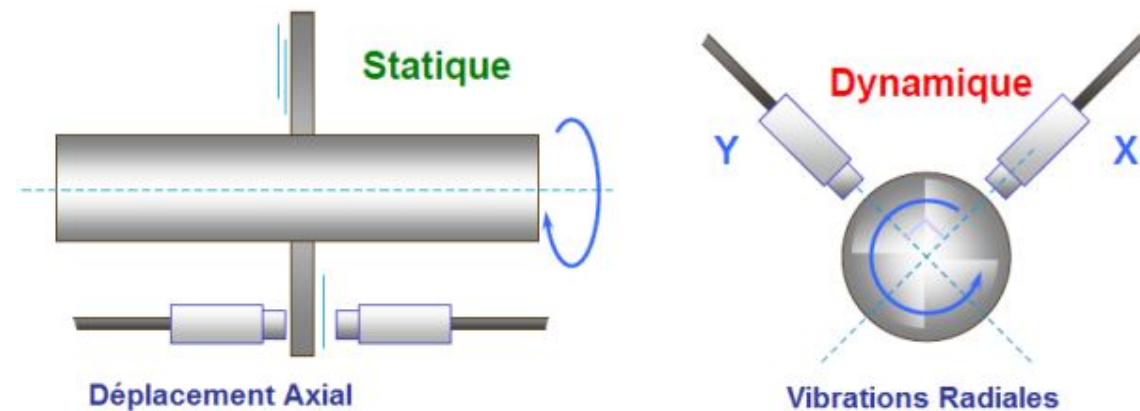


Figure 4.6 : disposition des capteurs de vibrations

Le système de protection d'une turbine à gaz contre les vibrations se compose de plusieurs voies de vibrations indépendantes. Chaque voie détecte une vibration excessive au moyen d'un transducteur de vibration fixé sur les carters de paliers prédéterminés de la turbine à gaz et sur les paliers de la charge entraînée. Le système va détecter deux niveaux de vibration: le point d'alarme qui va signaler mais ne va pas interrompre l'exploitation de la machine, et le niveau de déclenchement qui va provoquer l'arrêt de la turbine.

Dans le cas d'une vibration excessive, ce système va fonctionner pour émettre une alarme ou déclencher la turbine, par l'intermédiaire de l'armoire de commande Speedtronic, du système de déclenchement hydraulique et de la vanne de décharge. Les fonctions de base sont les suivantes:

- Alarme sur problème avec l'équipement de vibration (circuit défectueux)
- Alarme à l'approche d'une vibration élevée
- Déclenchement de la turbine sur vibration élevée

Les composants du système sont les suivants:

1. Transducteurs de vibration (capteurs)
2. Carte d'alarme de vibration
3. Carte de détecteur de défaillance et de déclenchement par vibration
4. Carte d'étalonnage et de lecture de vibration

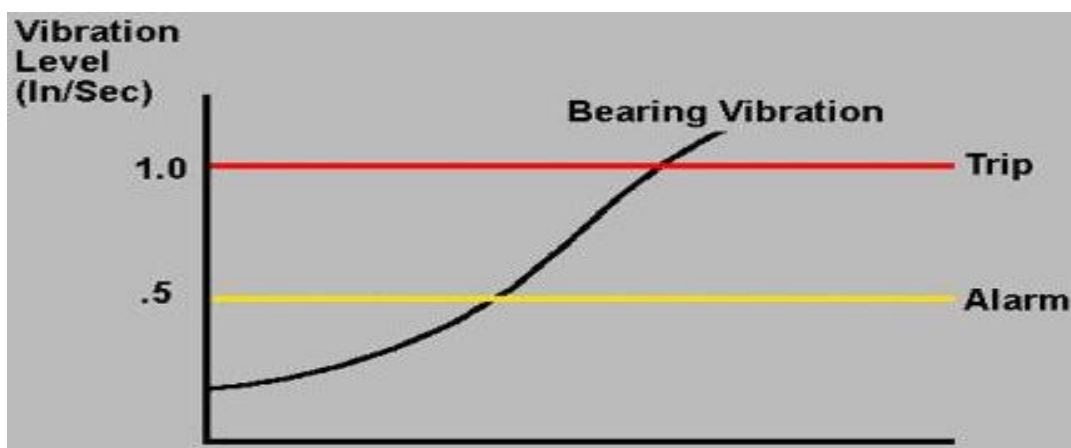


Figure 4.7 : points de consigne pour la protection contre les vibrations

IV.3.4. Protection contre la perte de flamme

IV.3.4.1. Détecteur de flammes

Les détecteurs de flamme McGraw Edison utilisés sur la turbine, répartis à raison de quatre par système de combustion, utilisent le principe du détecteur d'ultraviolets. Ils sont constitués de deux électrodes à tungstène dans un tube de verre de borosilicate ou de quartz partiellement rempli d'hydrogène. L'ensemble de détection se compose des tubes de détecteurs, de lentilles et d'un transformateur élèveur, tout ceci étant rassemblé dans la tête d'exploration. La tête est fixée sur un tuyau qui a un voyant en quartz entre la tête des lentilles de détection et la flamme dans la chambre de combustion. Lorsqu'on dispose de la tension appropriée aux bornes de l'électrode et qu'il existe un rayonnement ultraviolet, le gaz devient ionisé et le tube va être conducteur (amorcé). Lorsque le tube est amorcé, il draine du courant provenant de l'onduleur situé sur la carte d'indicateur de flamme (SFIA), et il en résulte une augmentation de la sortie de tension. Cette tension est convertie en tension continue, dont la magnitude est une indication de l'état de la flamme. S'il n'y a pas de rayonnement ultraviolet, le tube ne sera pas conducteur. Un transformateur élèveur 20 fois est fixé sur la tête de détecteur de turbine à gaz, permettant de pouvoir disposer de la haute tension appropriée sur le tube.

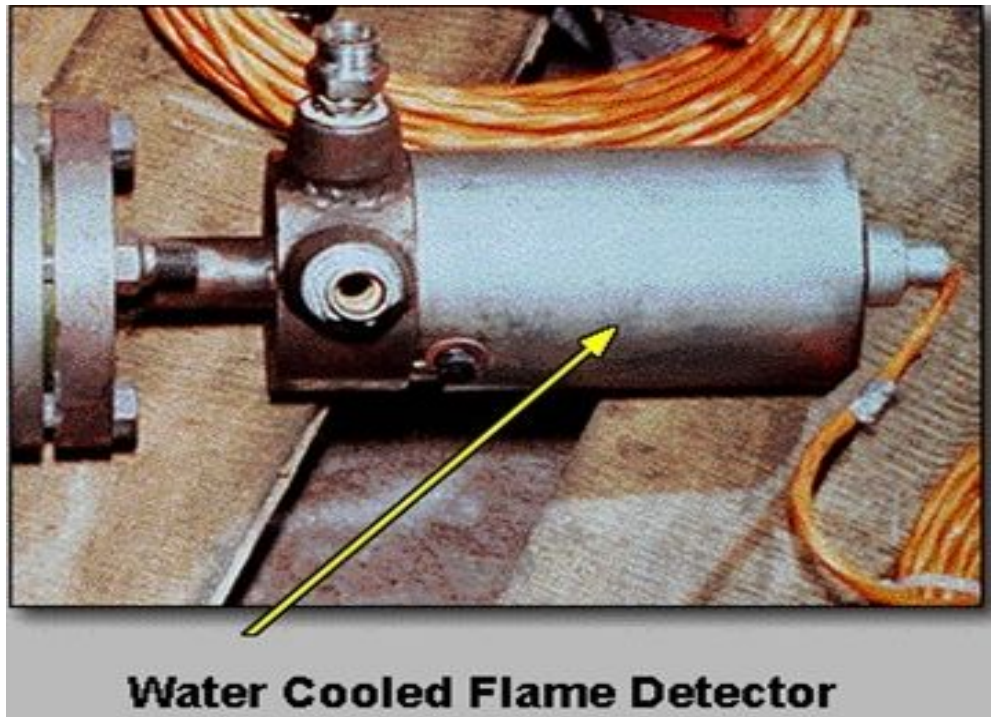


Figure 4.8 : Détecteur de flamme McGraw Edison

IV.3.4.2. Système de protection et de détection de flamme

Le système de détection de flamme est considéré comme étant un des systèmes de protection de la turbine. Il est utilisé pour détecter une flamme dans les chambres de combustion, et pour déclencher la turbine si une "perte de flamme" est détectée dans les chambres de combustion de la turbine.

Fondamentalement, les deux exigences principales du système de détection de flamme sont les suivantes:

1. Protéger la turbine pendant le démarrage. Au démarrage, le combustible d'une turbine est allumé par des bougies d'allumage à la vitesse d'environ 20%. Ces bougies sont allumées pendant un temps limité, normalement une minute. A la fin de la période d'allumage, le détecteur de flamme doit détecter la présence d'une flamme dans les chambres de combustion, sinon la tentative de démarrage sera interrompue en déclenchant la fermeture des vannes d'arrêt de combustible et en désexcitant le circuit d'allumage.
2. Protéger la turbine contre une "extinction" en cours de fonctionnement. Si une perte de flamme a été détectée alors que la turbine est en cours de fonctionnement, le combustible va être coupé et la turbine va être mise à l'arrêt.

IV.4. Proposition de certaines améliorations pour la sureté de fonctionnement

Vu que le de système de commande actuel ne satisfait pas les exigences de performance de la turbine aussi bien sur le plan sécuritaire que fonctionnel, il s'avère qu'il est nécessairement indispensable d'apporter des solutions qui vont remédier aux problèmes mentionnés ci-dessus. A ce point, on est amené à apporter certaines modifications au système

IV.4.1. Au niveau du système de commande

Les systèmes de contrôle de turbine sont critiques pour la sureté, l'efficacité et la continuité du fonctionnement pour un site de traitement de gaz. Les systèmes existants sont vieux, incertains et durs à maintenir en raison de l'indisponibilité des pièces de rechange. Le personnel au site ne devrait pas passer le temps à essayer de garder le fonctionnement du systèmes de contrôle. La conception et l'architecture d'un système de contrôle devrait incorporer une fiabilité élevée et une grande disponibilité. Ce type de système de contrôle permet à l'exploitant de l'installation de se concentrer sur le comportement de l'usine, en surveillant des paramètres critiques, maintenir l'usine et d'effectuer rapidement des corrections si nécessaire. Les vieux systemes de controle doivent etres remplacés par des systèmes de contrôle numériques modernes et fiables, ainsi les declenchements inutiles et non justifiés peuvent etres évités, ces nouveaux systemes doivent etres faciles à utiliser, maintenir, améliorer et faire une expansion à l'avenir.

- **Architecture Simplex et TMR**

La nécessité d'une plus haute fiabilité du système a déterminé les vendeurs à développer divers systèmes de redondance augmentée.

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

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

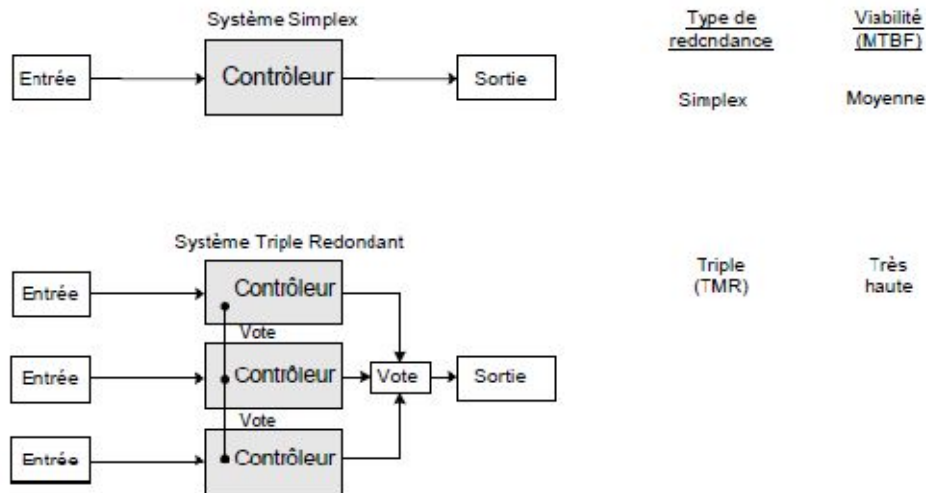


Figure 4.9 : Systemes triples redondants et simplex

Les systèmes simplex installés dans une centrale électrique sont utilisés pour les applications nécessitent une fiabilité normale, comme pour la commande des dispositifs auxiliaires et de l'installation de production d'énergie (BOP). Un seul PLC avec I/O locales et à distance devrait être utilisé dans cette application. Dans un Tricon typique beaucoup d'I/O sont non-critiques et sont installées et configurées comme des cartes simplex. Ces cartes I/O simplex peuvent être mélangées avec les cartes TMR dans le même module d'interface.

Les systèmes de commande triples modulaires Redondants (TMR), tels un système Tricon, sont utilisés pour les applications de commande et protection des turbines exigeantes. Ici la fiabilité la plus haute assure la période minimale d'arrêt de la centrale à cause des problèmes de commande, puisque la turbine peut continuer de fonctionner même avec un contrôleur défectueux ou un canal I/O. Dans un système TMR, les défaillances sont détectées et annoncées et peuvent être remédiées en-ligne. Cela signifie que le système de protection de la turbine est considéré fiable et complètement fonctionnel, si un problème survient à la turbine.

- **Fonctionnement du système TMR**

Les systèmes de vote demandent que les données d'entrée soient votées et que le résultat voté soit disponible pour l'utilisation au test suivant de calcul. Ces fonctionnements séquentiels pour chaque test sont l'entrée, le vote, le calcul et la sortie. L'intervalle de temps qui est alloué à

ces opérations est appelé *cadre*. Le cadre est configuré à une valeur fixe pour une application donnée, de telle manière que le logiciel de commande fonctionne à une fréquence uniforme.

Pour les systèmes SIFT, une portion significative de la tolérance des défaillances est implémentée dans le logiciel. L'avantage de cette méthode est que le logiciel ne se dégrade pas avec le temps. Le modèle SIFT demande plus de trois contrôleurs identiques avec une certaine marge de transfert de données entre eux. Tous les échanges de données, les votes et la sélection de la sortie peuvent être effectués par le logiciel. L'exception à la méthode *tout logiciel* est la modification des circuits de sortie du matériel pour le vote du matériel.

Si chaque contrôleur utilise le même logiciel, le logiciel de commande du mode de chaque contrôleur se synchronise et répond à une copie identique à lui-même, qui fonctionne dans chacun des autres contrôleurs. Les trois logiciels actionnant ensemble sont appelés *exécutifs distribués* et coordonnent toutes les opérations des contrôleurs, ci-inclus les opérations séquentielles mentionnées ci-dessus.

Il y a plusieurs demandes différentes de synchronisation. La synchronisation des cadres permet à tous les contrôleurs et les modules I/O associés de traiter les données en même temps pour un cadre donné. L'erreur de synchronisation des cadres est déterminée au commencement du cadre (SOF) et les contrôleurs doivent régler leur synchronisation intégrale de telle manière que tous les trois contrôleurs atteignent le SOF du même cadre en même temps.

L'erreur de temps acceptable de SOF est typiquement de plusieurs microsecondes dans les systèmes de commande de 10 à 25 Hz, qui sont rencontrés. Les erreurs significatives de synchronisation SOF affecteront le temps de réponse total du dispositif de commande, puisque le dispositif de décision causera un délai jusqu'à ce qu'au moins deux contrôleurs n'aient calculé les nouvelles valeurs.

La demande contraignante pour la synchronisation vient de la nécessité de mesurer les fois de contact SOE avec une précision de 1 ms.

- **Fiabilité du TMR**

La fiabilité est représentée par le paramètre "Mean Time Between Forced Outage" (MTBFO) du système de commande. Le MTBFO est une fonction pour l'utilisation des cartes afin de commander et protéger la turbine. Le système MTBFO complet dépend de la dimension du système, du nombre de cartes simplex et du degré de multiplication en trois exemplaires de la sonde.

Dans un système Simplex, la défaillance du contrôleur ou de la communication I/O peut entraîner une indisponibilité forcée, mais il y a des modules I/O non-critiques, qui peuvent échouer et être changés sans que l'arrêt soit nécessaire. Le MTBFO est calculé à l'aide des taux publiés de défaillance pour les composants.

La disponibilité est le pourcentage du temps pendant lequel le système est en fonctionnement, prenant en considération le temps de réparation d'une défaillance.

Avec un système TMR, il peut y avoir des défaillances sans pertes forcées, parce que la défaillance dans le système peut être réparée pendant qu'il continue de fonctionner.

Le calcul MTBFO est complexe, puisqu'il calcule essentiellement la probabilité d'une deuxième défaillance (critique) dans un autre canal, pendant que la première défaillance est remédiée. Le temps alloué à la réparation est une entrée du calcul.

La disponibilité d'un système TMR bien conçu permettant une réparation temporaire en ligne est en fait 100%. Des pertes forcées possibles peuvent encore survenir, si une deuxième défaillance d'un circuit critique survient avant que la réparation ne puisse être finie. D'autres pertes forcées possibles peuvent survenir si le personnel qui exécute la réparation alimente excessivement le module incorrect.

IV.5. Proposition de certaines améliorations pour la sécurité

IV.5.1. Au niveau de la sécurité

La sécurité joue un rôle très important dans l'industrie. Dans la gestion des entreprises, la sécurité industrielle, au sens large, consiste à garantir la sécurité des biens, des personnes et également la pérennité de l'entreprise.

La défaillance d'un composant peut se propager sur des composants voisins (effet domino), de sorte que la sécurité industrielle doit aujourd'hui être envisagée au travers de l'interopérabilité des systèmes, qui comporte une composante de sécurité informatique très importante.

IV.5.1.1. Contrôle des vibrations externes

Etant donné le mode de fonctionnement de cette turbine, qui est attaché au milieu gazeux, il est préférable de prendre des précautions pour se protéger, d'où la nécessité d'emplacement de capteurs de vibration piézoélectriques sur l'enveloppe de la turbine qui vont pouvoir détecter les vibrations externes provoquées par la turbine elle-même ou une éventuelle cause extérieure.



Figure 4.10 : Accéléromètre piezoélectrique pour mesure de vibrations

IV.5.1.2. Contrôle de la combustion

Contrôle des thermocouples à l'échappement pour détecter des problèmes de combustion afin de réduire la probabilité que la turbine à gaz subisse des dommages généralisés si le système de combustion se détériore. Le Tricon effectue ceci en examinant les thermocouples de la température à l'échappement. Si des changements se produisent dans le profil des lectures faites sur les thermocouples une alarme s'affiche en cas de début de problème ou déclencher la turbine en cas de problème sérieux qui perdure. Le profil irrégulier à l'échappement peut avoir été provoqué par une rupture de pièce de transition, par la perte de combustible ou de flamme dans une chambre de combustion, ou par n'importe quel autre défaut de fonctionnement relié à la combustion.

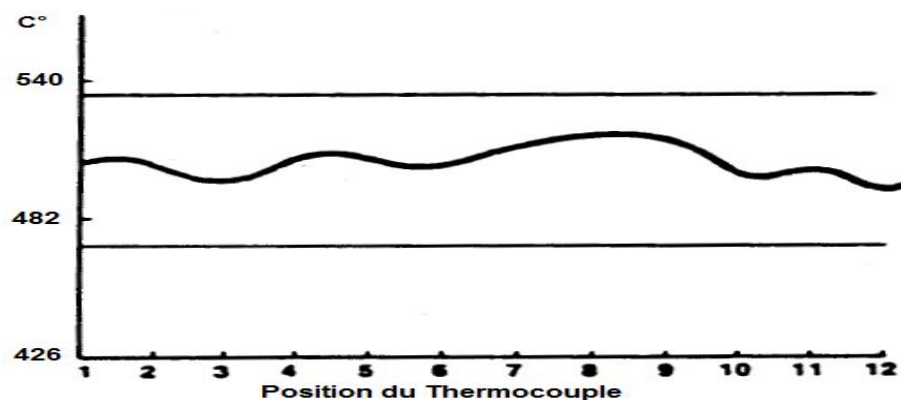


Figure 4.11 : Profil de température à l'échappement – normal

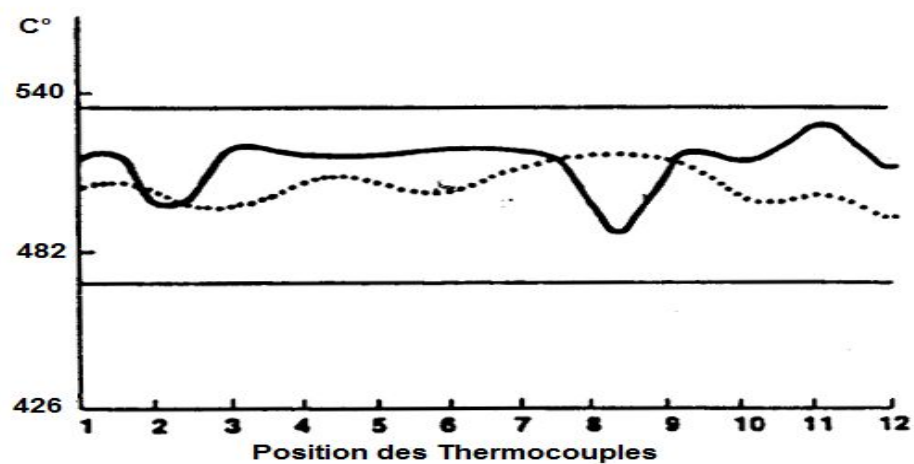


Figure 4.12 : Profil de température à l'échappement – début de problème

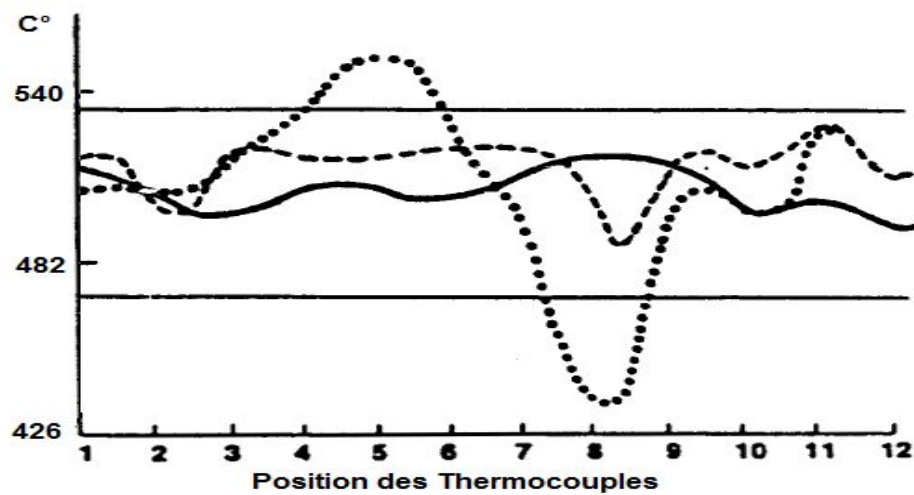


Figure 4.13 : Profil de température à l'échappement – problème sérieux

IV.6. Utilisation d'une Interface Homme Machine

Vu la grande importance de la turbine, une surveillance en temps réel semble nécessaire ce qui est faisable avec une interface homme machine.

IV.6.1. Description de Wonderware

Depuis plus de 20 ans, InTouch s'est imposé comme le logiciel de supervision le plus convivial et le plus simple à utiliser au monde. Ses interfaces de conception exploitent largement les moyens de navigation utilisés par les logiciels Microsoft. Au fil des années, InTouch a su conserver cette légendaire simplicité d'utilisation tout en intégrant les nouvelles technologies (ActiveX, Contrôles.NET, OPC, Terminal Services...) et en proposant des fonctionnalités de plus en plus évoluées (base de données structurée et distribuée, alarmes et historiques distribués, développement centralisé, conception graphique objet, gestionnaire de sécurité 21 CFR Part 11, fonctions utilisateurs...). Aujourd'hui avec plus de 500 000 licences InTouch en service dans le monde, Wonderware supervise et améliore les performances de plus d'une usine sur trois. On retrouve les applications InTouch dans tous les environnements industriels : industrie manufacturière, process ou tertiaire, pour le contrôle commande, la supervision ou l'acquisition de données, etc. Qu'il s'agisse d'applications monoposte ou en réseau, InTouch offre une évolutivité et une extension des installations sans remise en cause de l'existant tout en assurant une compatibilité ascendante totale des applications. Les investissements déjà réalisés sont ainsi préservés.

InTouch, de Wonderware est une interface IHM graphique des données d'usine et de procédé. Il permet de mettre en oeuvre et déployer des applications de dialogue homme-machine sous Windows, totalement distribuées et intégrées avec les autres applications de la suite Orchestra: automatisation, traçabilité, historisation des données, pilotage de Batch et visualisation via Internet.

Il saisit, affiche et archive des données de procédé et les présente à l'opérateur, idéalement dans un format facile à utiliser. C'est un puissant interface opérateur qui prend des données des dispositifs de contrôles/commande (API, capteurs intelligents, etc...) et les affiche pour qu'elles soient utiles à un opérateur. On retrouve les applications d'InTouch dans tous les environnements industriels : industrie manufacturière, process ou tertiaire, pour le contrôle-commande, la supervision ou l'acquisition de données, etc. InTouch, tout en étant puissant, demeure simple à utiliser une fois qu'on comprend les concepts de base.

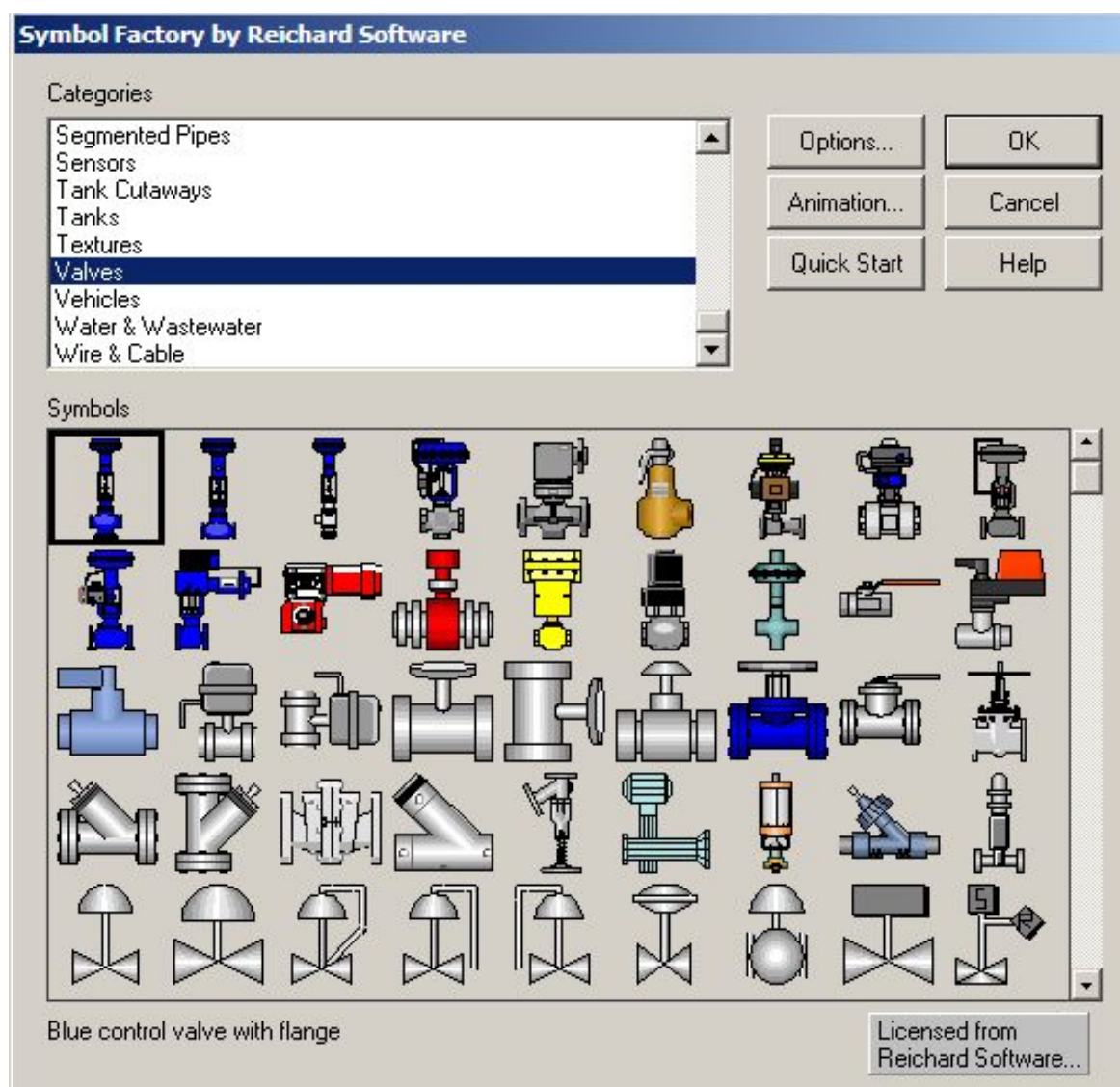
IV.6.2. Environnement d'InTouch

Intouch compose principalement de 3 parties : Application Manager, - Window Maker et Window Viewer.

- 1) Application Manager (gestionnaire d'application) : il nous permet de créer une nouvelle application ou d'organiser les applications créées (gestion des répertoires, des paramètres globaux...)
- 2) Window Maker : il nous permet de développer l'application : la base de données temps-réel, les fenêtres d'animation en utilisant les objets graphiques et leur paramétrage.
- 3) Window Viewer : c'est l'environnement d'exécution, avec la visualisation dynamique des fenêtres graphiques créées dans Window Maker. Il exécute les QuickScripts, l'historisation des datas, les liens client-serveur DDE, les protocoles de communication SuiteLink. Il lance les alarmes, gère les recettes et les Batch de procédé (fabrication par lot)

Outils "Wizard"

De nombreux objets industriels ont une représentation graphique conventionnelle. Ces éléments pré-dessinés sont stockés dans une bibliothèque livrée avec le logiciel. Cette bibliothèque est accessible par le bouton Wizard du menu général.



Il suffit de sélectionner un élément par double-clic pour le recopier dans la fenêtre en cours d'édition. L'objet est redimensionnable lors de sa mise en place. Une bibliothèque supplémentaire est contenue dans **Symbol Factory**.

Ces éléments graphiques permettront de donner un aspect professionnel à l'application.

IV.6.6. Wonderware Mobile Reporting

SmartGlance & Wonderware Mobile Reporting Connector Aujourd'hui, pour les décideurs ainsi que les personnels mobiles dans les industries du process, de l'énergie et du manufacturier notamment il est capital d'être informé en temps réel sur les performances opérationnelles des équipements. C'est dorénavant possible avec la solution SmartGlance - Mobile Reporting de Wonderware. SmartGlance Mobile Reporting se compose de SmartGlance,

le service de reporting téléphonique pour Smart Phone et du Wonderware Mobile Reporting Connector qui fournit des données provenant de Wonderware ou d'autres sources éventuelles. Cumulant l'utilisation de 2 technologies les plus avancées aujourd'hui, le « Cloud Computing - informatique dématérialisée » et les téléphones intelligents, SmartGlance peut envoyer des rapports de manière automatique ou à la demande vers des téléphones intelligents ayant souscrit cette demande.

L'architecture, basée sur l'utilisation de "Clouds Computing" élimine le besoin d'investir dans de coûteux serveurs de données locaux permet ainsi à l'ensemble des équipes d'une entreprise ou usine de recevoir des rapports de données avec un investissement informatique très réduit. L'application téléphonique SmartGlance profite également pleinement des puissantes fonctionnalités de navigation des téléphones intelligents de dernière génération apportant ainsi une lecture ainsi qu'une navigation facile des rapports. SmartGlance supporte les téléphones intelligents les plus répandus actuellement sur le marché comme : l'iPhone, l'IPad et l'iPod Touch d'Apple mais aussi la plupart des téléphones Blackberry.



Figure 4.14: Exemple d'écran SmartGlance sur téléphone mobile

- **Principales fonctionnalités :**
- Indicateurs clés de performances et rapports disponibles depuis n'importe quel endroit et à n'importe quel moment
- Puissant système d'affichage d'informations pour résoudre aisément les problèmes
- Prise en charge d'une puissante navigation sur écran tactile
- Système sécurisé basé sur la technologie « Cloud Computing »

Conclusion

Dans ce chapitre , on a présenté les organigrammes fonctionnelles de la turbine à gaz ainsi que sa sécurité actuelle,qui nous a paru non exhaustive, et une absence de la sureté qui nous a mené à apporter quelques améliorations au niveau de la commande.

La grande popularité du telephone mobile est un atout qu'il faut utiliser pour apporter plus de soin à la turbine et son système de commande.

Conclusion

Conclusion générale

Notre projet de fin d'études qui s'est déroulé dans le Département de maintenance / SH /DP / TFT avait pour principal objectif de nous imprégner de la réalité industrielle et de nous mettre au fait des différentes techniques de l'instrumentation utilisées.

L'objectif du travail réalisé dans ce mémoire consiste à étudier un nouveau système de commande le Triconex Tricon et nous avons proposé son installation dans l'Unité UTGA. Un autre objectif consiste à exploiter ce système pour améliorer la sécurité et la sûreté de fonctionnement pour une turbine à gaz type GE MS5002C.

L'étude menée révèle que le Tricon représente un système de commande qui a une sûreté de fonctionnement très élevée grâce à la configuration TMR qui est de très grande fiabilité et de disponibilité. Il présente la facilité de l'entretien même aux cours de fonctionnement,

Le Tricon 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. Il présente aussi 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.

Le Tricon est facile à exploiter grâce à l'interface homme machine Wonderware et sont extension mobile SmartGlance & Wonderware Mobile Reporting Connector. Ainsi, nous avons proposé une amélioration de la sécurité et sûreté de fonctionnement en introduisant de nouveau capteurs et modifiant leur gestion.

L'introduction de la HMI permet d'améliorer la sûreté et de réduire le temps de décision en cas d'anomalie.

Liste des Figures

et des tableaux

La liste des figures

Figure 1.1 : Variation du couple en fonction de la vitesse de la turbine de lancement ...	11
Figure 1.2 : Cycle de BRAYTON	15
Figure 1.3 : Système de commande d'une turbine a gaz	22
Figure 2.1 : Avant d'une armoire de commande Mark 2	25
Figure 2.2 : Arrière de l'armoire de commande Mark 2	32
Figure 2.3 : Caractéristique typique d'une commande de lancement	35
Figure 2.4 : Schéma du principe de la commande de vitesse	36
Figure 2.5 : Schéma du principe de la commande de température	37
Figure 3.1: Architecture Triplée Modulaire Redondante (TMR).....	40
Figure 3.2 : Illustration du système de vote de TRIBUS	41
Figure 3.3 : Illustration de fond du panier du TRICON	43
Figure 3.4: Architecture des modules d'alimentation.....	44
Figure 3.5: Architecture de processeur principal (modèle 3008)	45
Figure 3.6 : Architecture d'un module d'entrées logiques TMR.	47
Figure 3.7 : Architecture d'un module d'entrées analogiques TMR.....	49
Figure 3.8 : Architecture d'un module d'entrée Impulsion TMR.....	50
Figure 3.9 : Architecture d'un module de sorties logiques TMR.....	52
Figure 3.10 : Architecture d'un module de sorties analogiques TMR.	53
Figure 4.1 : Principe général d'un capteur	70
Figure 4.1: Disposition des capteurs de vitesse	71
Figure 4.2 : Ensemble de déclenchement pour la protection contre les Survitesses	72
Figure 4.3: Ponits de déclenchement électronique et mécanique.....	73
Figure 4.4: Points de consignes pour la protection contre les températures excessives .	75
Figure 4.5 : disposition des capteurs de vibrations	75
Figure 4.6 : points de consigne pour la protection contre les vibrations	76
Figure 4.7 : Détecteur de flamme	77
Figure 4.8 : Systèmes triples redondants et simplex.....	79
Figure 4.9: Accéléromètre piezoélectrique pour mesure de vibrations	82
Figure 4.10 : Profil de temperature à l'échappement – normal	83
Figure 4.11 : Profil de temperature à l'échappement – début de problème	83
Figure 4.12 : Profil de temperature à l'échappement – problème sérieux	83
Figure 4.13 : exemple d'ecran SmartGlince sur telephone mobile	87

La liste des Tableaux

Prêt au démarrage des auxiliaires.....	19
Démarrage accepté	19
Prêt à la purge.....	20
Prêt à la mise en feu.....	20
Prêt à la charge.....	20
Arrêt normal des auxiliaires.....	20
Déclanchement des auxiliaires.....	21
Fonctions d'un système Speedtronic.....	33

Annexe

1. Organisation structurelle

1.1. Organisation de la Direction Régionale de TFT

La direction régionale de Tin Fouyé Tabankort est structurée comme présenté dans le schéma de la Figure 2 :

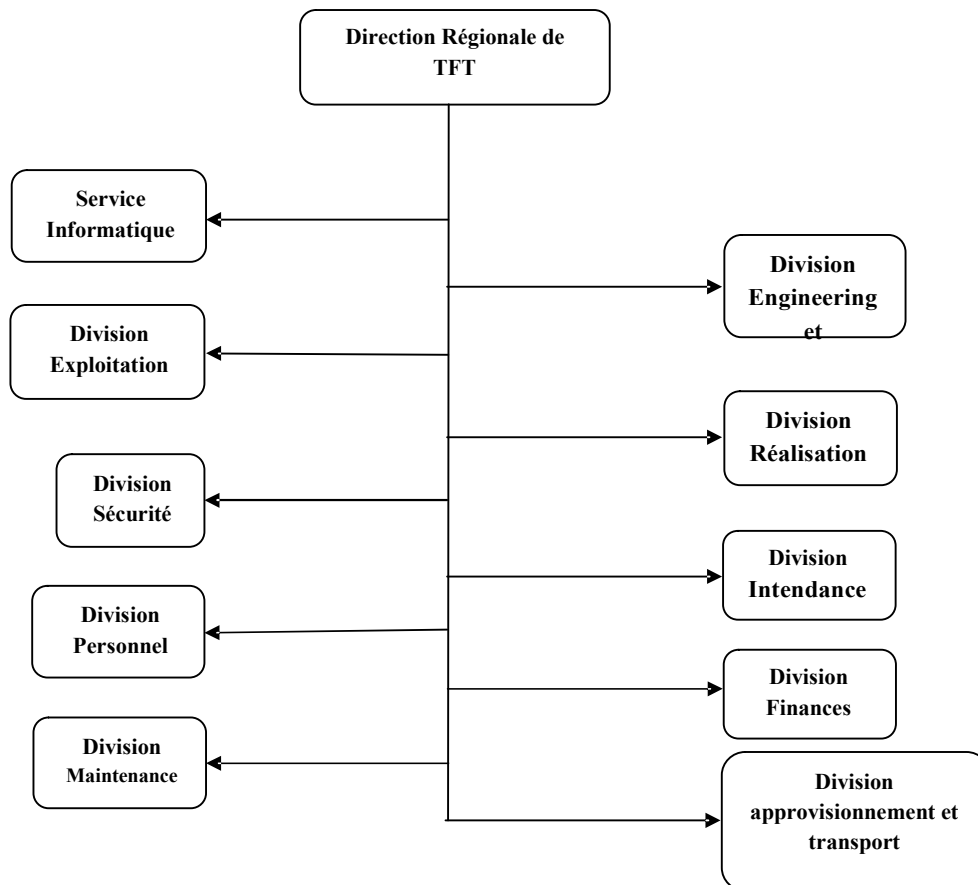


Figure 1: Structure de la direction régionale de Tin Fouyé Tabankort

1.2. Organigramme de la Division Maintenance

Cette division gère toute la maintenance des équipements industriels tels que les turbines, les pompes et les compresseurs, les moteurs thermiques, les moteurs électriques, et tout ce qui concerne l'instrumentation. La Division Maintenance est composée de cinq services comme l'illustre la Figure 3

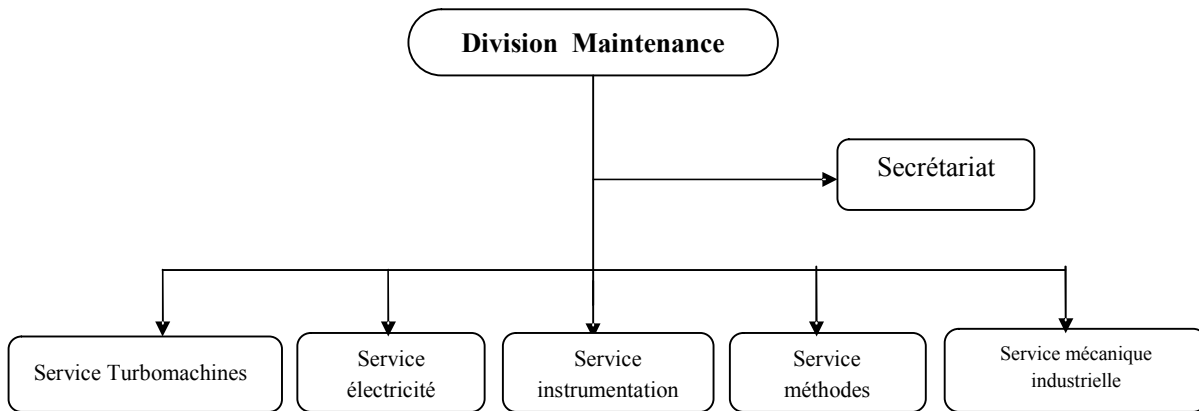


Figure 2 : La Division Maintenance de l'UTGA

1.3. Service instrumentation

Ce service est chargé de la maintenance des instruments pneumatiques et électroniques, ainsi que les équipements de régulation tels que, les régulateurs, les vannes, les transmetteurs, les capteurs etc. Il intervient aussi dans la réparation des équipements de différentes unités.

Les principales opérations de ce service sont :

- Nettoyage, vérification et contrôle des instruments de régulation (pneumatique et électronique).
- Contrôle des points de consigne.
- Vérification de la pression d'air instrument à l'entrée de chaque dispositif.
- Etalonnage des instruments.
- Vérification de l'état de toutes les alimentations du système.
- Contrôle et vérification des systèmes antincendie.
- Intervention en cas de pannes.

La structure de ce service est illustrée dans la Figure 4.

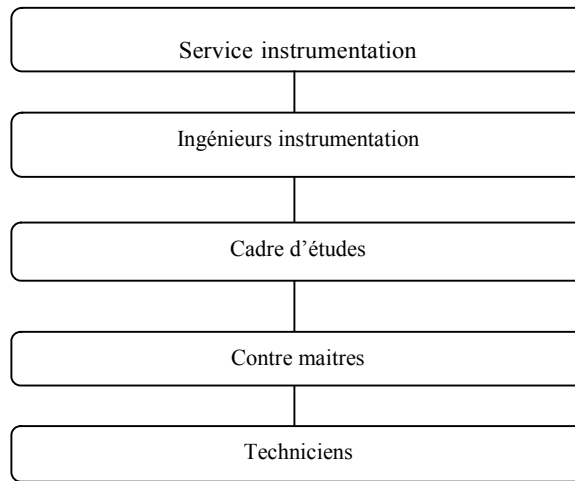


Figure 3 : Schéma structurelle du service instrumentation

2. Différentes sections de l'unité de traitement des gaz associés (UTGA) [2]

Cette unité se compose de quatre principales sections. Chaque section effectue une tâche complémentaire à la section suivante. Les différentes sections constituant l'unité sont les suivantes :

2.1. Section de compression de gaz à Basse Pression (BP)

Le gaz associé à basse pression réceptionné des différents centres de séparation est envoyé à la section de compression BP représenté dans la Figure 7

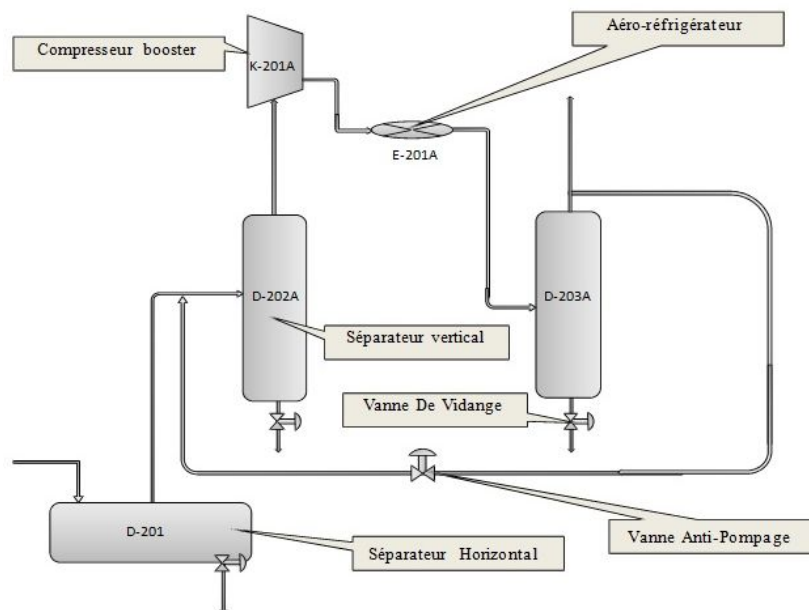


Figure 4 : Section de compression de gaz BP

Dans le schéma donné figure 4, la section de compression est constituée de :

- Un compresseur de gaz B.P (K-201A) entraîné par un moteur électrique avec ses installations auxiliaires.
- un refroidisseur (E-201A).
- deux séparateurs verticaux (D-202A et D-203A).
- un séparateur horizontal (D-201).

Le gaz associé basse pression provenant des centres de séparation CS1, 2, 3, 4, 5 est injecté dans le séparateur horizontal des condensats (D-201). Le gaz sortant du séparateur (D-201) est acheminé vers les deux unités de compression A et B dont chacune a une capacité de traitement correspondant à 50% de la quantité totale des gaz B.P. Le gaz à l'entrée de la section de compression basse pression, subit une deuxième séparation dans le ballon d'aspiration vertical (D202A).

Le compresseur booster (k-201 A) est alimenté par le gaz sortant du ballon d'aspiration (D-202A) pour le comprimer jusqu'à la pression équivalente à celle du gaz associé à haute pression qui est de l'ordre de 6 bars. Le gaz à la sortie du compresseur booster (K-201A) est refroidi par le refroidisseur complémentaire du compresseur booster (E-201 A) et décanté au niveau du ballon de refoulement du compresseur booster (D-203 A).

Après cette phase de décantation, le gaz à sa sortie est mélangé avec le gaz associé HP qui est réceptionné des centres de séparations et envoyé à la section de compression de boosting via le séparateur horizontal d'entrée haute pression (D-101).

2.2. Section de compression de boosting et de ré compression

Le gaz associé à haute pression réceptionné du séparateur d'entrée gaz HP (D101) est envoyé à la section de compression, comme présenté en Figure 8.

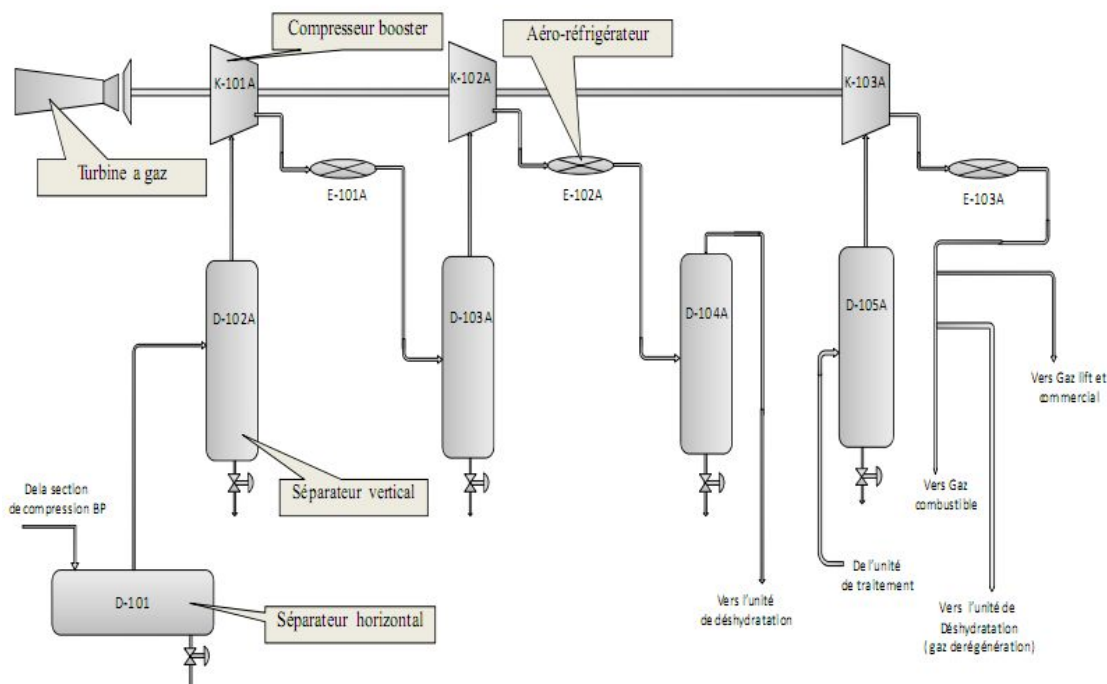


Figure 5 : Section de compression de boosting

Cette section est constituée de deux unités de compression où chaque unité se compose de :

- Trois compresseurs (deux pour le boosting (K-101A et K-102A), un pour la re-compression (K-303A) qui sont entraînés par une turbine à gaz et ses installations auxiliaires.
- Quatre ballons verticaux (D-102A, D-103A et D-104A).
- Trois refroidisseurs (E-101A, E-102A et E-103A).

Chaque train de compression comprime 50% de la quantité nominale de production du gaz de la station.

Le gaz haute pression émanant des centres CS1,2,3,4,5 est associé au gaz provenant du compresseur de gaz à basse pression, dans le séparateur horizontal d'entrée de gaz haute pression (D-101) d'où le gaz est envoyé à deux trains de compression de boosting identiques.

Dans chacun des trains de compression, le gaz passe par le premier ballon d'aspiration du premier compresseur booster (D-102A/B) pour y être décanté. A la fin de cette phase de décantation ce gaz sera comprimé dans le compresseur booster (K-101 A/B) de 6 à 30 bars. Le gaz sortant du compresseur (K-101A/B) est mélangé avec le gaz chaud de régénération en provenance de la section de déshydratation, et passe par le refroidisseur (E-101A/B).

Après être refroidi, le gaz entre dans le deuxième ballon d'aspiration du deuxième compresseur booster (D-103A/B), en sortant de ce dernier le gaz entre dans le compresseur booster (K-102A/B) pour y être comprimé de 30 à 80 bars. A sa sortie il passe par le refroidisseur (E- 102A/B) puis entre dans le séparateur vertical (D104A/B), de là, il sera envoyé vers la section de déshydratation.

Le gaz traité sortant du séparateur (D-402) est envoyé au ballon d'aspiration du compresseur (D-105A/B) via l'échangeur gaz-gaz (E-402), puis entre dans le compresseur (K-103A/B) où il sera comprimé à une pression de 80 bars. En sortant du compresseur, le gaz passe par le refroidisseur (E-103A/B) puis sera envoyé au centre de séparation CS2 comme gaz lift.

Une fine partie de ce gaz est utilisée pour la régénération des déshydratants, et comme gaz de combustion. La quantité restante est canalisée vers le réseau commercial.

2.3. Section de traitement de gaz

Cette section a pour fonction d'assurer le traitement et la purification du gaz séché en le débarrassant de ses condensats. La figure 9 est le schéma représentatif de cette section.

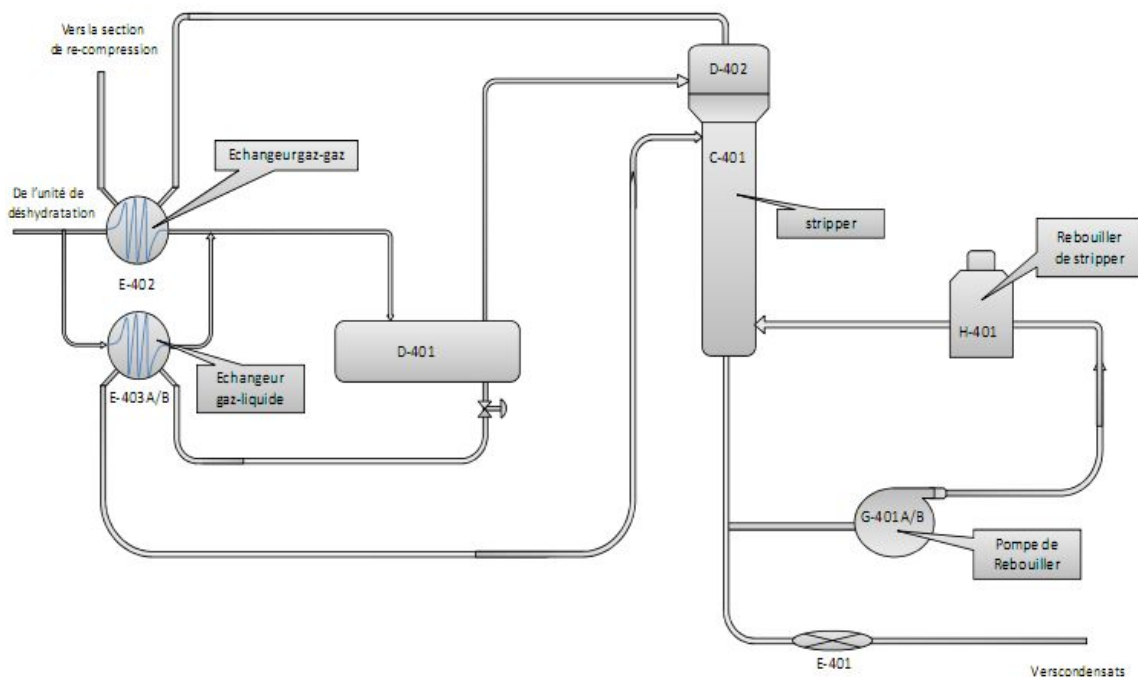


Figure 6: Section de traitement

L'unité de traitement est constituée de :

- Deux séparateurs (D-201 et D-202)
- Un échangeur gaz /gaz (E-402) et deux échangeur gaz/liquide(E-403 A/B)
- Un stripper (C-401)
- Un rebouilleur de stripper (H-401)
- Deux pompes de rebouilleur (G-401A/B)
- Installations d'évacuation des condensats avec un refroidisseur.

Le gaz sec en provenance de la section de déshydratation est devisé en deux écoulements ; l'un subit un échange thermique avec le gaz provenant du séparateur à basse pression (D-402) dans l'échangeur gaz/gaz (E-402) et l'autre avec le liquide provenant du séparateur à haute pression (D-401) dans l'échangeur gaz/liquide (E-403A /B). Ces deux écoulement de gaz sont ensuite réunis à nouveau et entrent dans le séparateur à haute pression (D-401) dans lequel il sera décanté. Le gaz à la sortie du séparateur (D-401) est envoyé au séparateur (D-402) où il subit une détente adiabatique afin de réduire son point de rosé, et où le liquide condensé est expédié au stripper (C-401).

Dans le stripper (C-401), une légère fraction gazeuse est extraite des condensats. Le liquide de fond est pompé par la pompe du rebouilleur de stripper (G-401A/B) vers le rebouilleur (H-401), où il sera rebouilli puis réinjecté dans le stripper pour extraire le maximum de condensats.

Le condensat de fond est refroidi par le refroidisseur (E-401) puis envoyé au centre CS2 où il sera mélangé et expédié avec l'huile brute.

Le gaz sortant du séparateur à basse pression (D-402) est acheminé vers l'échangeur gaz/gaz (E-402) où il est réchauffé par échange thermique. Ce gaz à la sortie de l'échangeur (E-402) est canalisé vers le séparateur (D-105) du compresseur (K-103).

2.4. Section de déshydratation de gaz

C'est la section est gérée par l'automate auquel, cette section a pour fonction de réduire la teneur en eau du gaz. Elle est constituée de trois sécheurs à tamis moléculaire (D-301A/B/C) et deux réchauffeurs à gaz de régénération (H-301A/B).

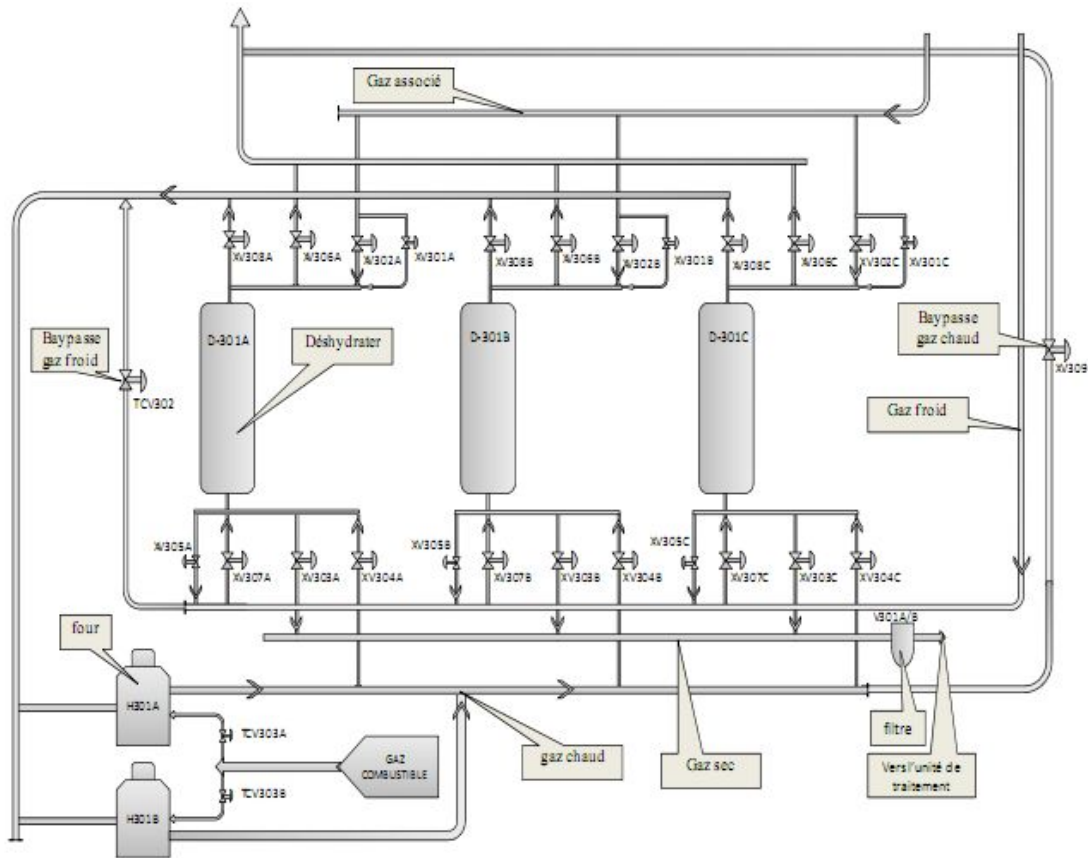


Figure 7: Section de déshydratation

Chaque réchauffeur a une capacité suffisante pour pouvoir régénérer la tour en état de saturation. Les trois déshydratants sont installés en parallèle de manière à ce que l'un soit en adsorption, l'autre en refroidissement et le dernier en régénération.

Le gaz de refroidissement émane de la sortie du refroidisseur complémentaire du compresseur (E-301A/B). Son rôle est de faire baisser progressivement la température des déshydratants après avoir été chauffé à une température dépassant les 300°C.

Après usage, ce gaz est chauffé au moyen de deux réchauffeurs de façon à ce qu'il puisse être réutilisé pour la régénération des tamis moléculaires, en les débarrassant de leur humidité, puis il est acheminé vers la sortie des compresseurs (K-101A/B) pour y être recyclé.