

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



Faculté de Génie Electrique et Informatique  
Département d'Automatique

## Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

*Master Professionnel en Automatique*

Option : Automatique

Industrielle

## Thème

*Etude de boucle de vitesse dans la turbine à gaz  
contrôlée par le système Mark VIe  
cas de SONATRACH*

Proposé et dirigé par :

**Mr Ahmed KASRI**

M.A.A UMMTO, Président

**Mme Khedoudja KHERRAZ**

M.C.B UMMTO, Promotrice

**Mme Aldjia NAIT ABEDESSELAM**

M.A.A UMMTO, Examinatrice

**Mme Ouiza BOUKENDOUR**

M.A.A UMMTO, Examinatrice

**Mr Yassine BENAMOUR**

Ingénieur Sonatrach C-Promoteur

Présenté par :

MAKHLOUF Lydia

TALHI Nouara

Soutenu le: 02/07/2018

Promotion 2018

*En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU qui nous a donné la force pour accomplir ce travail.*

*Nous adressons nos remerciements à notre promotrice Mme Kherraz Khedoudja et nous encadreur Benamour Yassine et Boularaf Zakaria et Griza Naccer pour nous avoir dirigé tout au long de ce travail, messieurs les membres du jury pour leurs collaboration durant l'examen de ce travail et leurs participation à la soutenance.*

*Nous tenons aussi à remercier profondément tous ceux qui nous ont aidés à bien bénéficier de notre stage au sein de la SONATRACH GTFT Messieurs : M.Abasse, B.Abd-lekrim, Y.Brahim, Z.Mestafa , A.Helal, K.Salah, B.Houssin, K.Soufian, B.Yassine , B.Hamza et à tous les travailleurs de département maintenance, et avec immense plaisir que nous présentent mes vives gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au déroulement de notre stage pratique. Nous tenons à remercier mes amis qui m'ont toujours soutenus, et tout la promotion 2018 Automatique Industriel.*

*Lydia et Nouara*

ML

**Remerciement**

# *Dédicace*

*J'ai toujours pensé faire où offrir quelque chose à mes parents en signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti comme efforts, rien que pour me voir réussir, et voilà, l'occasion est venue.*

*A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté, et de fierté, de sagesse et de patience.*

*A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance.*

*A mes chers parents.*

*A mes frères, et mes sœurs et leurs familles.*

*A mes grande mère et mon grand-père.*

*A mon chère fiancée .*

*A ma chère belle-mère et beau-père et mes belles sœurs et leurs familles.*

*A mon oncle Amar Kheloufi.*

*A toute ma famille Makhoulf et Aichi.*

*A ma très chère binome Nouara et chère amie Hayet.*

*A tous mes Amis sans exception.*

*A tout la promotion Automatique industrielle 2018.*

**M.LYDIA**MMMMMMMMMMMM

# *Dédicace*

*J'ai toujours pensé faire où offrir quelque chose*  
à  
*mes parents en signe de reconnaissance pour tout ce*  
*qu'ils ont consenti comme efforts, rien que pour me*  
*voir réussir, et voilà, l'occasion est venue.*

*A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté,*  
et  
*de fierté, de sagesse et de patience.*

*A ceux qui sont la source de mon inspiration et de*  
*mon courage, à qui je dois de l'amour et de la*  
*reconnaissance.*

*A mes chers parents.*

*A mon frère, et Mes sœurs et leurs familles.*

*A ma grande-mère et mon grand-père.*

*A toute ma famille Talhi et Dehmani.*

*A ma très chère binome Lydia et chère amie Hayet.*

*A tous mes Amis sans exception.*

*A cher Amar Kheloufi*

*A tout la promotion Automatique industrielle 2018.*

**TNOUARA**



# Sommaire

Introduction générale.....	1
<u>ChapitreI</u>	<u>Présentation de la région Rhourde Nous</u>
I-Introduction . . . . .	2
II-Présentation de la région de Rhourde Nous.....	2
II.1-Situation géographique . . . . .	2
II.2-Historique.....	3
II.3-Organisation de la direction régionale de Rhourde Nous :.....	3
II.4-Description des complexes de Rhourde Nous.....	4
II.4.1-Charges et produits . . . . .	4
II.4.2-Réseaux collectes.....	4
II.4.3-Activités.....	4
III-Description de la phase A . . . . .	5
III.1- Description de l'unité 01.....	5
III.2- Description de l'unité 02 (slug catcher).....	5
III.3-Description de Train 10.....	5
III.4-Station de compression et de réinjection.....	6
IV-Description de la Phase B (GPL).....	7
IV.1-Charge et Produits.....	7
IV.2-Caractéristiques de l'alimentation.....	7
IV.3-Objectif des installations.....	8
V-Description de l'usine de CSC.....	9
V.1-Charge et Produits.....	9
V.2-Unités composant le Centre de Séparation et de Compression.....	9

VI-Description	de	l'usine	de
CP.....			10
VII-Conclusion.....			11
<u>ChapitreII</u>		<u>Présentation de la turbine à gaz</u>	
I-Introduction.....			12
II- Classification des turbines à gaz.....			12
II.1- Turbines à un seul arbre (mono-arbre.).....			13
II.2- Turbines à deux arbres ou bi-arbres :.....			13
III-Caractéristiques de la turbine à gaz MS5001.....			14
IV-Avantages des turbines à gaz.....			14
V-Applications des turbines à gaz.....			15
VI-Différents éléments de la turbine.....			15
VI.1-Aspiration et filtration d'air.....			15
VI.2-Compresseur axial.....			16
VI.2.1- Rotor du compresseur axial.....			16
VI.2.2- Stator du compresseur axial.....			16
VI.2.2.1 -Corps d'admission du compresseur axial.....			16
VI.2.2.2- corps avant du compresseur axial.....			17
VI.2.2.3-Corps de refoulement du compresseur axial.....			17
VI.3-Section combustion.....			17
VI.4-Section turbine.....			18
VI.4.1- Tuyère.....			19
VI.4.2-Roue HP de la turbine.....			20
VI.5-Echappement.....			20
VII-Auxiliaires de la turbine.....			21
VII.1-Système de gaz combustible.....			21
VII.2-Système d'huile de lubrification.....			21
VII.3-Système d'huile hydraulique.....			22
VII.4-Système d'air d'étanchéité et de refroidissement.....			22

IX-Turbine de lancement.....	22
X-Conclusion.....	23

Chapitre III Présentation de la Mark VIe

I-Introduction.....	24
II-Définition de Mark VIe.....	24
III-Les composants de Mark VIe.....	25
III.1-Corps R.S.....	25
III.2-Sources d'alimentation.....	26
III.3- E/S (IO Pack).....	26
III.3.1-Entrée de thermocouple PTCC.....	26
III.3.2- PDIO Entrées/Sorties discontinues.....	26
III.3.3-PCAA Entrées/Sortie Analogiques.....	26
III.3.4-PPRO Corps de protection.....	27
III.4-Corps de protection .....	27
III.5-Switch IO.....	27
IV- Réseau de communication.....	27
VI.1.1- Plant Data Highway (PDH).....	28
VI.1.2-Unit Data Highway (UDH).....	28
VI.2-IONet.....	29
V-Outils et interface de système.....	29
V.1- Interface homme machine (IHM).....	29
V.1.1-Serveur de l'IHM (station ingénieur).....	30
V.1.2-Base de données de système.....	30
V.2-Cimplicity.....	30
V.3-ToolboxST.....	30
VI-Systèmes de protection.....	30
VII-Conclusion.....	33

vitesse

I-Introduction.....	34
II-Etapes de la simulation.....	35
II.1-VMware Workstation.....	35
II.2-Lancement du projet.....	35
III- Modes de démarrage.....	41
III.1- Mode OFF.....	41
III.2- Mode crank (lancement).....	41
III.3-Mode fire (flamme) .....	41
III.4-Mode auto ( acceleration).....	41
III.5-Mode remote (a distance).....	41
IV – Boucles de regulation.....	42
IV.1- Control FSR (Fuel stroke reference).....	42
IV .2-Contrôle de vitesse.....	43
IV.3- Bloc de Contrôle de vitesse.....	44
IV .3.1-Signification des codes.....	44
IV.3.2- Résultats de simulation et interprétation.....	45
V-Conclusion.....	62
Conclusion générale.....	63

# Liste des figure

## Chapitre I

- **Figure I.1** : Situation géographique de la région Rhourde Nouss
- **Figure I.2** : Traitement de gaz dans la phase A
- **Figure I.3** : Schéma simplifié de procédé phase A et B

## Chapitre II

- **Figure II.4** : Schéma d'une turbine à gaz
- **Figure II.5**: Turbine mono-arbre
- **Figure II.6** : Turbine bi-arbre
- **Figure II.7**: Différentes parties d'un système d'aspiration
- **Figure II.8** : Schéma du rotor de compresseur axial
- **Figure II.9** : Schéma de corps d'admission du compresseur axial
- **Figure 11.10** : Schéma de chambre de combustions
- **Figure II.11** : Vue de la section turbine
- **Figure II.12** : Schéma de la tuyère (directrice)

## Chapitre III

- **Figure III.14** : Armoire de MarckVIe
- **Figure III.15**: Schéma de réseau de communication
- **Figure III.16**: IONet
- **Figure III.17**: Système électronique de déclenchement de survitesse HP

## -Chapitre IV

- **FigureIV.19** :Plateforme de VMware
- **FigureIV.20** :Plateforme de VMware
- **Figure IV.21** :le FSR contrôle
- **Figure IV.22** :Le FSRN control de vitesse
- **Figure IV.23**: Réponse des signaux (FSKRN1=1)
- **Figure IV.24** : Réponse des signaux (FSKRN1=7)

- **Figure IV.25** : Réponse des signaux (FSKRN1=10)
- **Figure IV.26** : Réponse des signaux (FSKRN1=15)
- **Figure IV.27** : Réponse des signaux (FSKRN1=50)
- **Figure IV.28**: Réponse des signaux (FSKRN1=50)
- **Figure IV.29** : Réponse des signaux (FSKRN1=150)
- **Figure IV.30** : Réponse des signaux (FSKRN1=200)
- **Figure IV.31**: Réponse des signaux (FSKRN2=1)
- **Figure IV.32** : Réponse des signaux (FSKRN2=6)
- **Figure IV.33**: Réponse des signaux (FSKRN2=10)
- **Figure IV.34** : Réponse des signaux (FSKRN2=15)
- **Figure IV.35** : Réponse des signaux (FSKRN2)
- **Figure IV.36** : Réponse des signaux (FSKRN2=150)
- **Figure IV.37** : Réponse des signaux (FSKRN2=200)

# Introduction Générale

## Introduction Générale

---

SONATRACH est la compagnie algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement de l'eau de mer. Elle exerce ses métiers en Algérie et partout dans le monde où des opportunités d'investissement se présentent.

Elle est la première entreprise en Afrique et la 12<sup>ème</sup> parmi les compagnies pétrolières mondiales, 2<sup>ème</sup> exportateur de GNL (Gaz Naturel Liquéfié) et du GPL (Gaz Pétrolier Liquéfié) et 3<sup>ème</sup> exportateur du gaz naturel.

La turbine à gaz a connu ces dernières années un développement considérable dans de nombreuses applications industrielles, en particulier dans le domaine du transport du gaz, où elle est conçue avec deux lignes d'arbres et accouplée à un compresseur centrifuge. Elle offre une grande souplesse d'exploitation. L'évolution de la machine et son succès ont été conditionnés par l'amélioration des performances techniques des turbines et des compresseurs.

Dans ce contexte et dans le but de mieux connaître les éléments constitutifs d'une turbine à gaz ainsi que son principe de fonctionnement et sa protection, le modèle MS5001 est étudié. Notre travail consiste à l'élaboration d'une régulation de la vitesse de roue HP de la turbine à gaz MS 5001, tout en évitant sa fissuration, ses vibrations et sa survitesse.

Notre mémoire est divisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons faire une description générale de champ de **Rhourde Nous**.

Le deuxième chapitre sera consacré à la description générale de la turbine à gaz MS5001 et ces différents composants.

Dans le troisième chapitre, nous allons présenter le système de commande MarkVIe qui est un API (Automate Programmable Industriel).

Le quatrième chapitre sera dédié à l'élaboration du programme. Ensuite, une série de tests par simulation sera effectuée pour mettre en évidence l'efficacité de la régulation de la vitesse de l'arbre HP de la turbine à gaz.

Nous terminerons notre mémoire par une conclusion générale.

# Présentation de la Région RNS

## I-Introduction :

Le gaz naturel se trouve sous pression, dans les roches poreuses du sous-sol, on le trouve généralement en solution avec du pétrole brut ou du condensât.

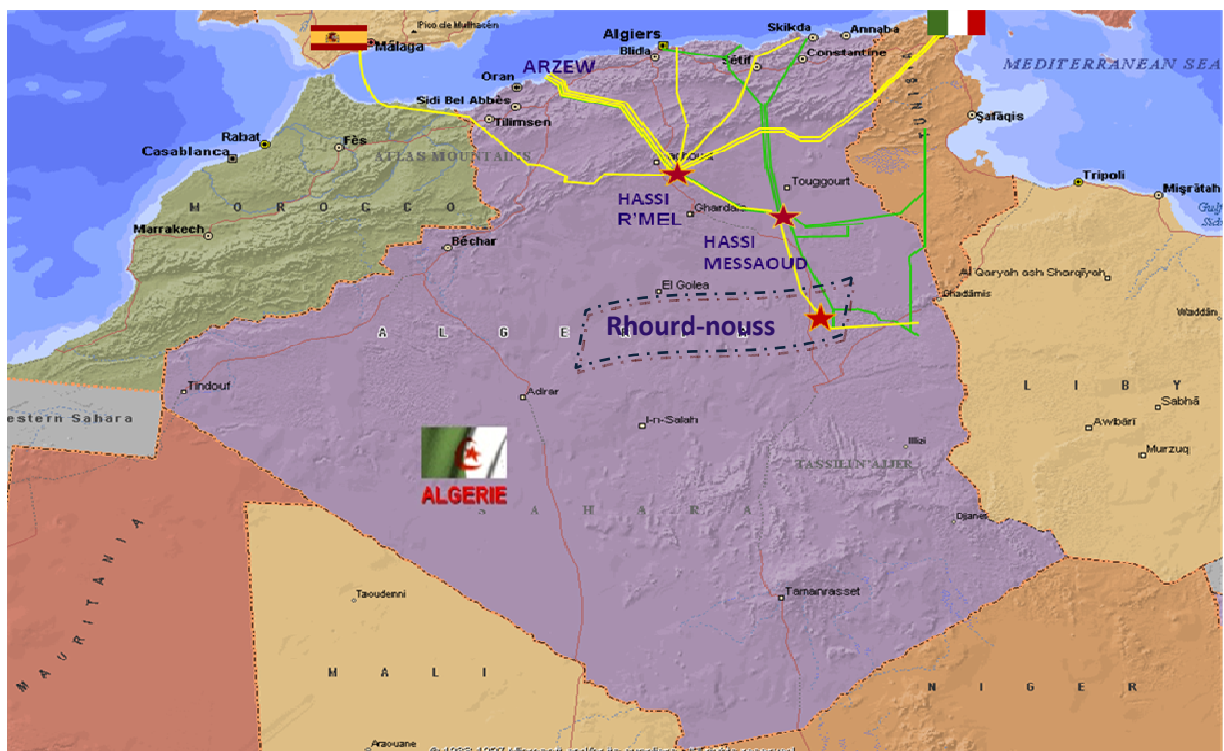
Le gaz naturel est un mélange souvent très riche en méthane, il contient généralement en proportions décroissantes tous les hydrocarbures saturés. En outre, il renferme également en proportions variables de l'azote, du gaz carbonique, ainsi que de l'eau. La présence de l'eau dans le gaz naturel provoque beaucoup de problèmes lors de son traitement, ce qui nécessite une déshydratation de ce dernier.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à la présentation de la région de **Rhourde Nouss**.

## II-Présentation de la région de Rhourde Nouss :

### II.1-Situation géographique :

La région de **RHOURDE-NOUSS** fait partie de la Wilaya d'ILLIZI, elle est située à 350 Km au Sud-est de OUARGLA, à 1200 Km au Sud-est d'ALGER et à 270 Km au Sud-est de HASSI MESSAOUD. Elle est reliée à la route nationale N3 (OUARGLA-ILLIZI).



**Figure I.1 :** Situation géographique de la région Rhourde Nouss

- Altitude moyenne est située à 275m par rapport au niveau de la mer.
- Son climat est désertique (sec avec un très faible taux d'humidité).
- Ecart important de température entre l'hiver et l'été (-5°C à 55°C).
- Fréquence importante des vents de sable.

La région de **RHOURDE NOUSS** est composée de plusieurs champs (Gisements) sur un rayon de 100 Km par rapport au siège de la direction régionale qui est située dans le champ de **RHOURDE NOUSS** centre.

### II.2-Historique :

Les travaux de recherche sur cette région ont débuté en 1956 par la compagnie EL paso France Afrique avec l'implantation de premier puit RN1, qui a été foré en 1962, celui-ci a mis en évidence la présence de gaz riche en condensât au niveau de plusieurs réservoirs.

Après la découverte de l'huile sur le puits RN4, un centre de traitement d'huile a été construit et mis en exploitation en 1966 [1].

### II.3-Organisation de la direction régionale de Rhourde Nouss :

La direction régionale est constituée de différentes divisions :

- Division instrumentation et production.
- Division exploitation.
- Division maintenance.
- Division sécurité.
- Division réalisation.
- Division finance.
- Division achat et transport.
- Division personnel.

- Division intendance.

### II.4- Description des complexes de Rhourde Nouss :

#### II.4.1-Charges et produits :

La capacité globale de **Rhourde Nouss** est portée à :

- Gaz brut : 50 millions SM<sup>3</sup>/j.
- Réinjection : 32 millions SM<sup>3</sup>/j du gaz sec.
- Commercialisation : 20 millions SM<sup>3</sup>/j.
- GPL : 3000 T/j.
- Condensât : 3000 T/j.
- Pétrole brut : 500T/j.

#### II.4.2-Réseaux collectes :

Cette production est assurée par un certain nombre de puits producteurs et injecteurs de gaz, un ensemble de manifolds est cité ci-dessous :

- Nombre des puits producteurs de gaz : 70.
- Nombre des puits injecteurs de gaz : 36.
- Nombre des puits d'huile : 16.
- Nombre des manifolds :37.

#### II.4.3-Activités :

La région de **Rhourde Nouss** est dotée d'un centre de traitement d'huile avec une capacité de traitement de 2000 m<sup>3</sup>/j de brut. Ce centre est le doyen des unités industrielles à **Rhourde Nouss** depuis qu'il a été mis en service en 1966.Un projet consistant en une unité des gaz torchés est en voie de réalisation. Le complexe de traitement et de recyclage du gaz naturel de **Rhourde Nouss** a pour but de séparer et récupérer le **GPL (Gaz Pétrolier Liquéfié)** et le condensât dissous dans le gaz naturel brut, des usines ont été conçues à cet effet [1] :

-**Usine phase A** : elle dispose d'une unité de traitement de gaz et récupération de condensât, et

d'une unité de compression pour le recyclage du gaz.

- **Usine phase B** : elle consiste à récupérer le GPL et les traces de condensât.

- **Usine de CSC** (Centre de Compression et de Séparation) : elle consiste à séparer l'huile, l'eau et le gaz, et à envoyer le brut vers HEH (Haoud El Hamra) et le gaz vers la phase A.

- **Usine de CPF** (Centre Production Facilité) : elle consiste à enlever le CO<sub>2</sub> du gaz par absorption avec l'amine et la déshydratation de ce dernier.

### III-Description de la phase A :

#### III.1- Description de l'unité 01 :

L'unité 01 est essentiellement composée des puits producteurs du gaz riche, le but de l'unité est de fournir une quantité suffisante de produits aux unités de traitement successives.

Le gaz sort du puit producteur grâce à la pression qui se trouve dans le gisement.

#### III.2- Description de l'unité 02 (slug catcher) :

L'unité 02 reçoit par le réseau de collecte (11 collecteurs venant des puits producteurs et 02 collecteurs venant du centre de séparation et compression) le gaz riche en condensât et en humidité.

Le gaz riche se sépare en phase gazeuse et en phase liquide dans le premier séparateur biphasé sous une pression de 77 Kg/cm<sup>2</sup> et une température de 55 °C, ensuite les deux phases passeront dans un séparateur triphasé qui nous donnera 3 phases : gazeuse, condensât et eau.

Le gaz et le condensât sont partagés sur les 5 unités de traitement 10, 20, 30, 40 (qui sont identiques) et 70 qui traite uniquement le gaz, tandis que l'eau est envoyée dans l'unité 85 qui traite les eaux huileuses.

La pression d'entrée du gaz dans cette unité est de 78 Kg /cm<sup>2</sup> à 55 °C, cette unité peut traiter 1 648 413 kg du gaz brut par heure.

#### III.3-Description de Train 10 :

Le gaz venant de l'unité 02 entre dans la partie supérieure du ballon séparateur d'où il sort sous contrôle de pression pour aller aux unités 10, 20, 30, 40 et 70. Si la pression est élevée, on

l'envoie aux torches chaudes, du méthanol est injecté dans la ligne qui va à la torche.

Le condensât avant d'être envoyé aux 4 unités de traitement (l'unité 70 traite uniquement le gaz), est filtré par les filtres dont deux sont en fonction et un est en réserve.

Etant donné que les 4 unités de traitement de gaz (10, 20, 30 et 40) sont identiques, on ne citera que l'unité 10.

L'unité 10 qui travaille en parallèle avec les unités 20, 30, 40 et 70 condense les hydrocarbures plus lourds. Les condensats sont ensuite fractionnés pour produire une gazoline, le gaz léger et le gaz lourd [1].

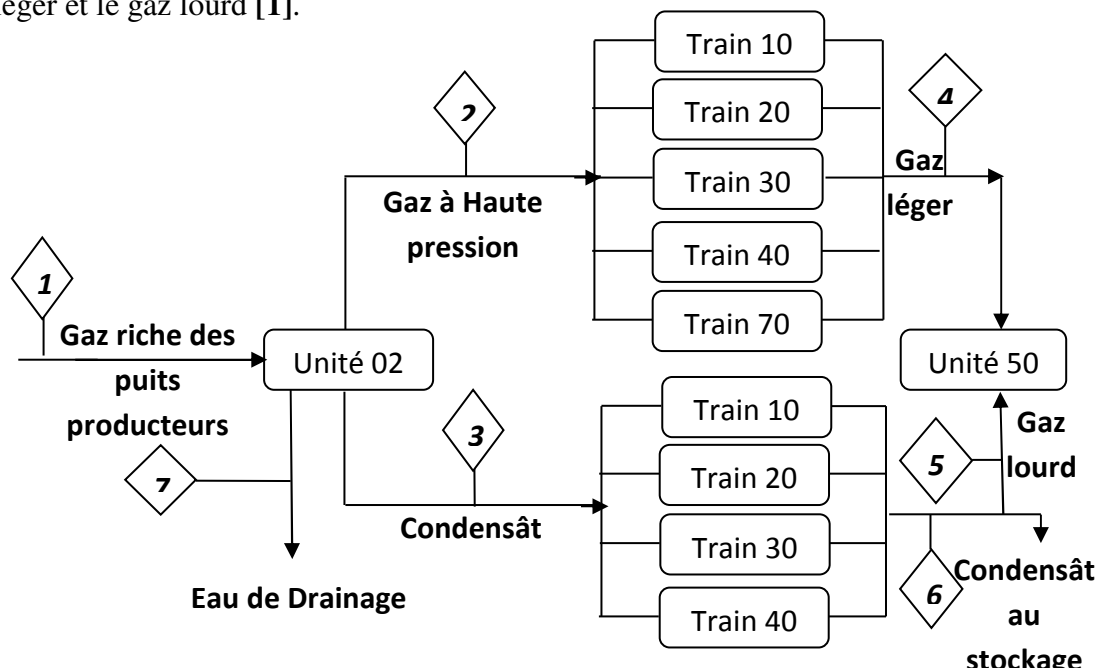


Figure I.2 : Traitement de gaz dans la phase A

### III.4-Station de compression et de réinjection :

Elle se compose de deux unités principales :

- **Unité 50** : Elle a pour but de comprimer les gaz venant des trains de traitement de gaz brut, haute pression et basse pression, jusqu'à la pression d'aspiration de l'unité 60 qui est aussi la pression d'expédition vers l'unité de GPL (environ 94 Kg/cm<sup>2</sup>).

- **Unité 60** : Le but de cette unité est de comprimer le gaz sec (pratiquement le méthane) venant de l'unité de traitement GPL jusqu'à la pression nécessaire pour la réinjection aux puits (environ 300 Kg/cm<sup>2</sup>).

Notons que la lubrification de tous les équipements de la station de compression est assurée par un système centralisé de l'huile de lubrification à alimentation forcée, équipé de réfrigérants, filtres, soupapes et dispositifs de contrôle à protections diverses.

On note aussi qu'une partie d'huile est conçue pour l'étanchéité.

### IV-Description de Phase B (GPL) :

Les installations de l'usine de GPL sont conçues pour récupérer les GPL contenus dans le gaz de vente produit par les installations de la phase A. Le gaz résiduaire est renvoyé aux installations de la phase A pour être dirigé vers la vente ou la réinjection. Quant au GPL produit, il est envoyé dans un pipeline vers HAOUDH ELHAMRA. Le condensât résultant du fractionnement est renvoyé aux installations de la phase A.

L'usine de GPL est composée de :

- Trois trains de fractionnement de GPL.
- Une aire de stockage et d'expédition de GPL composée de :
  - Trois sphères de GPL on-spec de 500 m<sup>3</sup> chacune.
  - Une sphère de GPL off-spec de 500 m<sup>3</sup>.
- Une station de compression de gaz pour restituer son énergie de pression pour le renvoyer à la phase A à la même pression de départ (96 Kg/cm<sup>2</sup>).

### IV.1-Charge et Produits :

La charge de la phase B est le gaz à traiter (environ 48,3.10<sup>6</sup> STm<sup>3</sup>/j).

Les produits de la phase B sont :

- Gaz résiduel : 46,2.10<sup>6</sup> STm<sup>3</sup>/j.
- GPL produit : 3000 T/j.
- Condensât produit : 600 T/j

### IV.2-Caractéristiques de l'alimentation :

Les conditions du gaz à l'entrée de l'usine de GPL sont :

- Débit cumulatif pour les trois trains : 48,3.10<sup>6</sup> STm<sup>3</sup>/j.

- Pression : 94,68 bars.
- Température : 60 °C.
- Poids moléculaire : 19,3.

**IV.3-Objectif des installations :**

Les installations de l’usine de GPL sont conçues pour récupérer les GPL contenus dans le gaz de vente produit par les installations de la phase A.

Le gaz résiduel est renvoyé aux installations de la phase A pour être dirigé vers la vente ou la réinjection.

Quant au GPL produit, il est envoyé dans un pipeline vers HEH.

Le condensat résultant du fractionnement est renvoyé aux installations de la phase A[1].

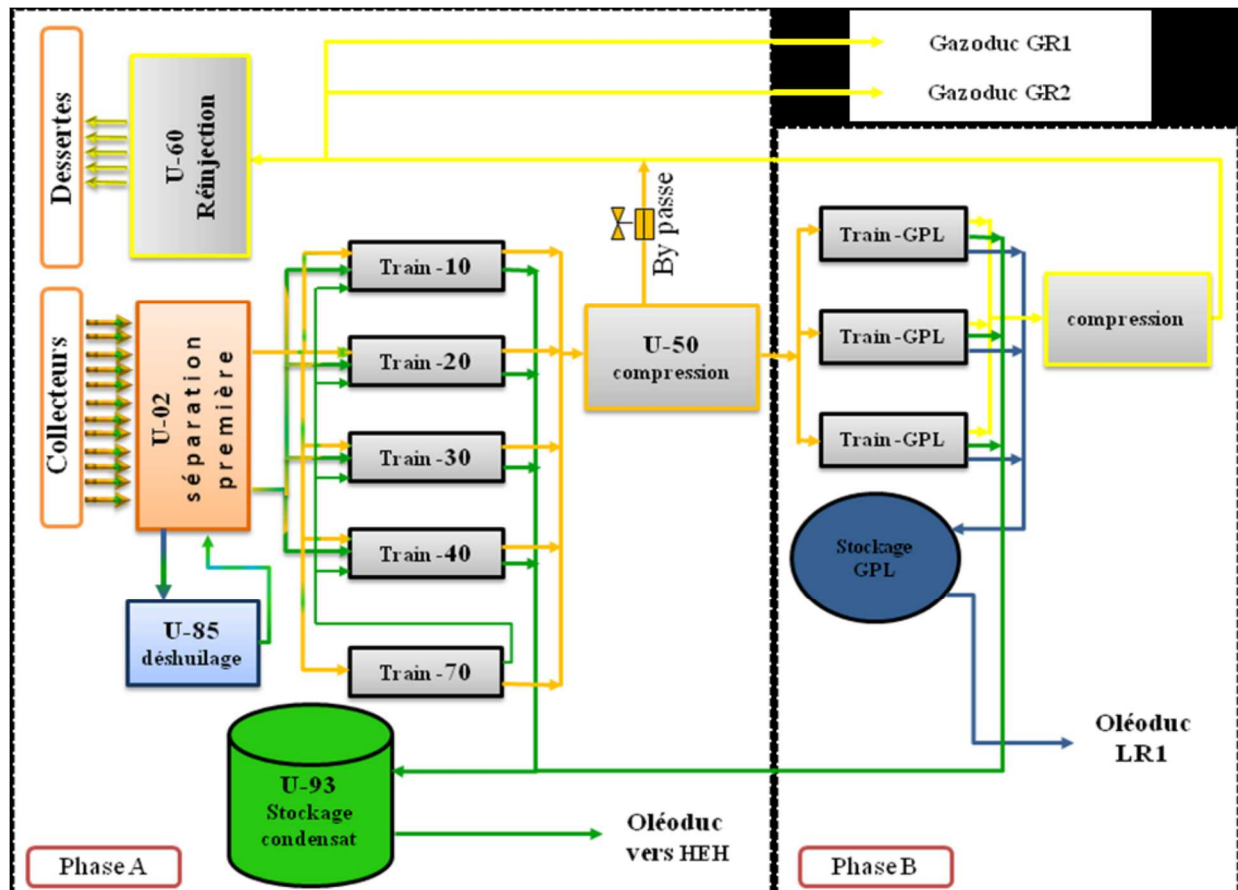


Figure I.3 : Schéma simplifié de procédé des phases A et B

### V-Description de l'usine de CSC :

Le Centre de Séparation et de Compression (CSC) a pour but de séparer l'huile, l'eau et le gaz provenant des 33 puits dans l'unité 500 qui sont regroupés suivant leur niveau de pression, ils sont connectés à trois séparateurs.

Les gaz provenant de la ligne de tête des trois séparateurs de différentes pressions MP (moyen pression), BP (base pression), TBP (très base pression) sont comprimés dans le système de compression, qui est de 83 bars efficace.

L'huile récupérée au séparateur TBP est expédiée au dessaleur de brut, puis elle est envoyée vers la colonne de stabilisation. Après le traitement, le brut dessalé et stabilisé provenant de la colonne est stocké dans le bac de stockage.

L'objectif prioritaire de cette installation est la production d'huile [1].

#### V.1-Charge et Produits :

Les capacités de production d'huile et du gaz sont les suivantes :

- Gaz :  $8,7.10^6$  STm<sup>3</sup>/j.
- Huile : 939/1058 Sm<sup>3</sup>/j.
- Teneur en CO<sub>2</sub> : 1,8 mol%.
- Pression du gaz de vente : 96 bar.
- Capacité de Conception : 11 millions Sm<sup>3</sup>/j.

#### V.2-Unités composant le Centre de Séparation et de Compression (C.S.C.) :

Les usines composant le centre CSC sont les suivantes :

- unité 20 : Manifolds CSC, Séparateurs huile/gaz
- unité 21 : Dessaleur et colonne de stabilisation
- unité 22 : Stockage
- unité 23 : Compresseurs TBP et BP/MP
  
- unité 42 : Système d'injection des produits chimiques CSC
- unité 43 : Torche et fosse de brûlage

- unité 44 : Traitement eau de production
- unité 45 : Gaz combustible
- unité 50 : Eau brute / Eau de service
- unité 62 : Système Diesel
- unité 63 : Air instrument et air service
- unité 64 : Azote
- unité 69 : Traitement huile machines
- unité 71 : Système anti-incendie

### VI-Description de l'usine de CPF :

La nouvelle installation CPF est conçue pour traiter 11 millions Sm<sup>3</sup>/jour de gaz (base sèche) provenant de 33 puits de production dans quatre champs dans la région de **Rhourde Nouss**.

L'usine a une production nominale de 10 millions Sm<sup>3</sup>/jour et produit du gaz résiduaire sec. Le mélange multiphasé de gaz, condensat et eau entre dans le slug catcher de l'usine à une pression opérationnelle normale d'environ 40 bar, à une température d'environ 50 °C et contenant jusqu'à 8,6 % molaire de CO<sub>2</sub>. Dans le slug catcher, le gaz est séparé du condensat et de l'eau libre.

Le gaz sec passe ensuite à travers une unité d'expansion où le condensat du gaz est séparé grâce à l'effet de refroidissement, selon les besoins, le gaz décarbonaté sec est comprimé à 96 bar et refroidi à 60 °C avant d'être mélangé au gaz de retour de l'usine GPL[1].

Le CPF est subdivisé en six sections :

- la séparation du mélange multiphasé (Slug Catcher).
- le traitement du gaz.
- la compression et la déshydratation du CO<sub>2</sub>.
- le prétraitement du condensat instable.

- le traitement de l'eau produite (désuilage).
- les utilités.

### VII-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté la région de **Rhourde Nouss** afin de découvrir le monde professionnel d'une façon générale et l'industrie gazière particulièrement, d'avoir une idée générale sur le traitement et le recyclage du gaz, ainsi que le GPL et le condensât, d'acquérir une petite expérience sur le terrain et se familiariser avec les différents équipements utilisés dans le domaine gazier et de prendre conscience de l'importance des moyens mis par SONATRACH pour le développement de l'industrie gazière en Algérie.

Parmi les usines de cette région, nous avons choisi la phase A pour effectuer notre stage.

Le chapitre suivant est destiné à la présentation de la turbine à gaz.

# Présentation de la Turbine à gaz MS5001

### I-Introduction :

La grande puissance, le bon fonctionnement ainsi que les hautes performances des turbines à gaz font d'elle un des moyens les plus sollicités pour l'entraînement des charges mécaniques. Les turbines utilisées aux centres industriels sont des turbines à gaz.

La turbine à gaz est une machine rotative à combustion interne. De tous les points de vue, elle peut être considérée comme un système auto suffisant, elle aspire et comprime l'air atmosphérique dans son compresseur axial, elle augmente la puissance énergétique de l'air comprimé dans sa chambre de combustion, en utilisant la chaleur dégagée par la combustion, et elle convertie cette puissance thermique en énergie mécanique utile pendant le processus de détente qui aura lieu dans la section turbine.

L'énergie mécanique qui en résulte est transmise par l'intermédiaire d'un accouplement à une machine réceptrice qui peut-être un compresseur, un alternateur, générateur ....etc.

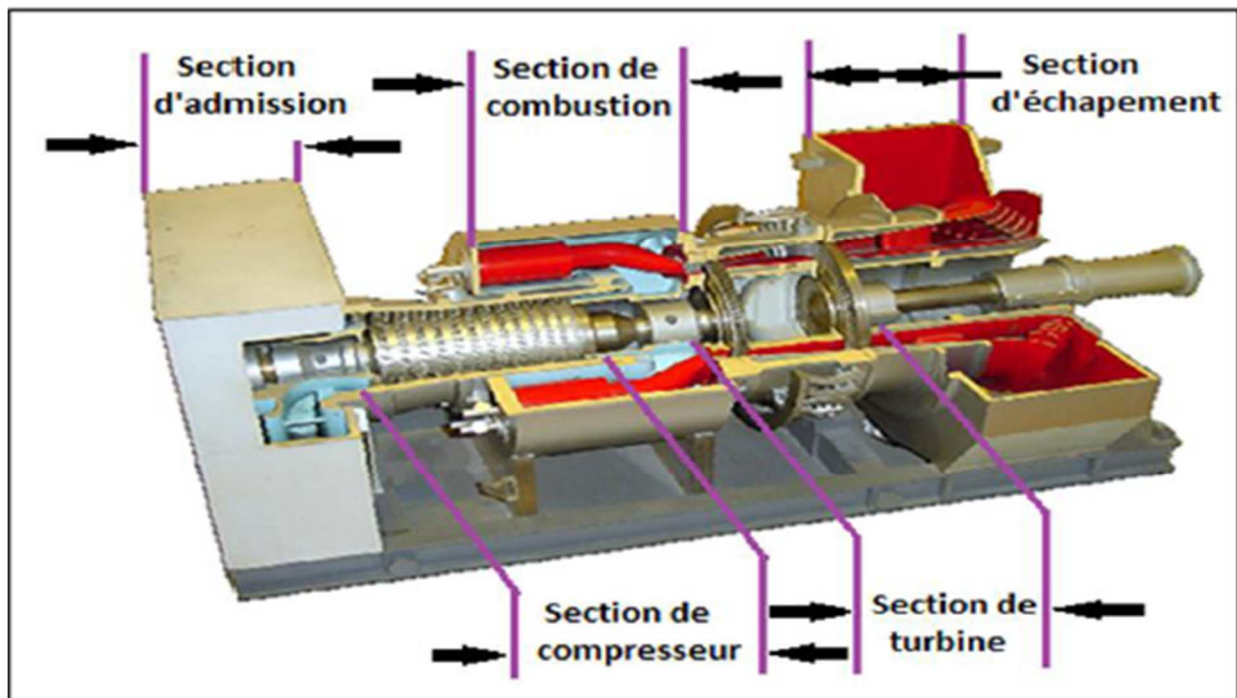


Figure II.4 : Schéma d'une turbine à gaz

### II.I- Classification des turbines à gaz

L'objectif pour lequel, on utilise la turbine à gaz définit le type qu'on doit choisir dans l'industrie on trouve deux types : les turbines à un seul arbre et les turbine à deux arbres.

### I.I.1-Turbines à un seul arbre (mono-arbre.) :

Elles sont généralement utilisées dans le cas où on cherche un fonctionnement avec une charge constante (pour entraîner les générateurs d'électricité).

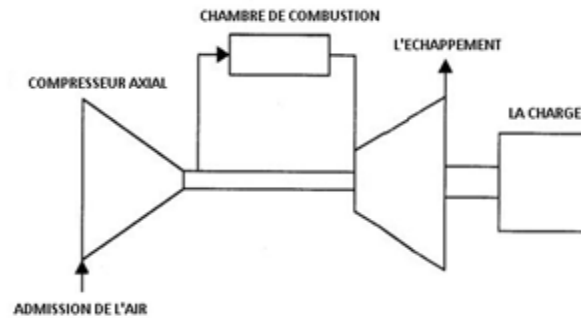


Figure II.5: Turbine mono-arbre

### II.I.2- Turbines à deux arbres ou bi-arbres :

Elles ont l'avantage d'entraîner des appareils à charges variables (pompes, compresseur). Elles se composent de deux parties, la première assure l'autonomie de la turbine et la deuxième est liée à la charge.

Une turbine à gaz à deux arbres est généralement employée pour l'entraînement de charges mécaniques, par exemple un compresseur centrifuge.

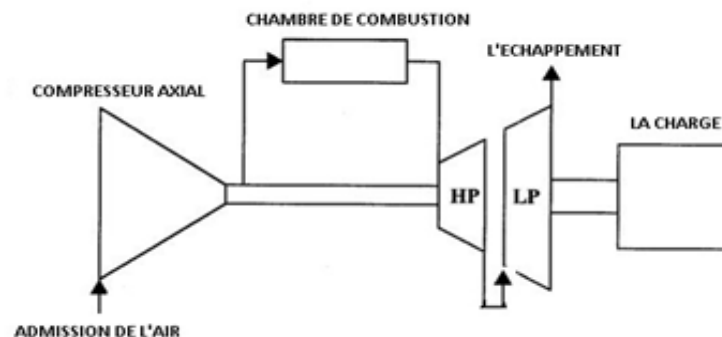


Figure II.6 : Turbine bi-arbre

**III- Caractéristiques de la turbine à gaz MS5001 :**

Puissance		18450 KW
Vitesse turbine HP		5100 tr/min.
Chambres de combustion		12
Température de combustion		927 °C
Température d'échappement		450 °C
Compresseur d'air	Type	Flux axial
	N° étages	16
	Taux de Compression	8.2
Vitesse minimale		2370 tr/min.
Vitesse de déclenchement		5240 tr/min.

**IV- Avantages des turbines à gaz :**

Les turbines à gaz offrent beaucoup d'avantages :

- Leur démarrage est assez rapide par rapport aux turbines à vapeur (15 à 30 minutes par rapport à 6 heures), ce qui les rend très attractives pour des utilisations de démarrage d'urgence et des démarrages intermittents.
- Les turbines à gaz sont très compactes, ce qui donne un bon choix pour les endroits distants.
- Ces turbines sont d'une très grande disponibilité (32000 tr/min).

**V- Applications des turbines à gaz:**

Les turbines à gaz sont utilisées dans différentes industries telles que l'industrie pétrochimique, production d'électricité, ainsi que dans l'aviation et le transport (trains et bateaux).

## VI-Différents éléments de la turbine :

Les différentes parties d'une turbine à gaz sont :

- L'aspiration
- Le compresseur axial.
- La section combustion.
- La section turbine.
- L'échappement.

### VI.1-Aspiration et filtration d'air :

Les turbines à gaz consomment une grande quantité d'air pour la combustion et le refroidissement des pièces internes. Cet air doit être filtré pour éviter la pénétration de particules qui peuvent avec le temps éroder les ailettes des rotors et stators du compresseur d'air et entraîner des pertes de performances dues aux pertes de charge au niveau du compresseur axial. Les particules de saleté peuvent aussi colmater les orifices et passages de l'air utilisé pour le refroidissement des différentes pièces de la turbine.

L'aspiration de la turbine est une enceinte ou compartiment qui abrite les filtres et relie au caisson d'admission de la turbine. Ce système regroupe les fonctions de filtrage et de réduction de bruit à celle de direction de l'air dans le compresseur de la turbine. Ce compartiment est muni de portes permettant un accès facile aux filtres pour les besoins de maintenance [2].

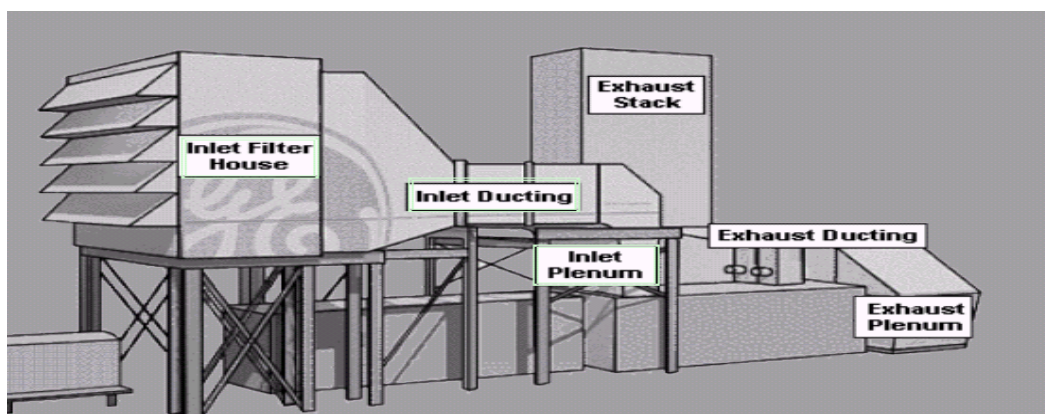


Figure II.7: Différentes parties d'un système d'aspiration

## VI.2-Compresseur axial :

L'air pénètre le compresseur axial et s'écoule dans le sens de l'axe de l'arbre à travers des rangées d'ailettes fixes (stator) et rotatives (rotor), il est aussi comprimé par étapes successives. L'aubage du rotor fournit l'énergie nécessaire à la compression de l'air dans chacun des étages. Le compresseur axial est composé des éléments suivants :

### VI.2.1- Rotor du compresseur axial :

Le rotor du compresseur est un assemblage composé de 16 roues, d'un arbre fusé de boulons et de l'aubage.

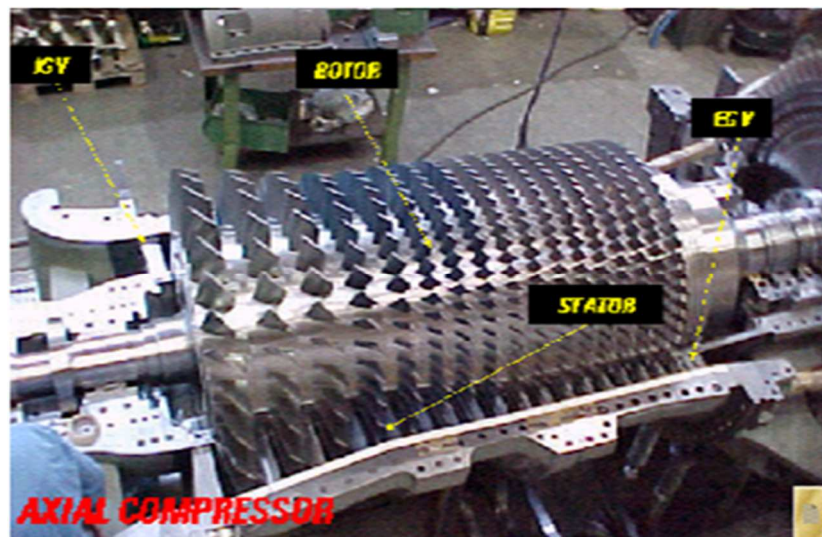


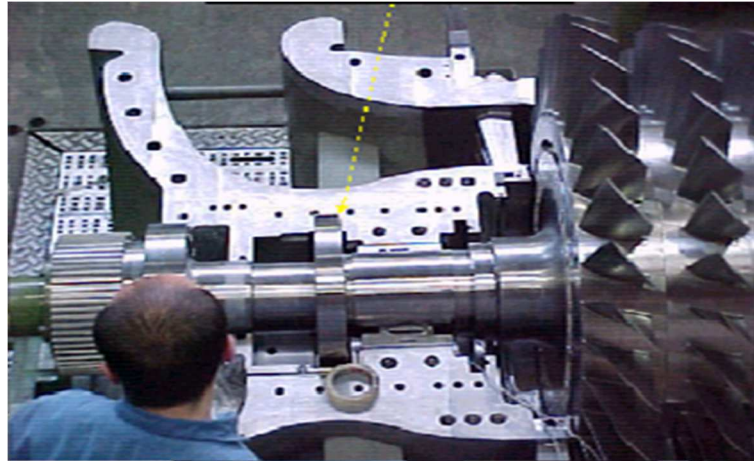
Figure II.8 : Schéma du rotor de compresseur axial

### VI.2.2- Stator du compresseur axial :

Le stator du compresseur axial comprend trois sections principales :

#### VI.2.2.1 -Corps d'admission du compresseur axial :

Le corps d'admission a pour fonction de diriger l'air de manière uniforme dans le compresseur. Il abrite le premier palier ainsi que l'aubage directeur d'admission (IGV : Inlet Guide Vanes) qui est actionné par le système d'huile hydraulique. En variant l'angle des IGV, le débit d'air peut être dirigé vers la première rangée d'ailettes du compresseur.



**Figure II.9 :** Schéma de corps d'admission du compresseur axial

### **VI.2.2.2-corps avant du compresseur axial :**

Le corps avant du compresseur axial contient les dix premiers étages du stator du compresseur.

### **VI.2.2.3-Corps de refoulement du compresseur axial :**

Le corps de refoulement du compresseur contient les six derniers étages. Il abrite aussi le deuxième palier. A la sortie du compresseur, la vitesse de l'air est trop élevée pour une combustion optimale.

### **VI.3-Section combustion :**

La section combustion comporte les éléments suivants :

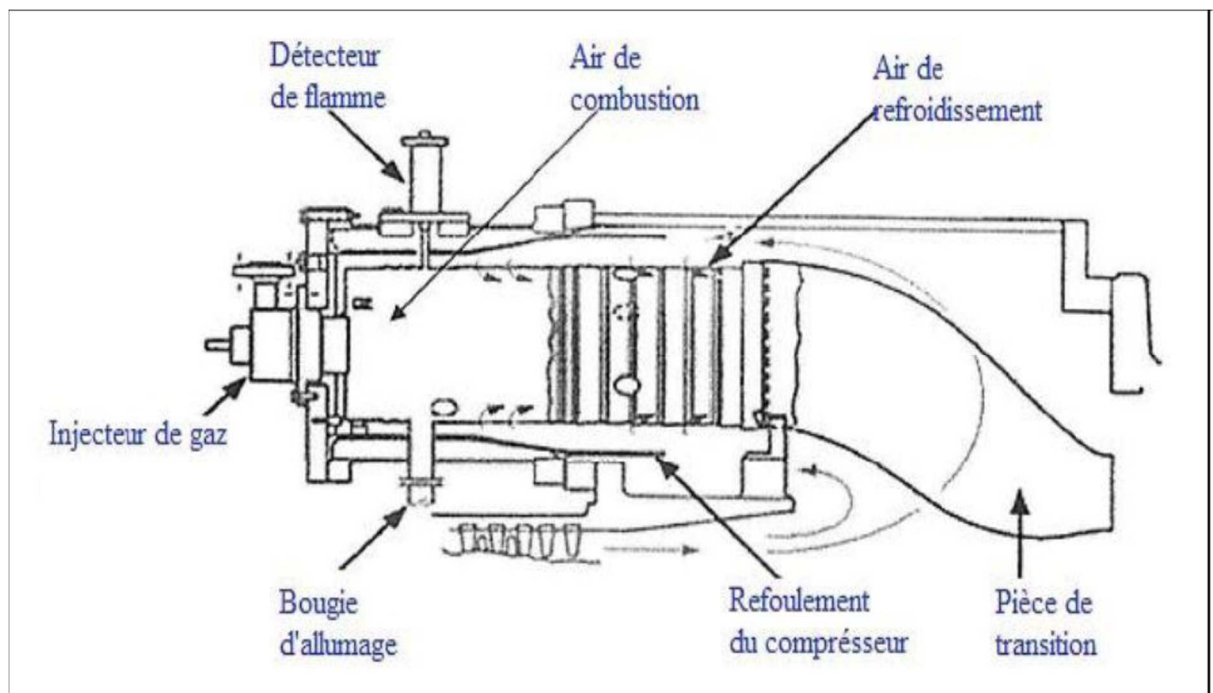
- Les chambres de combustion
- Les brûleurs
- Les bougies
- Les détecteurs de flamme.

Les chambres de combustion sont au nombre de 12, elles sont du type à débit inversé, elles sont installées à l'intérieur de l'enveloppe de combustion. Elles ont la forme de cylindres individuels ou tubes à feu.

Des brûleurs sont installés au niveau de chaque chambre de combustion où l'air principal de combustion est mélangé au combustible et injecté dans les chambres. Le mélange fuel / air est allumé grâce à deux bougies qui sont installées au niveau de deux chambres de combustion.

Les chambres de combustion sont aussi munies d'un capteur de flamme à ultraviolet installé au niveau de deux chambres de combustion adjacentes. Chaque capteur contient un détecteur rempli de gaz.

L'allumage est nécessaire seulement au démarrage, la flamme est ensuite maintenue. Les systèmes de combustion des turbines modernes sont très complexes. Les hautes températures de combustion offrent de bons rendements, mais elles nécessitent des matériaux spéciaux et des systèmes de refroidissement adéquats pour avoir des durées de vies acceptables [3].



-Figure II .10 : Schéma de chambre de combustions

#### VI.4-Section turbine :

La section turbine est la partie où les gaz chauds venant de la section combustion sont convertis en énergie mécanique. Cette section comprend les éléments suivants :

-Tuyère

-Roue de turbine HP



Figure II.11 : Vue de La section turbine

#### VI.4.1-Tuyère :

Les gaz chauds à haute pression quittant les chambres de combustion passent par une pièce de transition et sont dirigés vers les aubes de la roue HP via la tuyère.

Les tuyères sont soumises à des températures très élevées, ce qui nécessite leur fabrication à par des matériaux spéciaux, elle sont aussi refroidies avec de l'air de combustion.

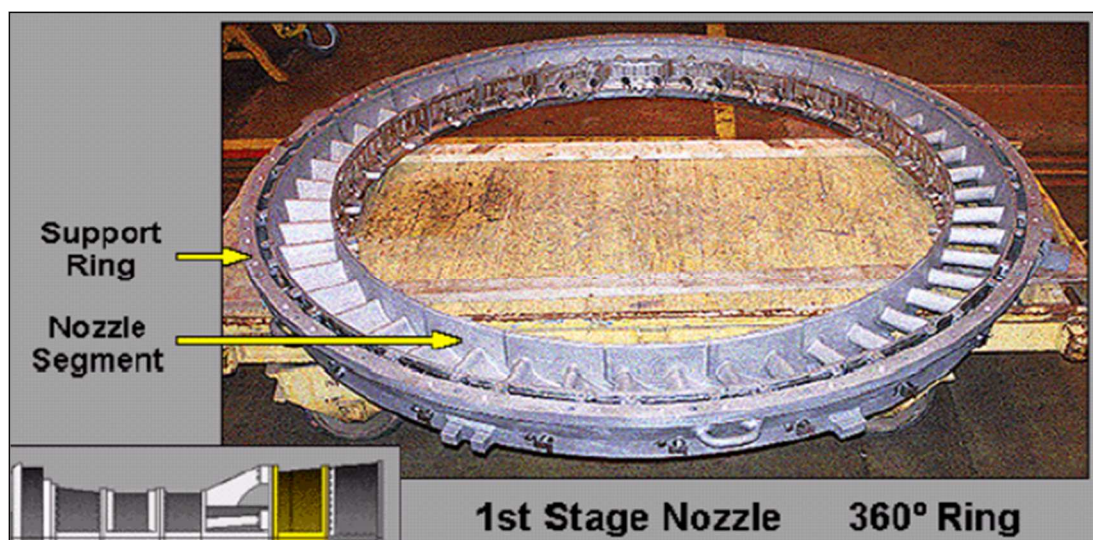


Figure II.12 : Schéma de la tuyère (directrice)

### VI.4.2-Roue HP de la turbine :

La roue de la turbine HP qui entraîne le compresseur axial est directement boulonnée sur le demi-arrêt arrière du rotor du compresseur axial de manière à former un rotor haute pression.

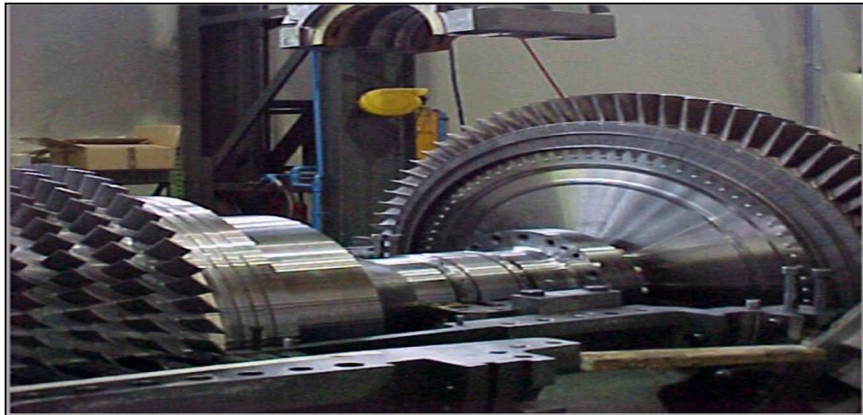


Figure II.13 : Vue de la roue HP

### VI.5-Echappement :

La section échappement se compose essentiellement du collecteur, du cadre d'échappement ainsi que de caisson d'échappement.

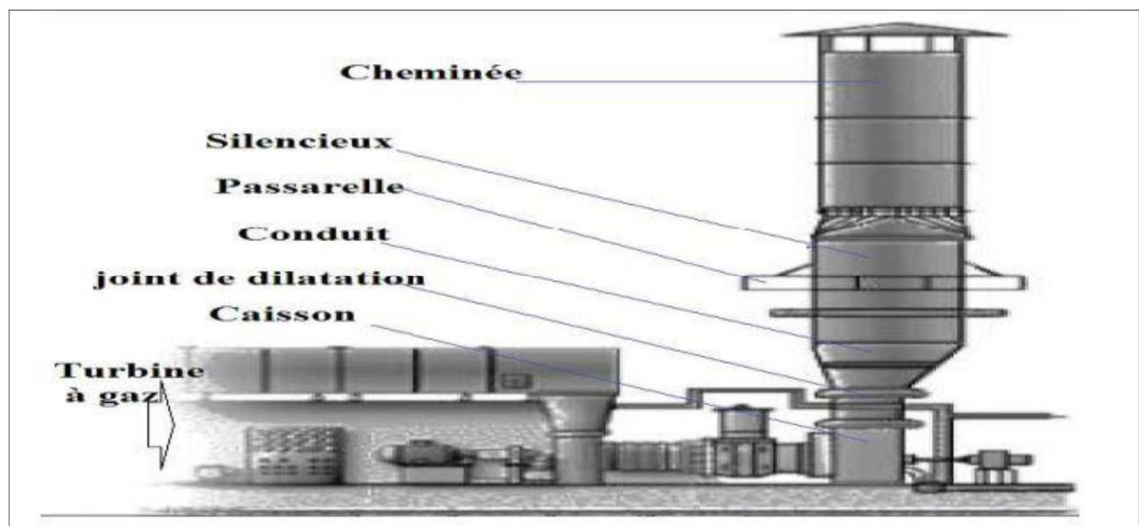


Figure II.13 : Schéma d'échappement

### VII-Auxiliaires de la turbine :

La turbine à gaz comprend un certain nombre de systèmes de commande et de protection et auxiliaires associés au fonctionnement correct de la turbine.

Ils comprennent également les fonctions de commande de vitesse, température, commande de lancement et commande de combustible.

La turbine à gaz comprend des systèmes nécessaires pour son fonctionnement tels que :

- Système de gaz combustible.
- Système d'huile de graissage.
- Système d'huile hydraulique.
- Système d'air d'étanchéité et de refroidissement.

### VII.1-Système de gaz combustible :

Le système de gaz combustible est étudié pour envoyer le combustible gazeux aux chambres de combustion de la turbine à la pression et aux débits appropriés pour satisfaire à toutes les exigences de lancement, accélération et montée en puissance de la turbine. L'élément principal de ce système est l'ensemble de vannes de commande et arrêt/détente du gaz situé dans la zone accessoire. A ces vannes s'associe la vanne d'évent, les servo-vannes de commande, les manomètres et la tuyauterie de distribution aux injecteurs [2].

### VII.2-Système d'huile de lubrification :

Le graissage de la turbine à gaz est réalisé par un circuit de graissage sous pression et qui comporte divers accessoires tels que :

- Les pompes :il y'a quatre pompes qui sont principale (mécanique), auxiliaire (électrique), secours et vireur.
- Les réfrigérants d'huile.
- Les filtres.
- La caisse d'huile.
- Les vannes et autres dispositifs de contrôle et de protection.

L'huile de graissage qui se trouve dans le réservoir est pompée dans un collecteur, elle est ensuite refroidie et filtrée avant d'être injectée dans les quatre paliers de la turbine ainsi que les équipements de la charge entraînée.

Une partie de cette huile alimente le circuit hydraulique et le circuit de contrôle [2].

### VII.3-Système d'huile hydraulique :

Les fonctions du système hydraulique sont nombreuses et comprennent entre l'alimentation en huile haute pression pour la commande de position de la vanne d'Arrêt-rapport de vitesse, de la vanne de commande de combustible et le fonctionnement du système de déclenchement hydraulique de protection de la turbine. L'huile de lubrification filtrée et régulée provenant du collecteur des paliers de la turbine est utilisée comme fluide haute pression nécessaire pour satisfaire aux besoins du système hydraulique [2].

### VII.4-Système d'air d'étanchéité et de refroidissement :

La plupart de l'air comprimé est utilisé pour la combustion. Une partie de cet air est retirée du compresseur du 10<sup>ème</sup> étage et utilisé comme air de refroidissement, l'autre partie provient du refoulement du compresseur axial sert d'air de pressurisation. Une autre partie provient de l'air ambiant. Les différentes parties de la turbine qui doivent être refroidies sont :

- Faces avant et arrière des roues de turbines HP.
- Tuyère (la directrice).
- Enveloppe du rotor de turbine.
- Châssis d'échappement.

### VIII-Turbine de lancement :

La turbine de lancement est utilisée pour démarrer la turbine à gaz. C'est une turbine à détente qui se connecte au démarrage et se déconnecte à environ 60% du régime de la turbine grâce au système hydraulique. Elle comprend 2 moyeux d'embrayage à mâchoire, l'un fixe et l'autre coulissant qui se déplace à l'aide de deux vérins hydrauliques actionnés par une soupape solénoïde (20CS), quand la vitesse de la turbine atteint 60% de la vitesse nominale de la turbine, la soupape solénoïde (20CS) est désactivée par un relais de vitesse 14HR et décharge l'huile de contrôle vers la caisse, ce qui a pour effet de désaccoupler la turbine de lancement [2].

### **IX-Conclusion :**

Afin de pouvoir commander la turbine à gaz MS5001, nous avons présenté son principe de fonctionnement et ses différentes parties qui la composent, et aussi les différents systèmes qui assurent son fonctionnement tel que le système du gaz combustible, le système d'huile de graissage, le système d'huile hydraulique et le système d'air d'étanchéité et de refroidissement.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter le système de contrôle-commande MarkVIe.

# Présentation de Mark VIe

### I-Introduction :

Les automates séquentiels ont été réalisés, depuis longtemps, à base de relais électromagnétiques. L'inconvénient, c'est qu'il s'agit d'un système câblé, ce qui impose la refonte complète du câblage et ceci pour la moindre modification dans l'ordonnancement des séquences. En 1966, l'apparition des relais statiques a permis de réaliser des divers modules supplémentaires, tel que le comptage, la temporisation et le pas à pas. Cependant, cette technologie avait le même problème que la technologie câblée.

L'automate programmable industriel (API), ou en anglais Programmable Logico Controller (PLC), est une machine électronique programmable destinée à piloter dans une ambiance industrielle et en temps réel des procédés logiques séquentiels. Autrement dit, un utilisateur (censé être un automaticien) l'utilise pour le contrôle et essentiellement la commande d'un procédé industriel, en assurant l'adaptation nécessaire entre tout ce qui est de grande puissance par rapport à ce qui est de faible puissance côté commande. Son objectif principal est de rendre tout le mécanisme de type "laisser-faire-seul", le système contrôle ses sorties, décide et agit sur ses entrées afin de maintenir le fonctionnement comme prévu par l'utilisateur, c'est le principe de l'automatisme.

### II-Définition de MarkVIe :

Le système MarkVIe est un système de contrôle flexible pour de multiples applications. Il dispose d'E/S en réseau à haute vitesse pour des systèmes redondants simplex, doubles ou triples. Le standard industriel de communication Ethernet est utilisé pour les E/S, l'interface contrôles et surveillance avec l'opérateur et les postes de maintenance.

Le ToolboxST est utilisé par MarkVIe comme une plateforme logicielle commune pour programmer, configurer les E/S et analyser les diagnostics et les graphiques. Il fournit une source unique de données de qualité, chronologiquement, au niveau du contrôleur et de l'installation pour une gestion efficace des biens d'équipement.

Cette description technique est un exposé détaillé des caractéristiques générales et des possibilités des systèmes produits par GE. Le système MarkVIe est disponible avec une grande diversité d'E/S qui permettent le contrôle de la turbine.

Ceci procure une flexibilité qui permet à une plateforme de contrôle d'être utilisée pour une diversité d'applications avec différentes exigences [4].

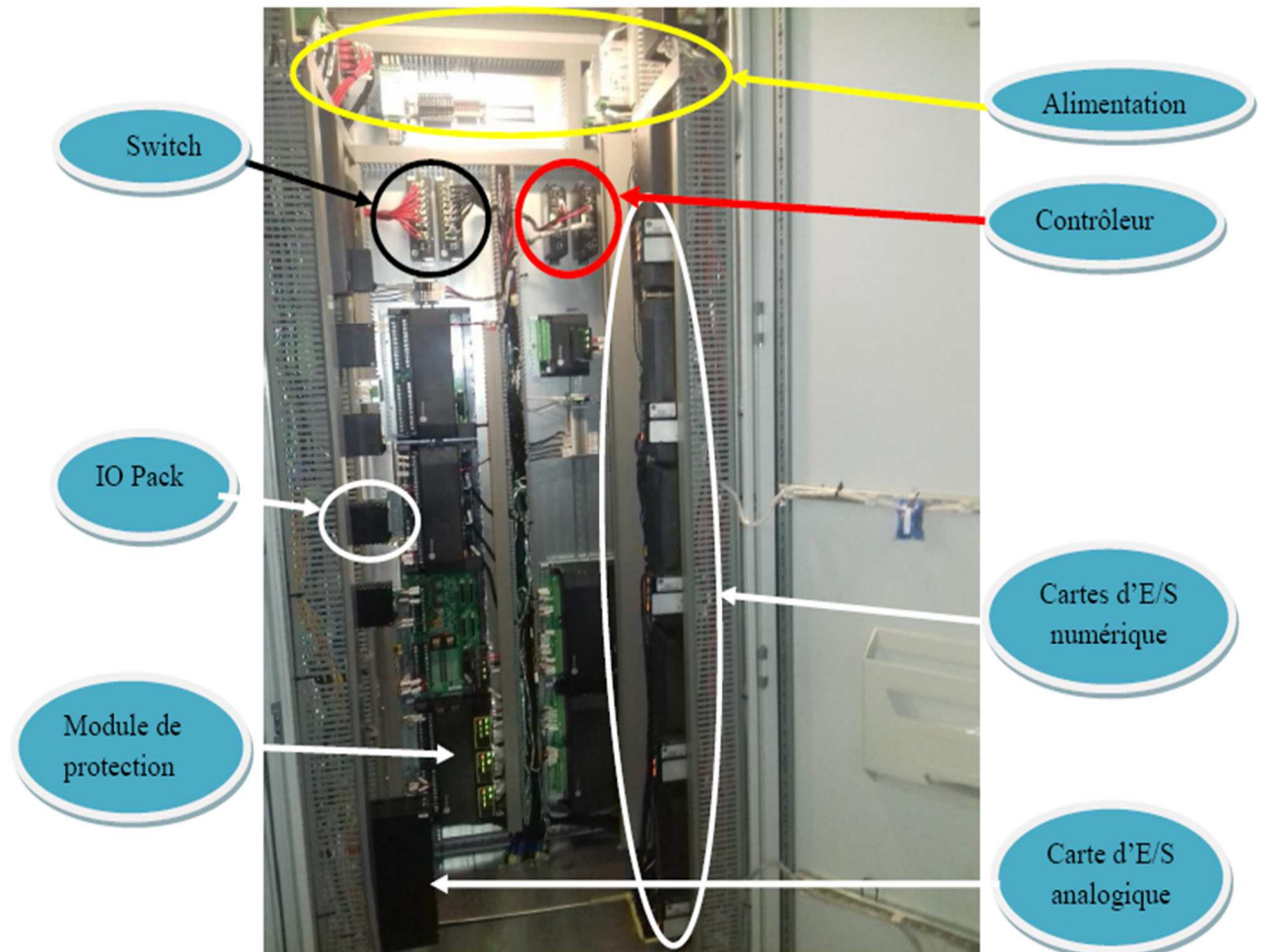


Figure III.14 : Armoire de MarckVIe

### III-Composants de MarkVIe :

#### III.1-Corps R.S :

MarkVIe est composé de deux corps R et S séparés, ce sont des contrôleurs qui permettent d'avoir une très grande fiabilité grâce à la technique duale des données logiques et analogiques et un très haut niveau de contrôle grâce à son architecture et sa puissance de diagnostic.

### III.2-Sources d'alimentation :

Le MarkVIe possède deux modules d'alimentation qui assurent l'alimentation de toutes les composants de l'armoire.

### III.3-E/S (IO Pack):

Les packs d'E/S dans Mark VIe ont une carte processeur générique pour la conversion A/N et N/A. Un IO Pack est dédié pour chaque type de dispositif, Les packs d'E/S sur chaque plaque à bornes numérisent le signal, et exécutent des algorithmes et communiquent avec le contrôleur MarkVIe.

Le pack d'E/S assure la détection des défauts par une combinaison de circuits spéciaux, la carte d'acquisition des données et un logiciel exécuté sur la carte CPU, ces défauts sont transmis et utilisés par les contrôleurs. Le pack d'E/S transmet les entrées et reçoit les sorties sur les deux interfaces réseau si elles sont connectées [5].

Il Ya 4 type d'E/S :

#### III.3.1-Entrée de thermocouple PTCC :

Le pack d'E/S PTCC possède deux ports Ethernet ENET1 et ENET2 pour le transfert des données de la plaque à borne vers les corps <RST>. Il est utilisé pour l'acquisition des valeurs de thermocouples. IL peut gérer jusqu'à 12 entrées de thermocouple.

#### III.3.2-PDIO Entrées/Sorties discontinues :

Le pack d'E/S PDIO possède deux ports Ethernet ENET1 et ENET2 pour le transfert bidirectionnel des données des corps <RS> vers la plaque à borne. Il est utilisé pour les entrées/sorties discrètes. Il accepte jusqu'à 24 entrées.

#### III.3.3-PCAA Entrée/Sortie Analogiques :

Le pack d'E/S PCAA possède deux ports Ethernet ENET1 et ENET2 pour le transfert bidirectionnel des données des corps<RS> vers la plaque à borne. Il est utilisé pour les entrées/sorties analogiques. Il accepte une grande partie des E / S du signal analogique nécessaires pour faire fonctionner une turbine à gaz.

### III.3.4-PPRO Corps de protection :

Le pack de la protection urgence de la turbine (PPRO) est indépendant du système de protection contre la survitesse, il assure une fonction de surveillance indépendante au watchdog pour le contrôle primaire.

### III.4-Corps de protection :

Il assure la protection secondaire de la turbine en cas de survitesse et demande d'arrêt avec ou sans dépressurisation.

### III.5-Switch IO :

C'est une passerelle de communication entre les contrôleurs et les cartes d'entrées sorties.

### IV-Réseau de communication :

Le système de commande Mark VIe est basé sur une hiérarchie de réseau utilisée pour interconnecter des nœuds individuels. Ces réseaux séparent les différents trafics de communication en couches. Chaque couche utilise des composants et des protocoles standards pour simplifier l'intégration entre les différentes plates-formes et améliorer la fiabilité et la maintenance globale. Les couches sont conçues en tant que supervision, contrôle et E/S, elles sont décrites dans les sections suivantes [6].

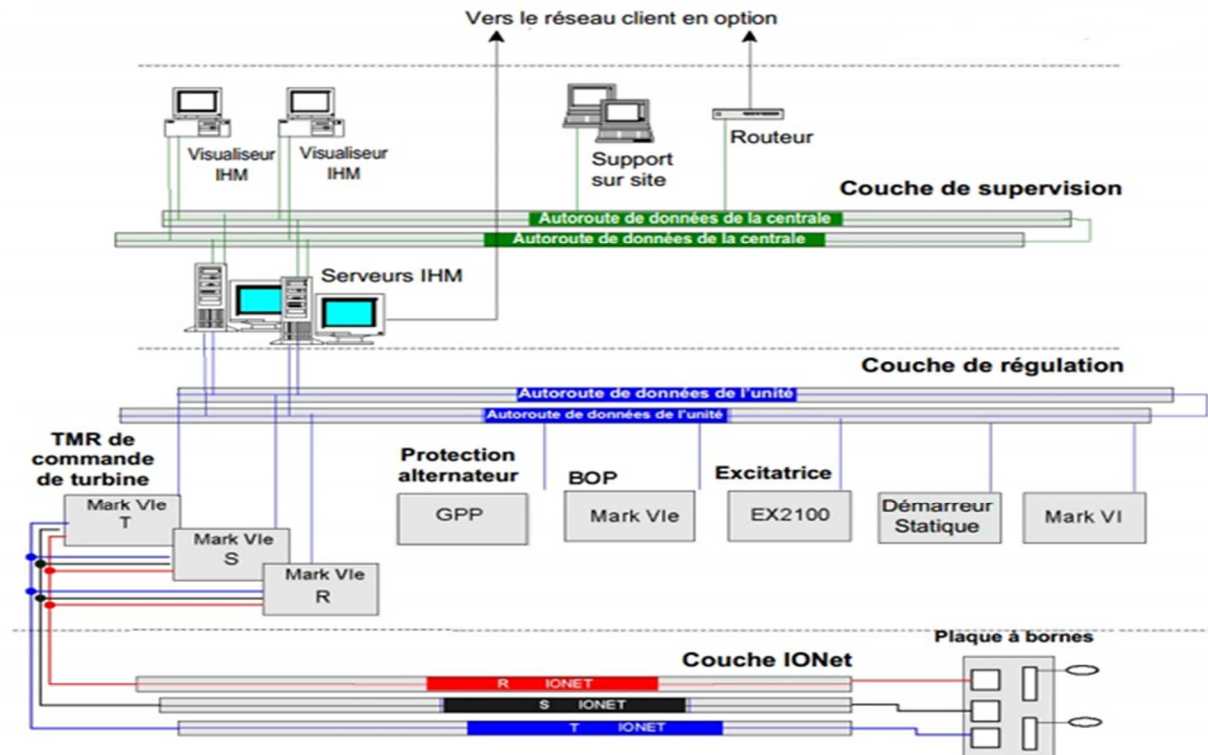


Figure III.15: Schéma de réseau de communication

Il existe deux types de communication soit UDH ou bien PDH.

#### VI.1.1- Plant Data Highway (PDH) :

Le réseau PDH est désigné pour la supervision. Il interconnecte les HMI de visualisations distantes, les imprimantes, et les interfaces externes. Il n'a pas de connexions directes avec les contrôleurs Mark VIe.

#### VI.1.2-Unit Data Highway (UDH) :

L'UDH est un réseau basé sur Ethernet qui assure des communications directes ou des diffusions poste à poste entre les contrôleurs et une interface opérateur/maintenance (Serveur HMI).

### VI.2-IONet :

La communication entre le contrôleur et les IO packs (E/S) à base d'un réseau interne. Il s'agit d'un réseau Ethernet en configurations simple, double et triple. La communication est assurée par l'utilisation des protocoles spécifiés [7].

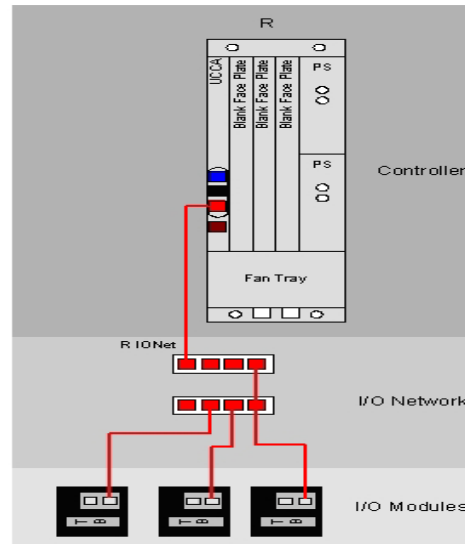


Figure III.16:IONet

### V-Outils et interface du système :

Les outils utilisés pour configurer, charger et exploiter le système MarkVIe sont : le ToolboxST, l'interface d'opérateur de l'IHM et Cimplicity.

#### V.1-Interface homme machine (IHM) :

L'interface Homme-Machine(IHM) est l'interface opérateur principale avec le système de régulation de la turbine MarkVIe l'IHM qui est un PC avec un système d'exploitation Windows. Le système d'affichage graphique Cimplicity communique avec les contrôleurs de MarkVIe à travers le réseau UDH [8].

L'IHM est constitué de deux éléments distincts :

### V.1.1-Serveur de l'IHM (station ingénieur):

Le serveur d'IHM est utilisé comme plate-forme de programmation et de chargement vers les contrôleurs. C'est aussi un outil de développement de l'interface graphique des HMI.

### V.1.2-Base de données de système :

Elle établit la gestion des signaux et la définition du système de commande, fournit un référentiel unique pour les messages d'alarme système et contient les relations de signaux entre les contrôleurs et les E/S. La base de données est utilisée pour la configuration du système mais, elle n'est pas nécessaire pour le faire tourner.

### V.2-Cimplicity:

Cet outil est destiné pour la visualisation de l'information suivante :

- Contrôle de l'utilisateur des pages graphiques (démarrage et arrêt de la turbine, contrôle du régulateur, contrôle des moteurs, des pompes, des ventilateurs ...)
- Alarmes et déclenchements
- Etat de la turbine (prêt au démarrage, prêt au virage, prêt à la flamme°).

### V.3-ToolboxST :

Le système MarkVIe est un système de contrôle entièrement programmable. Le logiciel d'application est entretenu par les outils d'automatisation logicielle de l'usine, qui sélectionnent les contrôles et les algorithmes de protection GE éprouvés, et qui les intègrent avec les E/S et les affichages de chaque application.

Les modifications au logiciel d'application peuvent être effectuées à l'aide de protections par mot de passe à plusieurs niveaux. Elles peuvent être chargées dans les contrôleurs pendant que le système est en fonctionnement. Dans les systèmes de contrôle redondants, le logiciel d'application est le même pour chacun [6].

### VI-Systèmes de protection :

Les systèmes de protection de la turbine à gaz se composent d'un certain nombre de sous-systèmes, dont plusieurs fonctionnent durant chaque arrêt et démarrage normaux. Les autres systèmes et composants fonctionnent strictement en cas d'urgence et dans des conditions de fonctionnement anormales. Le type le plus commun de panne sur les turbines à gaz est la défaillance d'un capteur ou du câblage d'un capteur.

- Protection contre les survitesses :

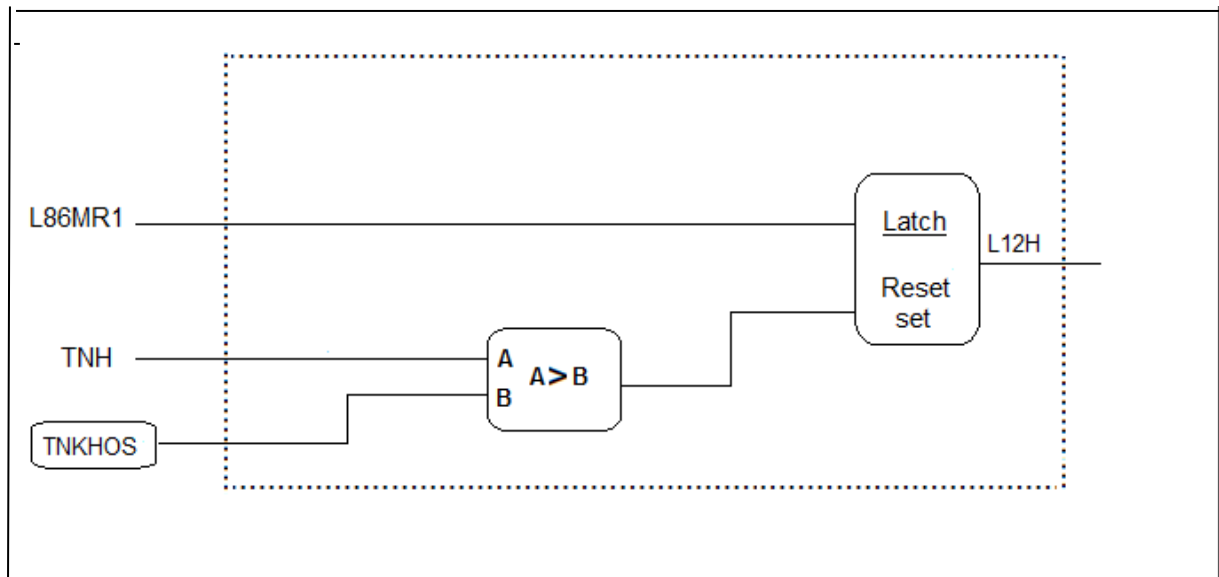
Le système de survitesse SPEEDTRONIC Mark VI est conçu pour protéger la turbine à gaz contre d'éventuels endommagements provoqués par une survitesse du rotor de turbine. Dans des conditions de fonctionnement normales, la vitesse du rotor est contrôlée par la régulateur.

Le système de survitesse ne peut pas être demandé sauf après une défaillance des autres systèmes.

Le système de protection de survitesse se compose d'un système de survitesse électronique secondaire et primaire. Le système de protection de survitesse primaire réside dans les contrôleurs <RS> et celui de protection de survitesse secondaire réside dans les contrôleurs <XY> (dans <VPRO>). Les deux systèmes sont constitués de capteurs magnétiques pour détecter la vitesse de la turbine, un logiciel de détection de vitesse et des circuits logiques associés. Ils sont réglés pour déclencher l'unité à une vitesse nominale de 110% [9].

#### a-Système de protection de survitesse électronique :

La fonction de survitesse électronique est assurée à la fois dans <RS> et <XY> comme montré dans la figure ci-dessous. Le signal de vitesse de turbine (TNH) vient des capteurs magnétiques, il est comparé à un point de consigne de survitesse (TNKHOS). Lorsque TNH dépasse le point de consigne, le signal de déclenchement de survitesse (L12H) est transmis à un circuit de protection maître pour déclencher la turbine et le message "OVERSPEED TRIP" (DECLenchement DE SURVITESSE) s'affiche sur l'IHM. Ce déclenchement verrouillera et doit être réinitialisé par le signal de réinitialisation maître L86MR [9].



**Figure III.17:** Système électronique de déclenchement de survitesse HP

### b-Système de protection de survitesse mécanique :

Le système de survitesse mécanique est constitué des éléments principaux suivants :

- Une masse de survitesse montée sur l'accessoire d'arbre de transition.
- Un mécanisme de déclenchement de survitesse dans le compartiment accessoire de la turbine.
- Un interrupteur de position 12 HA.

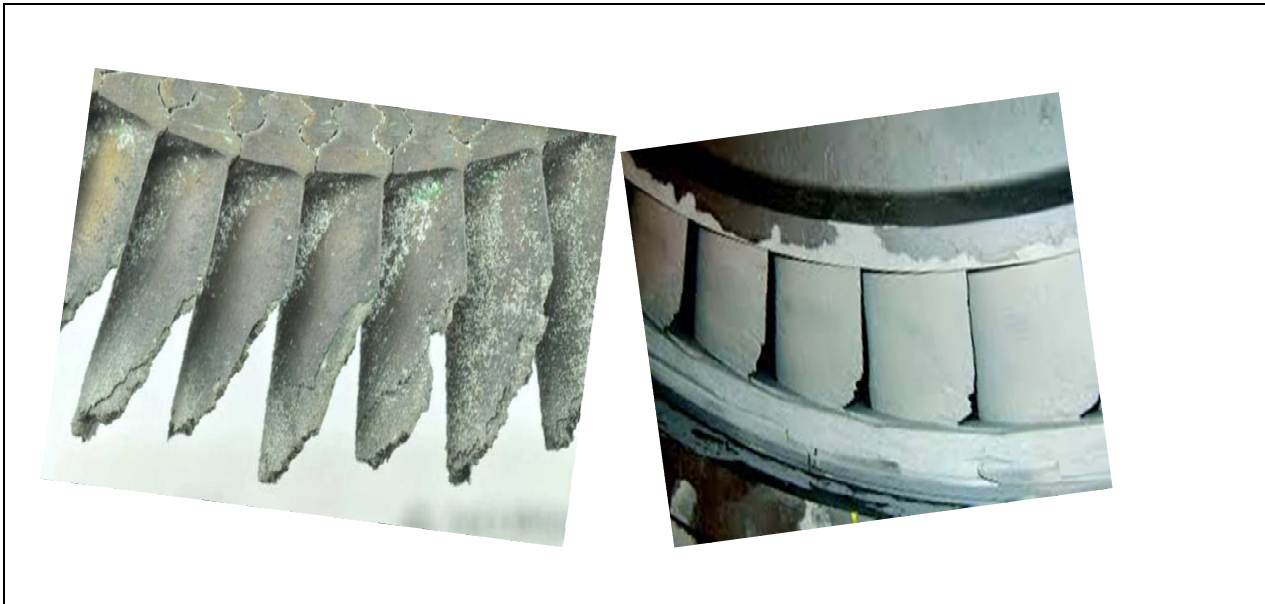
Ce système de protection de survitesse électronique est un dispositif de secours matériel. C'est une partie intégrante de l'unité et déclenchement des vanne d'arrêt du combustible fermée. Quand la vitesse de la turbine dépasse le seuil, cette action de déclenchement est totalement indépendante des connections électroniques dans le panneau de contrôle de la turbine à gaz [9].

### VII-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté le logiciel MarkVIe ainsi son architecture, nous avons découvert l'importance des automates programmables industriels. Nous avons présenté ensuite la souplesse de l'API MarkVIe grâce à l'architecture TMR. Ce logiciel va être exploité dans notre application qui est la régulation de la vitesse de la turbineMS5001, qui assure sa protection. Cela fera l'objet du prochain chapitre.

### I-Introduction :

L'objectif principal de notre travail est d'éviter la fissuration de la turbine MS5001 de General Electric (GE) qui est causée par plusieurs défaillances attribuées à l'oscillation et à l'interaction entre la turbine de lancement et la partie HP de la turbine à gaz, où la vibration du rotor est observée et identifiée comme cause importante. L'exploration des vibrations (latérales et axiales) du système du rotor HP fissuré et la présence d'excitation de torsion peuvent fournir une nouvelle vue dans la détection et l'isolation des fissures. Les résultats montrent que la vibration couplée dans les deux composants latéraux et de torsion est un indicateur efficace pour les fissures en présence d'excitation de torsion. En outre, les caractéristiques de vibration évaluées à différents endroits du système du rotor sont bénéfiques pour la détection et l'isolation des défauts.



**Figure IV.18 :** Exemple d'illettes fissurées

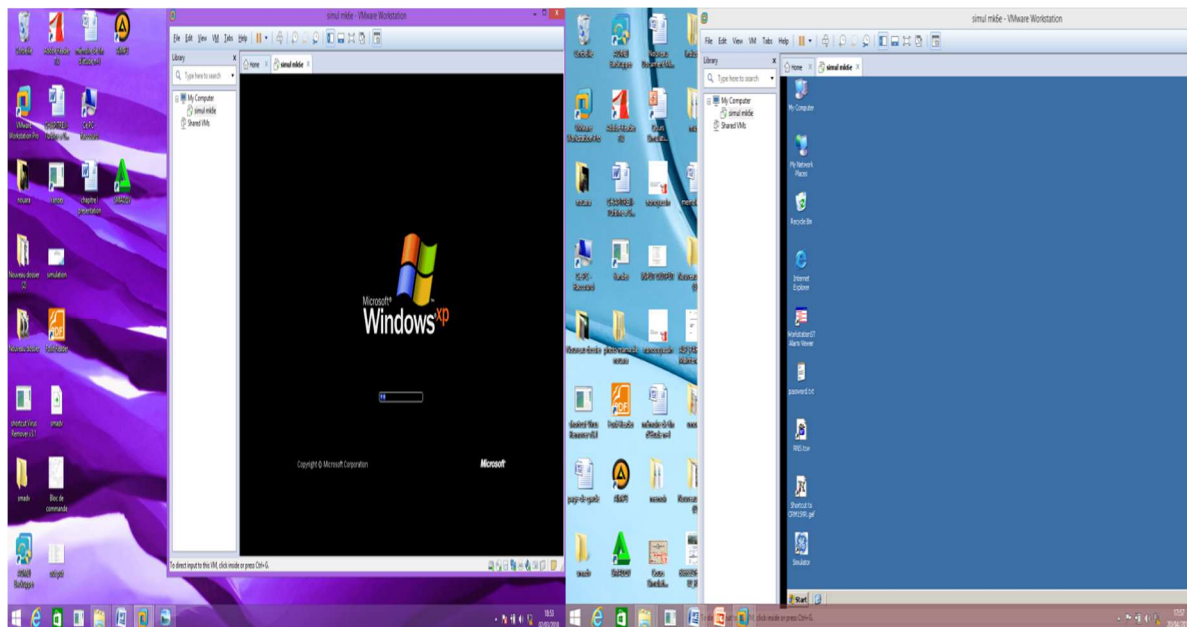
Pour cela, nous nous sommes basées sur le TNH (HP speed), le facteur principal qui nous indique la vitesse (car le signal TNH commande le signalFPG2 qui joue sur l'ouverture et la fermeture des deux vannes SRV et GCV). Une série de tests par simulations est effectuée tout en faisant varier les deux constantes **FSKRN1 (full speed no load fsr constant)** et **FSKRN2 (Droop Correction Factor)** pour mettre en évidence leur influence sur la vitesse TNH.

## II-Etapes de la simulation :

### II.1-VMware Workstation :

VMware crée un environnement clos dans lequel sont disponibles un, deux, quatre ou huit processeurs contrôleurs, il ne représente qu'un seul programme pour le personnel de maintenance et des périphériques virtuels.

C'est la version station de travail du logiciel. Il permet la création d'une ou plusieurs machines virtuelles au sein d'un même système d'exploitation (généralement Windows ou Linux), ceux-ci pouvant être reliés au réseau local avec une adresse IP différente, tout en étant sur la même machine physique (machine existant réellement). Il est possible de faire fonctionner plusieurs machines virtuelles en même temps.

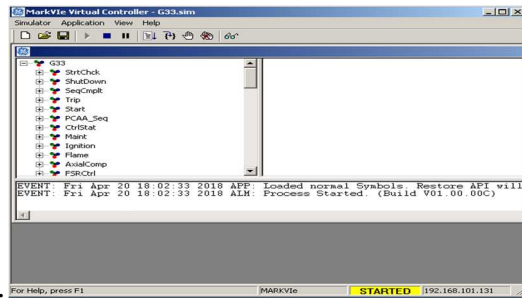


### I.2-Lancement du projet :

-On doit lancer notre projet de la manière suivante :



-On fait double clic sur

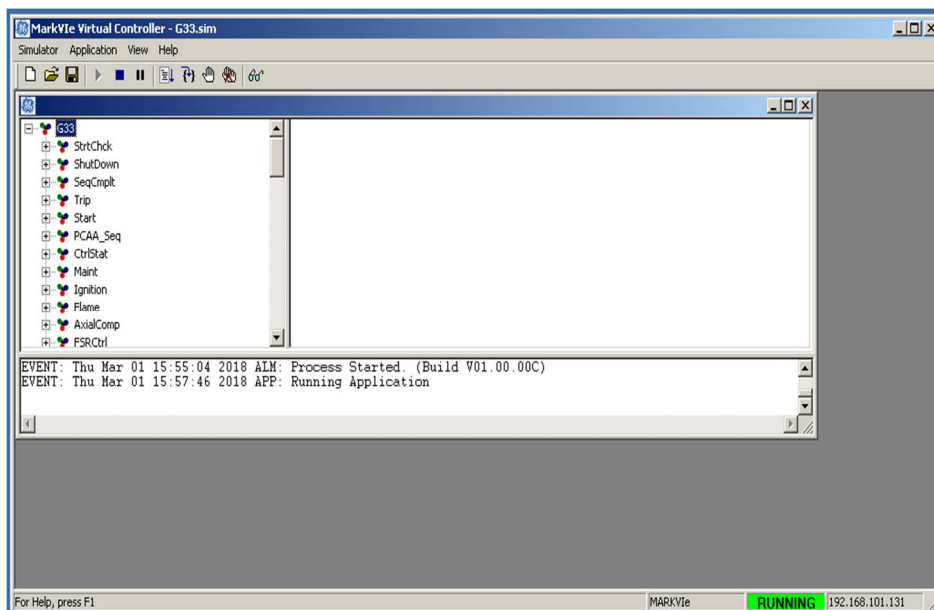


- puis cette fenêtre s'affiche.

- on appuit sur file

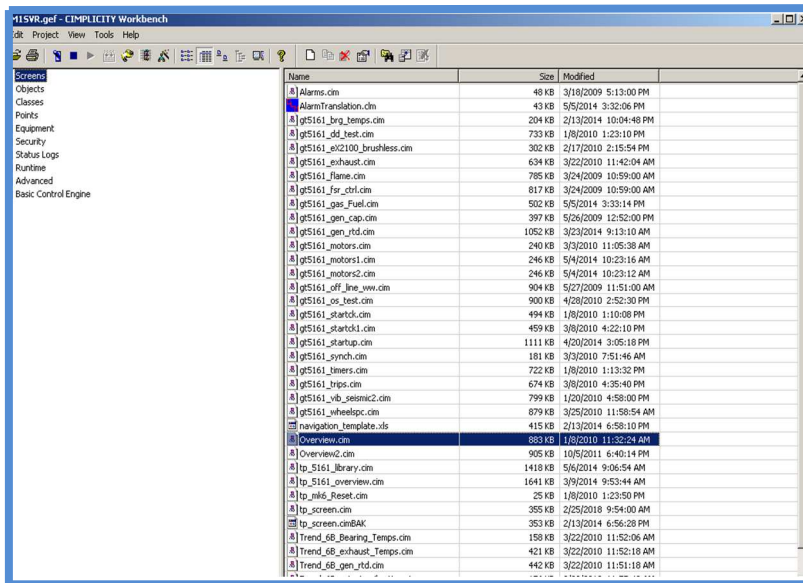
- start application **STARTED**.

- run **RUNNING**

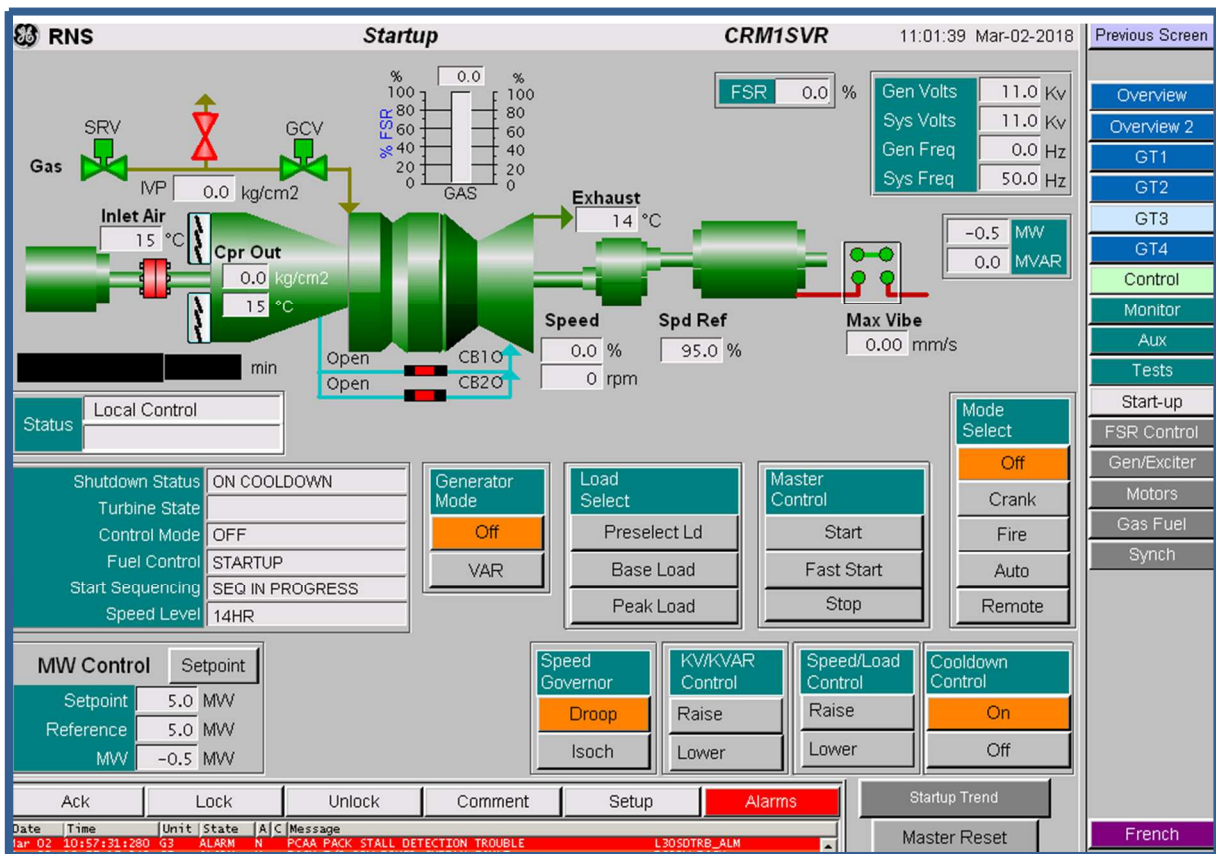


-On fait double clic sur

On aura cette fenêtre.



-Ensuite, on selectionne le graphique « overview» et on obtient cette fenêtre :

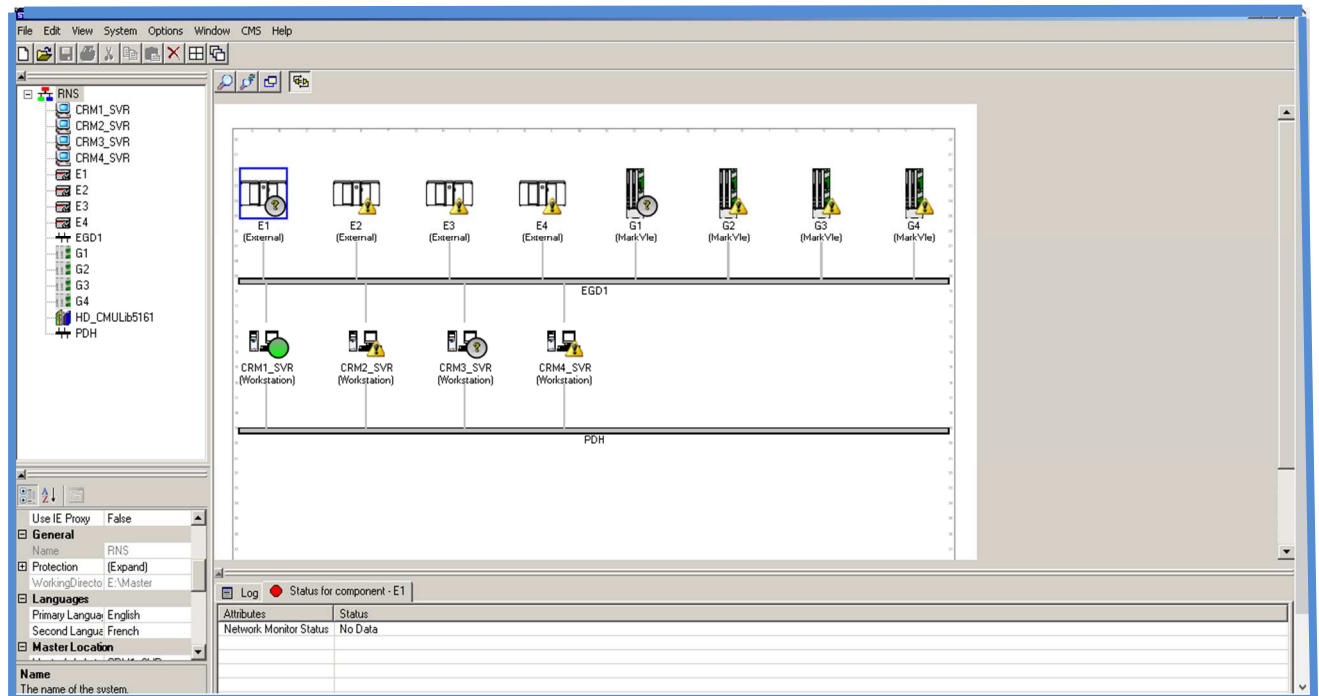


Connexion entre la machine et le contrôleur :

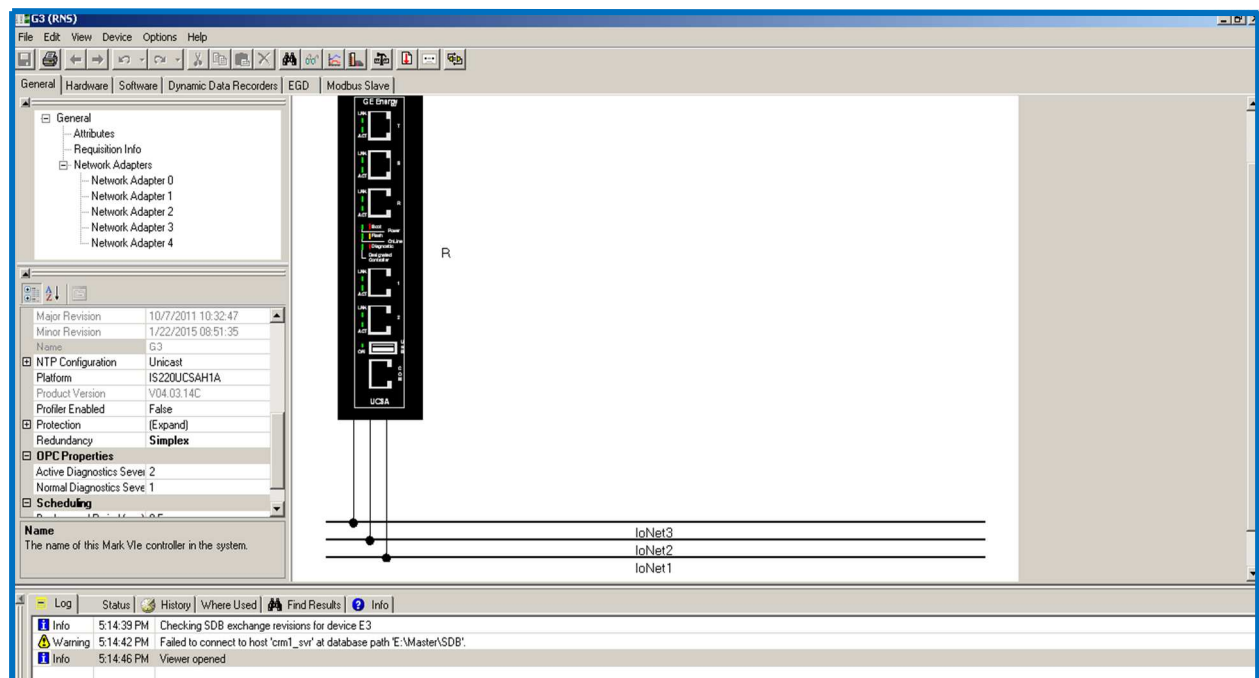


On ouvre le logiciel Toolbox du système MARKVIe

Puis, on fait la liaison entre la machine et les contrôleurs R/S du système MarkVie en appuyant



Après, on fait la sélection de la machine (G3) et on obtient la fenêtre suivante :



Pour démarrer la turbine, on doit vérifier tous les signaux qui nous donnent le prêt pour le démarrage. Comme c'est montré dans la figure suivante, les cases en rouge signifient que l'état est non prêt, les cases en vert indiquent les signaux de prêt au démarrage.

The screenshot shows a control panel interface for 'Start Checks' with the following components:

- Header:** RNS, Start Checks, CRM1SVR, 15:41:37 Mar-02-2018, Previous Screen
- Start Check 0 (Green):** Compressor Inlet TC Fault (L86TCI), E-Stop Pushbutton State (L5ESTOP1), Master Protective Startup Lockout (L86MP), MCC Voltage Normal (L27MC1N), Lube Oil Tank Temperature (L26QN), Multiple Starts Permissive (L2FZ), AC BUS Normal (L27BN), AC Bus Undervoltage (L27BZ), Control System Fault - Start Inhibit (L3SFLTSC), Voltage Monitor - Fire Protection (L27FP).
- Start Check 1 (Red):** Control Mode = Off (L430), Flame Detector Trouble (L28FDSCK), Ratchet Pump Motor Overload (L49HR1A), Generator Breaker Closed (L52GX).
- Start Check 2 (Green):** Vibration Start Inhibit (L39VD3), Loss of Master Protect-Trip Time Dly (L4Y), Master Protective-Turbine Trip (L4T), Compressor Bleed Valve Trouble (L86CB), HP Turbine - Zero Speed (L14HR), Hydraulic Protective Trouble (L86HD).
- Start Check 3 (Green):** HP Overspeed Bolt Tripped (L12HBLT), Compressor Discharge Press Fit (L3TFLT), Exciter Ready to Start (L3EX\_RS), Exciter to MKVI Communication Fault (L30COM\_EXFLT).
- Warning Box:** Signals in the proper state to permit a start are shown in GREEN. Therefore, a green signal is required to start the unit. Signals which are RED inhibit start requests.
- Status:** NOT READY TO START
- Alarms Table:**

Date	Time	Unit	State	A/C	Message
Mar 02	15:34:29:280G3		ALARM	N	PCAA PACK STALL DETECTION TROUBLE L30SDTRB_ALM
Mar 02	15:34:15:040G3		ALARM	N	PACK I/O 28V POWER SUPPLY FAULT PS28V_PACK
Mar 02	15:34:15:040G3		ALARM	N	PACK I/O 18V POWER SUPPLY FAULT PS18V_PACK
Mar 02	15:34:14:080G3		ALARM	N	FUEL GAS PRESSURE LOW ALARM L63FGL_ALM
Mar 02	15:34:14:040G3		NORMAL	N	EMERGENCY LUBE OIL PUMP MOTOR RUNNING L720EX_ALM
Mar 02	15:34:14:040G3		NORMAL	N	LUBE OIL TANK TEMPERATURE LOW L26QN_ALM
Mar 02	15:34:14:040G3		NORMAL	N	CO2 SHUTDOWN - DAMPER CLOSED L33CP_ALM
- Buttons:** Ack, Lock, Unlock, Comment, Setup, Alarms, Master Reset, Diagnostic Reset, French.
- Navigation Menu:** Overview, Overview 2, GT1, GT2, GT3, GT4, Control, Monitor, Aux, Tests, Flame, Start Check, Trip Diagram, Timers, Gen Capability.

pour le signal (L430) ,on doit changer le mode de selecteur.

The Mode Select control panel consists of the following buttons:

- Mode Select (Header)
- Off (Orange)
- Crank (Grey)
- Fire (Grey)
- Auto (Grey)
- Remote (Grey)

pour le signal (L27BZ), on doit d'abord verifier si le problème est réglé pour avoir le prêt de demarrage, sinon on doit le forcer.

RNS **Start Checks** CRM1SVR 16:39:29 Mar-02-2018 [Previous Screen](#)

Start Check 0	Start Check 1	Start Check 2
Compressor Inlet TC Fault L86TCI	Control Mode = Off L43O	Vibration Start Inhibit L39VD3
E-Stop Pushbutton State L5ESTOP1	Flame Detector Trouble L28FDSCK	Loss of Master Protect-Trip Time Dly L4Y
Master Protective Startup Lockout L86MP	Ratchet Pump Motor Overload L49HR1A	Master Protective-Turbine Trip L4T
MCC Voltage Normal L27MC1N	Generator Breaker Closed L52GX	Compressor Bleed Valve Trouble L86CB
Lube Oil Tank Temperature L26QN		HP Turbine - Zero Speed L14HR
Multiple Starts Permissive L2FZ		Hydraulic Protective Trouble L86HD
AC BUS Normal L27BN		
AC Bus Undervoltage L27BZ		
Control System Fault - Start Inhibit L3SFLTSC		
Voltage Monitor - Fire Protection L27FP		

Signals in the proper state to permit a start are shown in **GREEN**. Therefore, a green signal is required to start the unit. Signals which are **RED** inhibit start requests.

**READY TO START**

**Start Check 3**

- HP Overspeed Bolt Tripped  
L12HBLT
- Compressor Discharge Press Fit  
L3TFLT
- Exciter Ready to Start  
L3EX\_RS
- Exciter to MKVI Communication Fault  
L30COM\_EXFLT

Ack	Lock	Unlock	Comment	Setup	Alarms
Date	Time	Unit	State	A/C	Message
Mar 02	16:38:37:440	G3	ALARM	N	FORCED SIGNAL DETECTED ALARM
Mar 02	15:34:29:280	G3	ALARM	N	PCAA PACK STALL DETECTION TROUBLE
Mar 02	15:34:15:040	G3	ALARM	N	PACK I/O 18V POWER SUPPLY FAULT

Master Reset [French](#)

RNS **Startup** CRM1SVR 17:16:07 Mar-02-2018 [Previous Screen](#)

**Gas** SRV IVP 0.0 kg/cm<sup>2</sup> GCV

**Inlet Air** 15 °C

**Cpr Out** 1.0 kg/cm<sup>2</sup> 37 °C

**Exhaust** 36 °C

**Speed** 25.0 % 1274 rpm

**Spd Ref** 100.3 %

**Max Vibe** 0.63 mm/s

**FSR** 0.0 %

Gen Volts 11.0 kV  
Sys Volts 11.0 kV  
Gen Freq 12.5 Hz  
Sys Freq 50.0 Hz

-0.5 MW  
0.0 MVAR

Status: Local Control

Startup Status	CRANKING
Turbine State	START
Control Mode	CRANK
Fuel Control	STARTUP
Start Sequencing	SEQ IN PROGRESS
Speed Level	14HM

MW Control: Setpoint 5.0 MW, Reference 5.0 MW, MW -0.5 MW

Generator Mode: Off

Load Select: Preselect Ld, Base Load, Peak Load

Master Control: Start, Fast Start, Stop

Mode Select: Off, Crank, Fire, Auto, Remote

Speed Governor: Droop, Isoch

KV/KVAR Control: Raise, Lower

Speed/Load Control: Raise, Lower

Cooldown Control: On, Off

Ack	Lock	Unlock	Comment	Setup	Alarms
Date	Time	Unit	State	A/C	Message
Mar 02	17:13:44...	G3	ALARM	N	NECESSARY COMP COOLING FAN OFF
Mar 02	16:38:37...	G3	ALARM	N	FORCED SIGNAL DETECTED ALARM
Mar 02	15:34:29...	G3	ALARM	N	PCAA PACK STALL DETECTION TROUBLE
Mar 02	15:34:15...	G3	ALARM	N	PACK I/O 18V POWER SUPPLY FAULT
Mar 02	15:34:15...	G3	ALARM	N	PACK I/O 28V POWER SUPPLY FAULT
Mar 02	15:34:14...	G3	ALARM	N	FUEL GAS PRESSURE LOW ALARM

Startup Trend  
Master Reset [French](#)  
Diagnostic Reset

Après avoir obtenu le prêt au démarrage de la Turbine, on sélectionne le mode de démarrage.

### III- Modes de démarrage :

Les modes de démarrage sont les suivants :



#### III.1-Mode OFF :

Quand le sélecteur se trouve dans cette position, la machine ne peut pas être démarrée.

#### III.2-Mode crank (lancement) :

Dans cette position, la séquence de démarrage est lancée, la Turbine est lancée jusqu'à atteindre 21% de la vitesse nominale de lancement, il n'aura pas de mise à feu dans ce mode qui ne peut pas durer pour éviter le givrage de la Turbine de lancement.

#### III.2-Mode fire (flamme) :

Lorsqu'on est dans cette position, la séquence de démarrage continue avec la mise à feu de la turbine, les bougies d'allumage seront excitées, les vannes de gaz SRV et GCV seront ouvertes, la détection de la flamme doit avoir lieu au bout de 1min, sinon la séquence de démarrage s'arrête.

#### III.3-Mode auto( acceleration) :

Quand le sélecteur est dans cette position, la séquence de démarrage continue avec l'accélération de la vitesse de la roue HP de la Turbine jusqu'à atteindre 93% de la vitesse nominale pour maintenir la température de roue HP, il y'aura aussi un désaccouplement de la turbine de lancement à 60% de la vitesse nominale de la roue HP.

#### III.4-Mode remote(a distance) :

Lorsqu'on sélectionne ce mode, les commandes de gestion(REINITIALISATION) de machine DEMARRAGE et ARRET, l'augmentation et la réduction de la vitesse, s'effectuent seulement à partir du DCS.

## IV – les boucles de regulation :

La régulation de la turbine à gaz se fait par des fonctions de commande, il existe trois boucles principales (vitesse ,température et arrêt)et trois boucles secondaires (démarrage, accélération et régulation manuelle) [9].

### IV.1- control FSR (Fuel stroke reference) :

Le (FSR)est le signal de commande de la vanne de gaz combustible de la turbine. C'est un signal qui est généré par le système MarkVIe.

Le portillon de sélection à valeur minimale connecte les signaux de sortie des six modes de régulation vers le contrôleur .La sortie FSRla plus basse des six boucles de régulation est autorisée à traverser le portillon vers le système de régulation de combustible en tant que FSR de contrôle.

Le FSR de contrôle établira l'entrée de combustible vers la turbine à un débit nécessaire par le système qui est contrôlé à un moment particulier. La boucle d'asservissement qui contrôle le FSR s'affiche sur L'IHM.

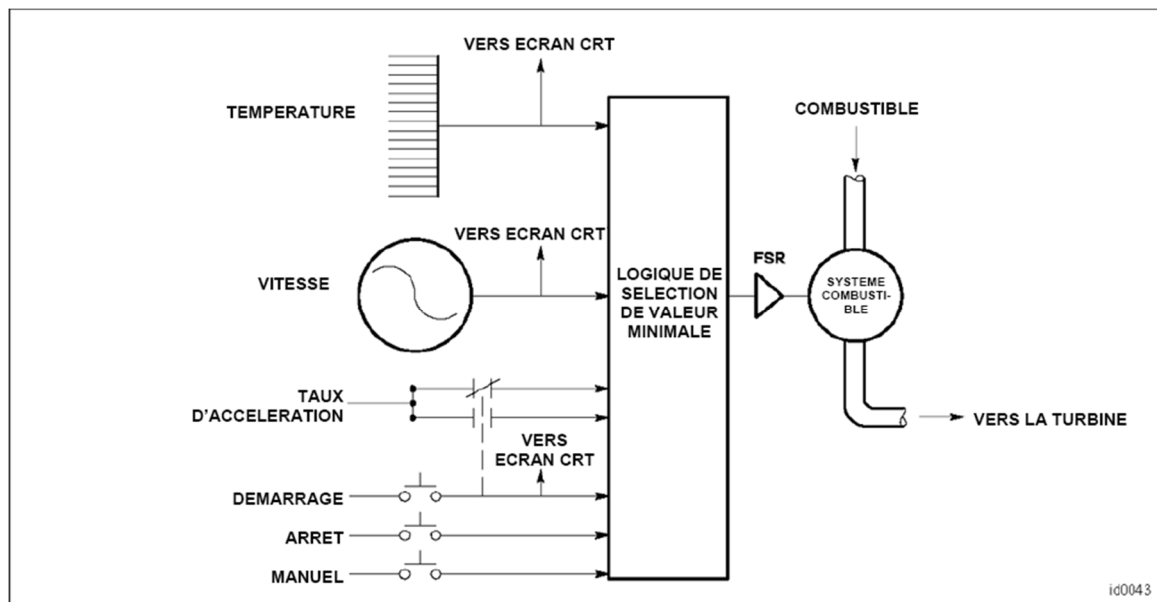


Figure IV.19 :le FSR controle

## VI.2-Contrôle de vitesse :

Notre étude est basée sur le contrôle de la vitesse pour voir son influence sur la vibration et la température des paliers de la turbine, car à chaque augmentation de la vitesse, il y aura une augmentation de la température et de même pour la pression et le débit de gaz.

Pour cela, nous avons effectué plusieurs essais dans le but d'éviter la fissuration de la turbine.

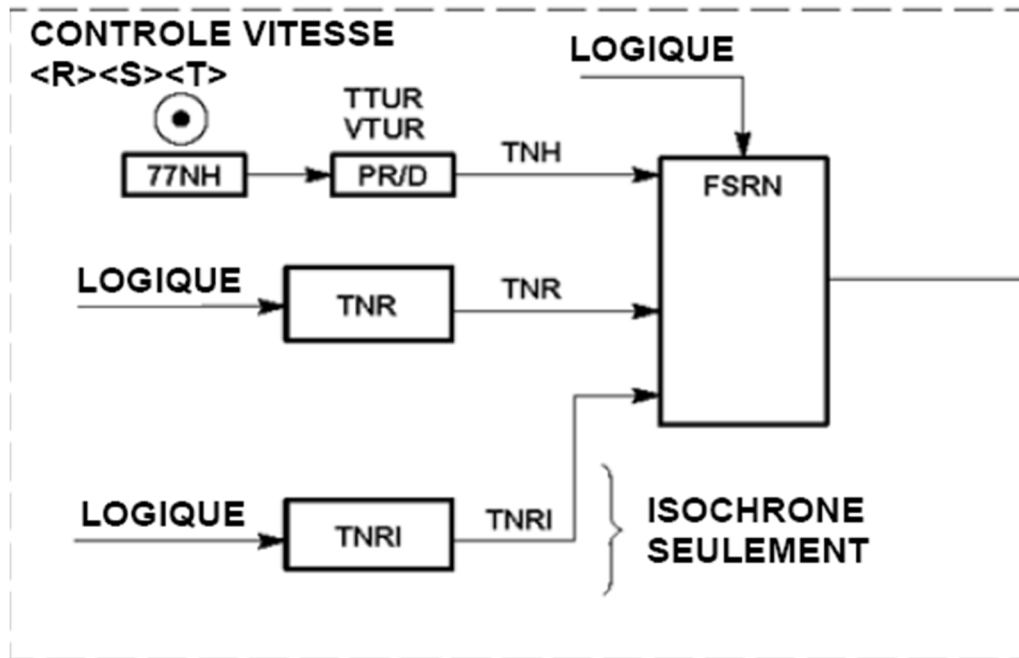


Figure IV.20 : FSRN control de vitesse

-Une partie importante de la régulation de séquence de marche/arrêt de la turbine à gaz est une bonne détection de vitesse. La vitesse de la turbine est mesurée par des capteurs magnétiques.

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

- L14HR vitesse zéro (0% vitesse )
- L14HM vitesse minimale (environ 21% vitesse )
- L14HA vitesse d'accélération (environ 41%)
- L14HS vitesse de fonctionnement (environ 93%)

- Le capteur de vitesse nulle L14 HR nous fournit le signal indiquant que le dispositif de lancement de la turbine haute pression commence la séquence d'embrayage de la turbine.

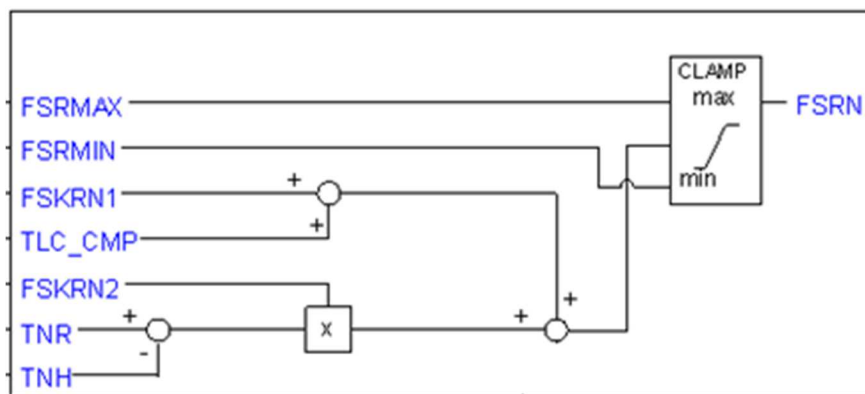
Pendant le cycle d'arrêt, ce capteur de vitesse fournit le signal indiquant que la vitesse est environ égale à zéro. A ce moment, la séquence de refroidissement automatique commence.

-Le capteur de vitesse minimale pour l'allumage L14HM indique que la turbine haute Pression a atteint la vitesse minimale pour l'allumage, il fournit aussi le signal pour amorcer la purge d'air requise préalablement à l'allumage et à l'arrivée de combustible.

-L'excitation du relais de vitesse d'accélération L14HA indique à quel moment la turbine a atteint environ 41% de la vitesse.

-L'excitation du capteur de grande vitesse L14HS indique à quel moment la turbine a atteint la vitesse nominale [9].

### III.3- Bloc de Contrôle de vitesse :



L'équation de fsrn est donnée comme suite:

$$X = (FSKRN1 + TLC\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

$$[\text{Max}_{\text{Min}}[X]] = FSR$$

#### III .3.1-Signification des codes :

**FSRKN1** : constante de vitesse

**FSRKN2** : constante de vibration

**FSRMAX** : valeur maximale de FSR

**FSRMIN** :FSR minimale pour conserver la flamme de combustion

**TLC\_CMP** : constante transient load control compensation

**TNR** : vitesse de référence

**TNH** : vitesse mesurée

**FSR** : signal de commande du gaz combustible

**FSRN** : signal de commande de boucle de régulation de vitesse

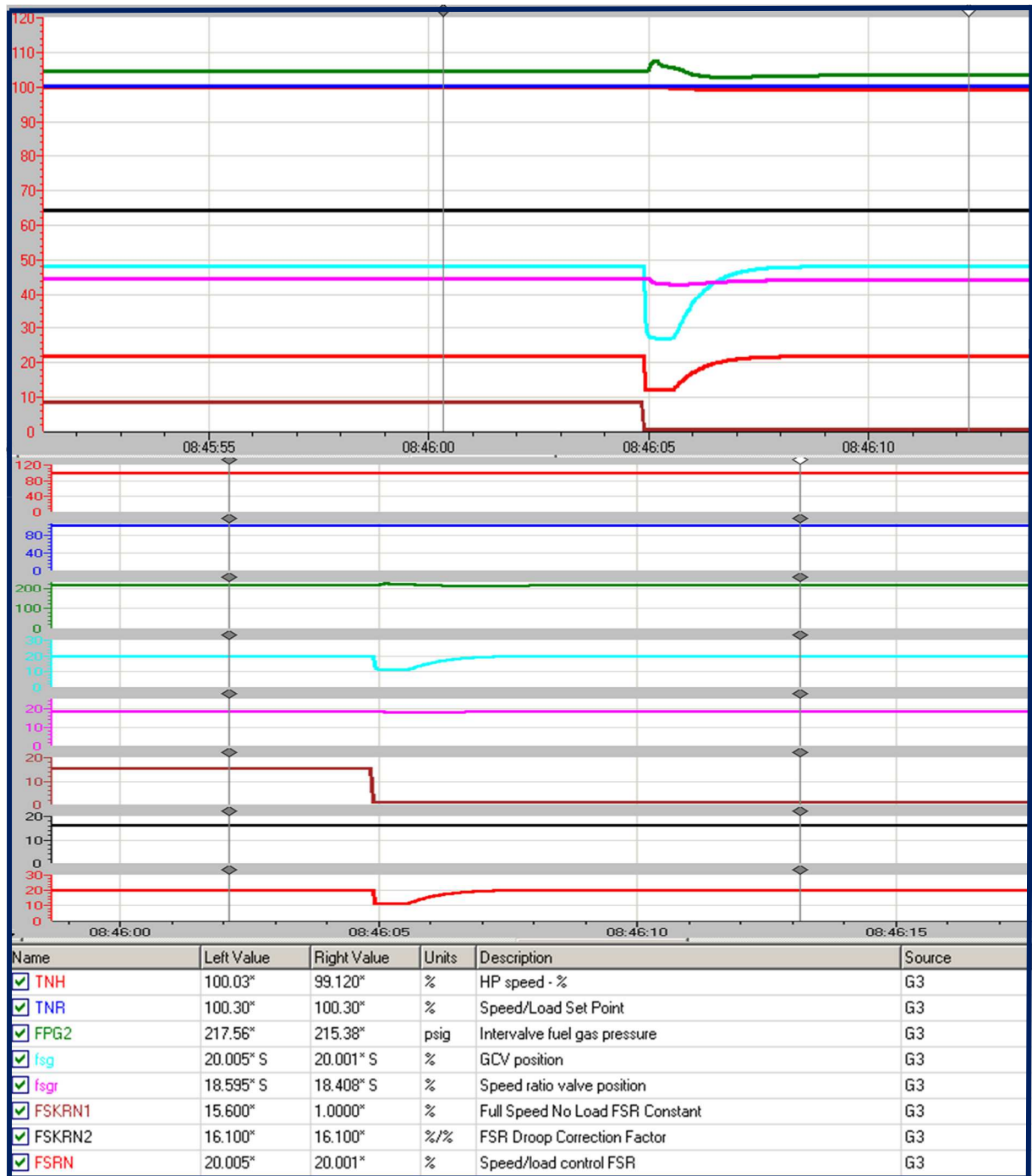
### III.3.2- Résultats de simulation et interprétation :

Nous avons effectué des essais au niveau des deux constantes **FSKRN1** et **FSKRN2** qui influent sur le TNH.

➤ **Pour la 1<sup>ère</sup> constante :**

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

**1<sup>er</sup> cas : FSKRN1=1**



FigureIV.21: Réponse des signaux (FSKRN1=1)

La valeur de TNH mesurée est inférieure à la valeur de TNR qui est notre référence

$$\varepsilon = (TNR - TNH) \varepsilon = 100.30\% - 99.120\% = 1.18\% .$$

Cette erreur est indésirable. On voit une perturbation au niveau du signal fsg indiquant la position (GCV) après une période bien déterminée. Ensuite, le système reprend sa stabilité.

Fsg est presque stable (SRV). On voit aussi une perturbation importante au niveau du signal

(FPG2) qui est la mesure de pression (gaz combustible), il reste toujours instable.

2<sup>ème</sup> cas :FSKRN1=7

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

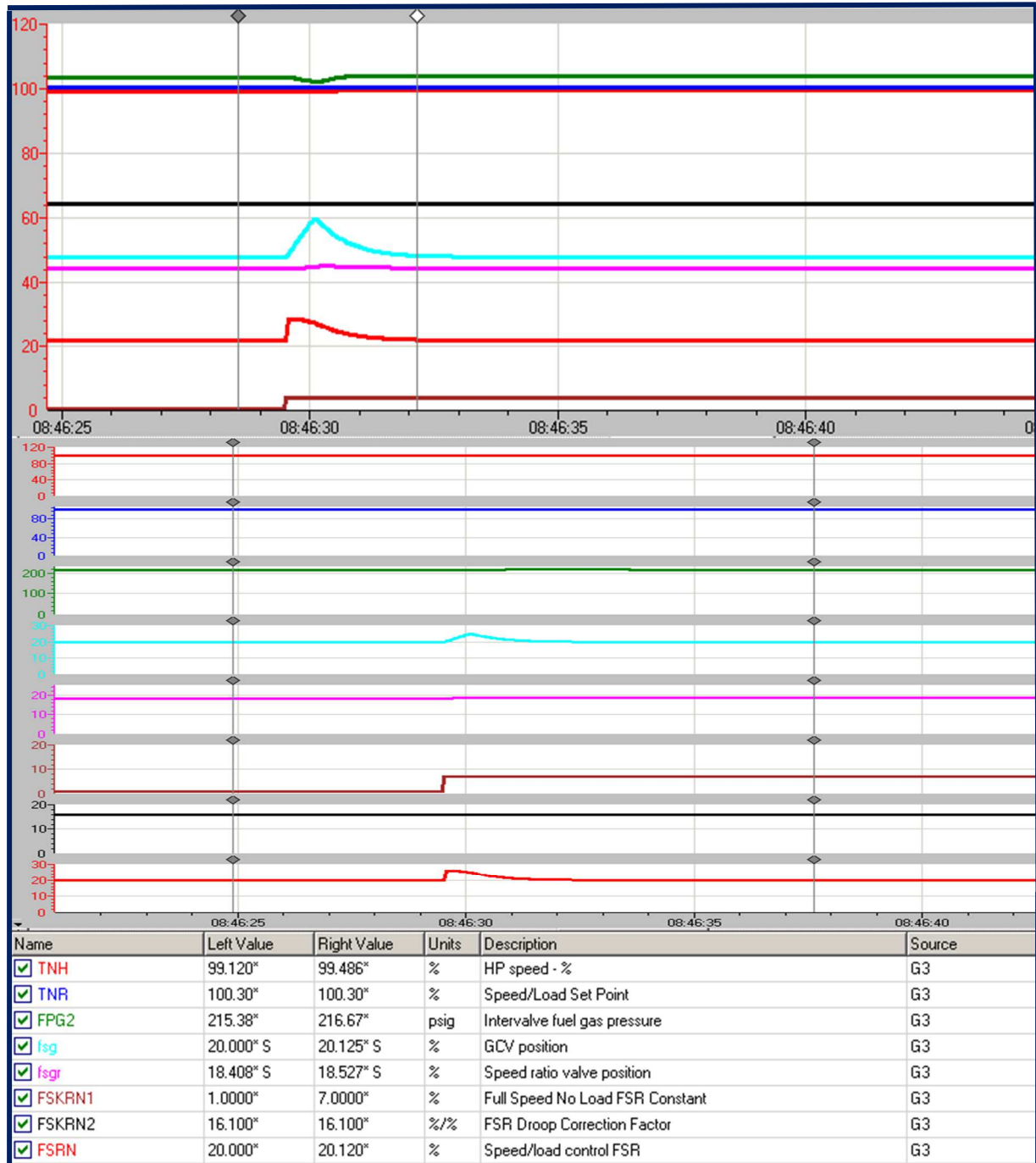


Figure IV.22 : Réponse des signaux (FSKRN1=7)

La valeur de TNH mesurée est inférieure à la valeur de TNR.

$$\varepsilon = 100.30\% - 99.486\% = 0.814\%. \text{ Cette erreur est indésirable.}$$

Une petite perturbation du signal FSRN est apparue, après il se stabilise. On remarque aussi

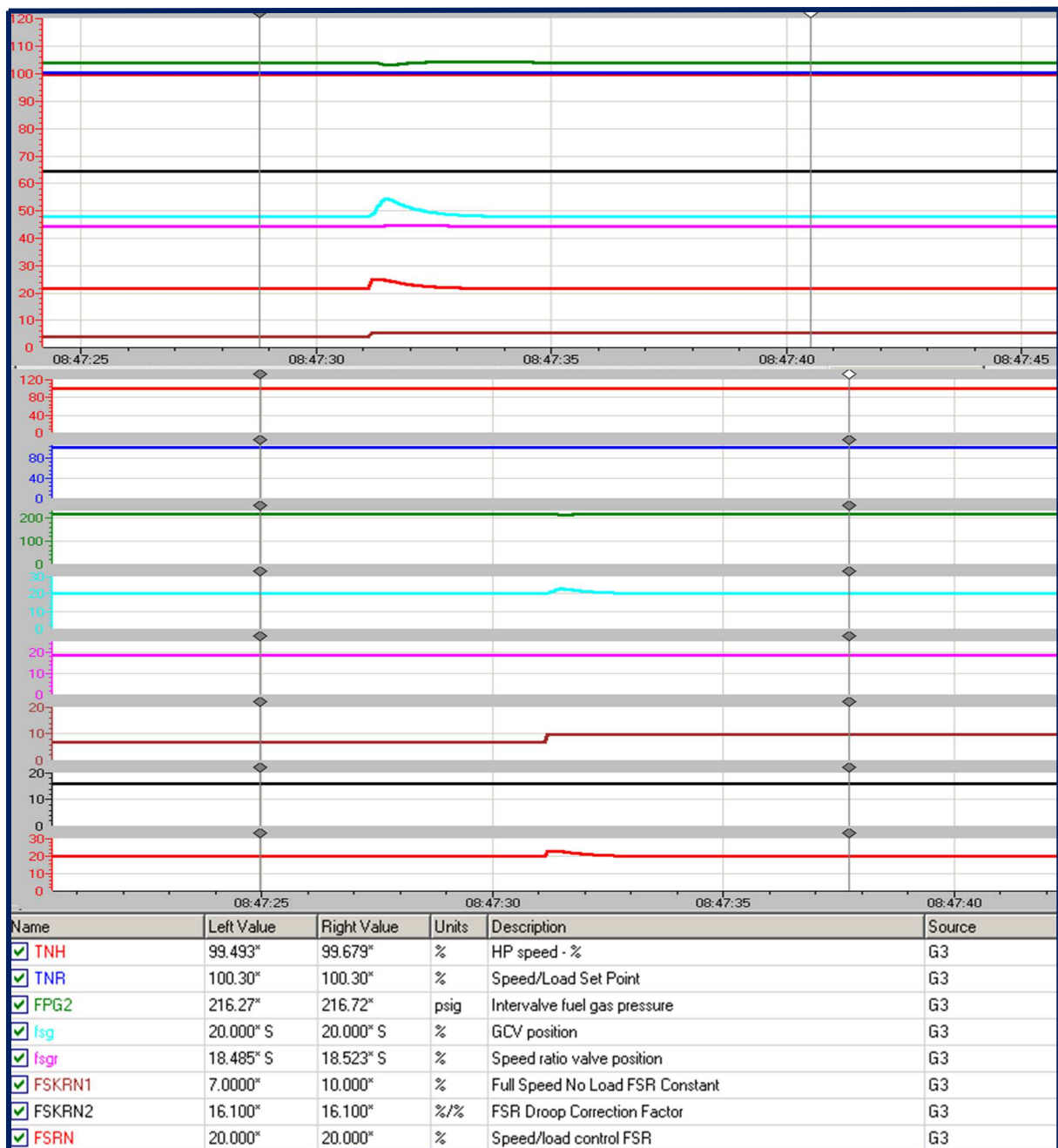
Une grande perturbation du signal FPG2 qui reste instable.

La SRV reste stable, elle est représentée par le signal(FSGR).

Une petite perturbation au niveau du signal (FSG) de position de la vanne GCV est apparue.

**3<sup>ème</sup> cas : FSKRN1=10**

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$



**Figure IV.23:** Réponse des signaux (FSKRN1=10)

La valeur de TNH mesurée est inférieure à la valeur de TNR.

$$\varepsilon = 100.30\% - 99.679\% = 0.62\% .$$

On remarque des petites perturbations au niveau des signaux fsrn et fsg, après ils se stabilisent. Par contre FPG2, FSGR et TNH restent stables.

4<sup>ème</sup> cas :FSKRN1=15

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CNP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

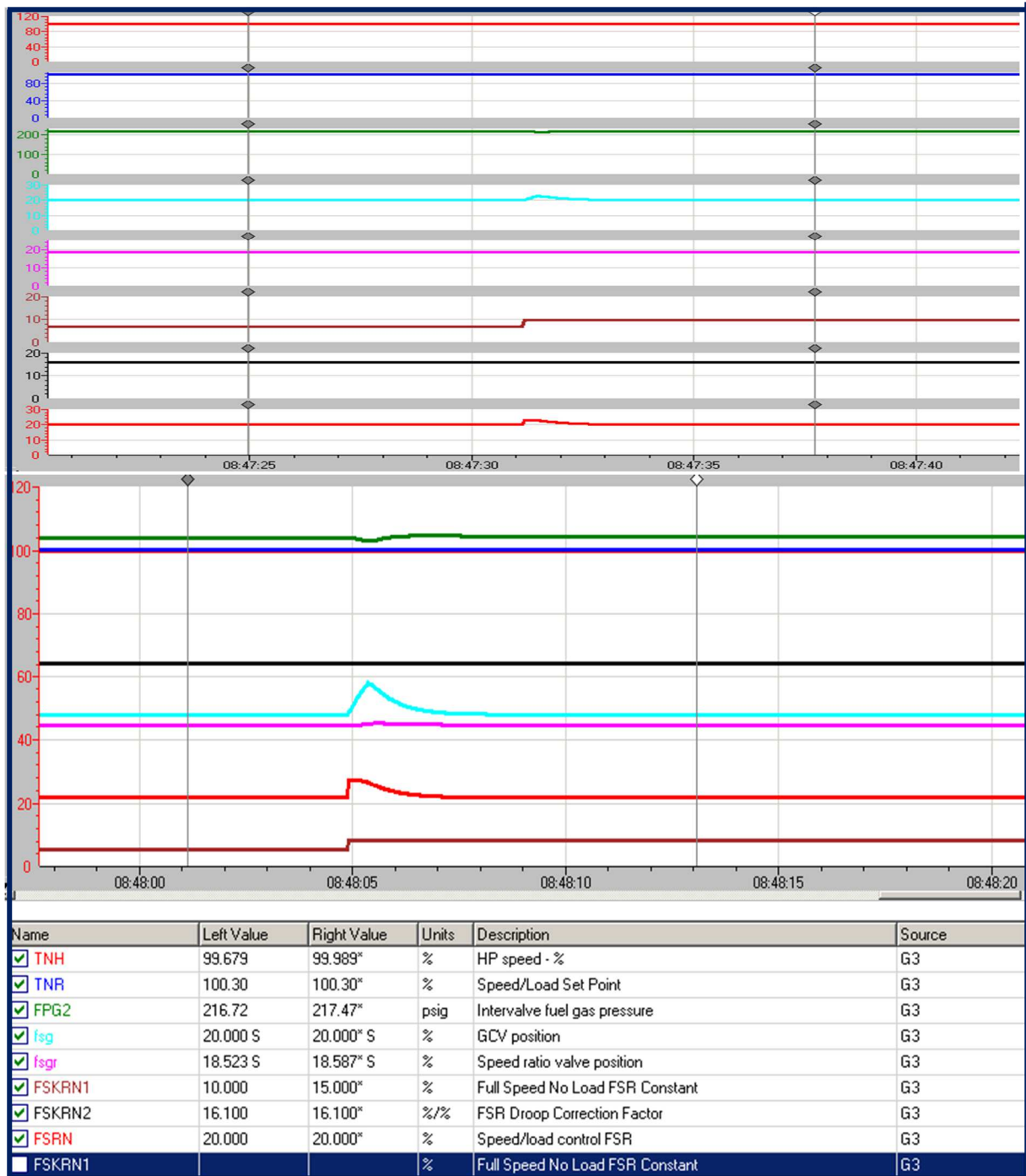


Figure IV.24 : Réponse des signaux(FSKRN1=15)

Pour cette valeur de la constante, on voit que tous les signaux sont stables. La valeur de TNH mesurée est inférieure à la valeur de TNR.  $\epsilon = 100.30\% - 99.989\% = 0.31\%$ . Cette erreur est optimale.

5<sup>ème</sup> cas : FSKRN1=50

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

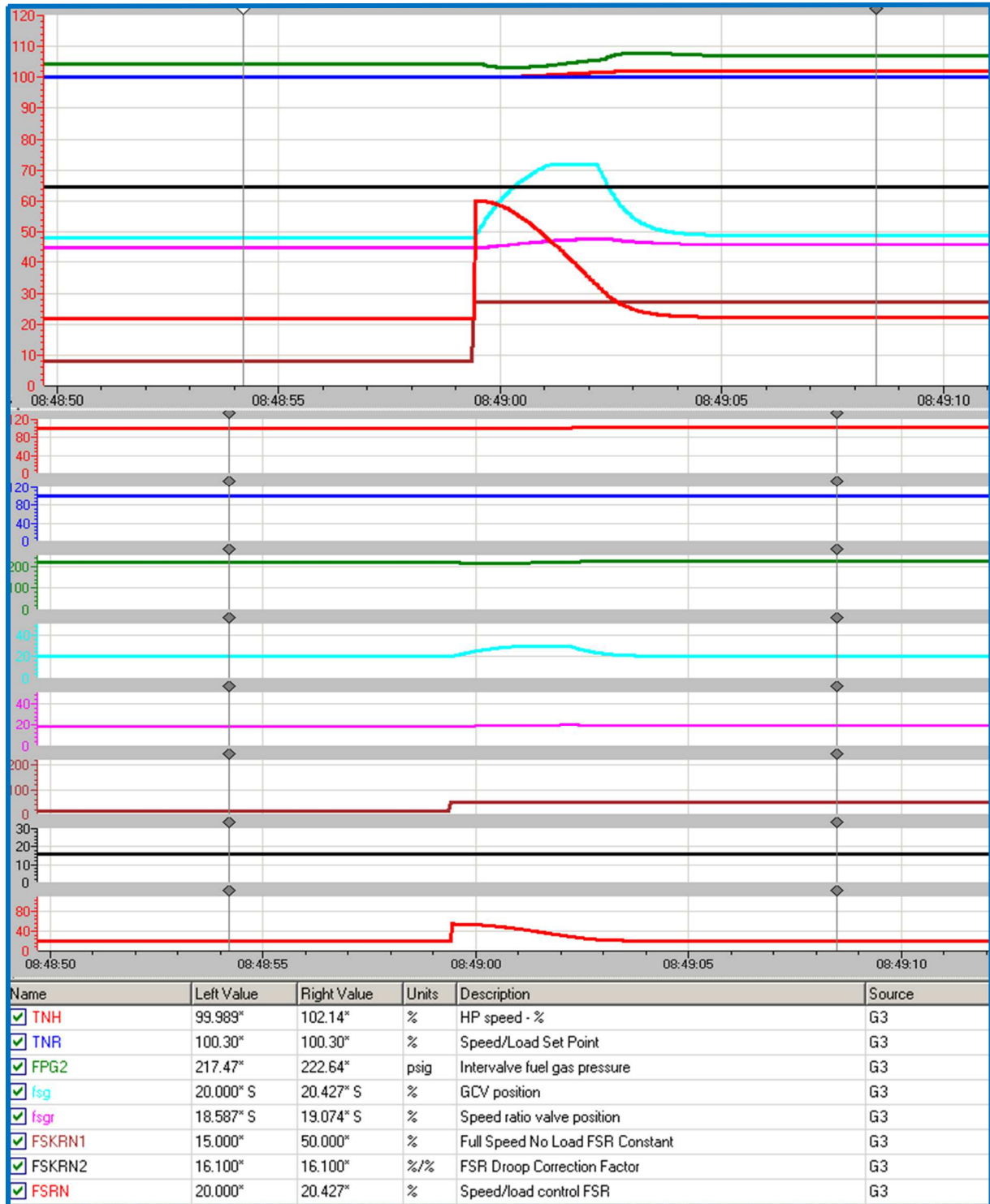


Figure IV.25 : Réponse des signaux (FSKRN1=50)

La valeur de TNH mesurée est supérieure à la valeur de TNR.

$\varepsilon = 100.30\% - 102.14\% = -1.84\%$ . Cette erreur est indésirable. D'après le graphe, on remarque une perturbation au niveau du signal FSRN qui se stabilise par la suite.

Une petite perturbation est apparue au niveau du signal FPG2 qui reste instable.

On remarque aussi que le signal fsgr est stable, par contre le signal fsg présente une petite perturbation durant un certain temps, après il se stabilise.

**7<sup>ème</sup> cas :FSKRN1=100**

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

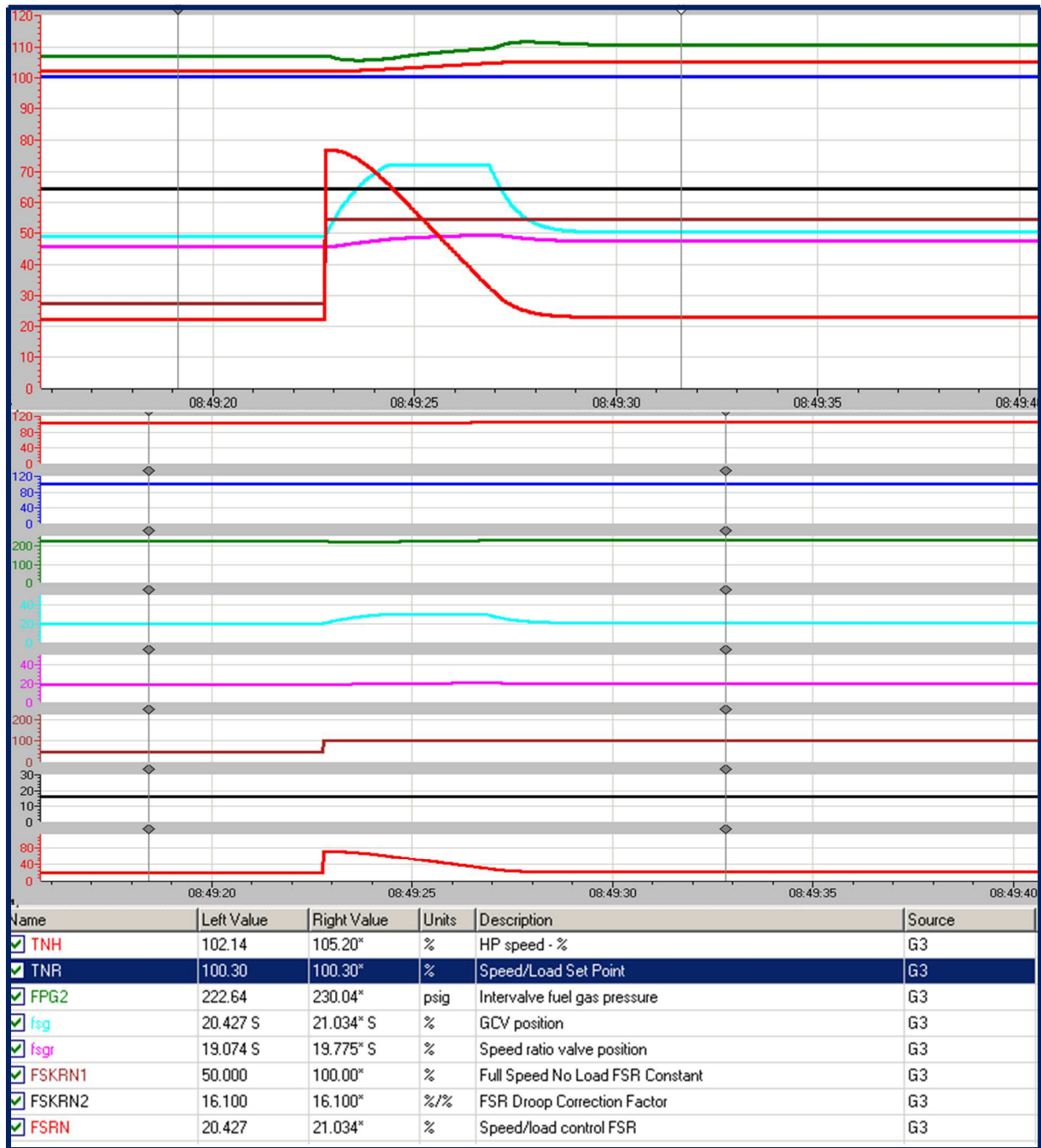


Figure IV.26: Réponse des signaux (FSKRN1=50)

La valeur de TNH mesurée est supérieure à la valeur de TNR.  $\varepsilon = 100.30\% - 105.20\% = -4.90\%$ . Cette est erreur indésirable.

**8<sup>ème</sup> cas : FSKRN1=150**

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

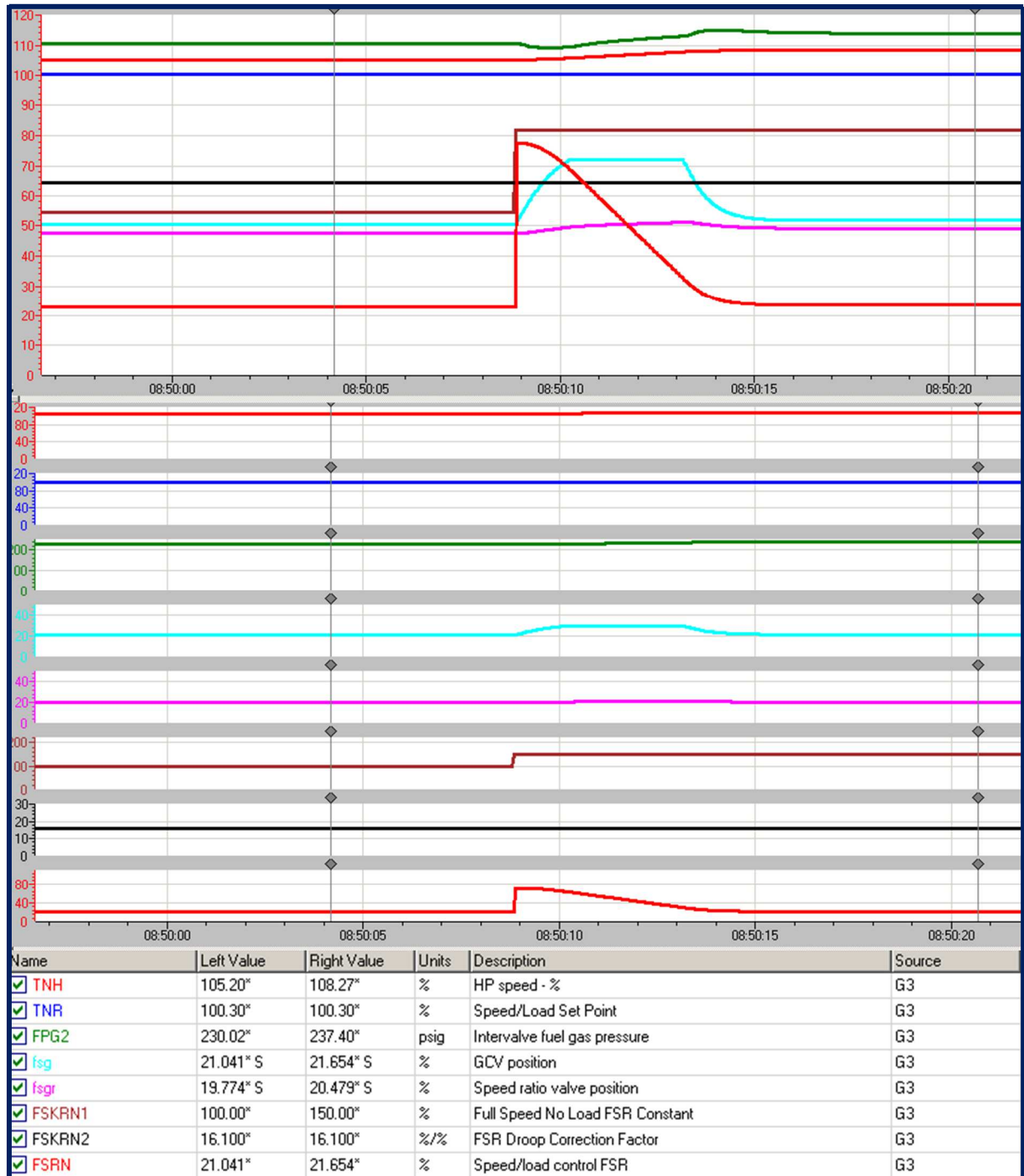


Figure IV.27 : Réponse des signaux (FSKRN1=150)

La valeur de TNH mesurée est supérieure à la valeur de TNR.

$$\varepsilon = 100.30\% - 108.27\% = -7.97\%. \text{ Cette est erreur indésirable.}$$

Les signaux FSRN, TNH, FSG et FPG2 présentent une grande perturbation.

9<sup>ème</sup> cas : FSKRN1=200

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

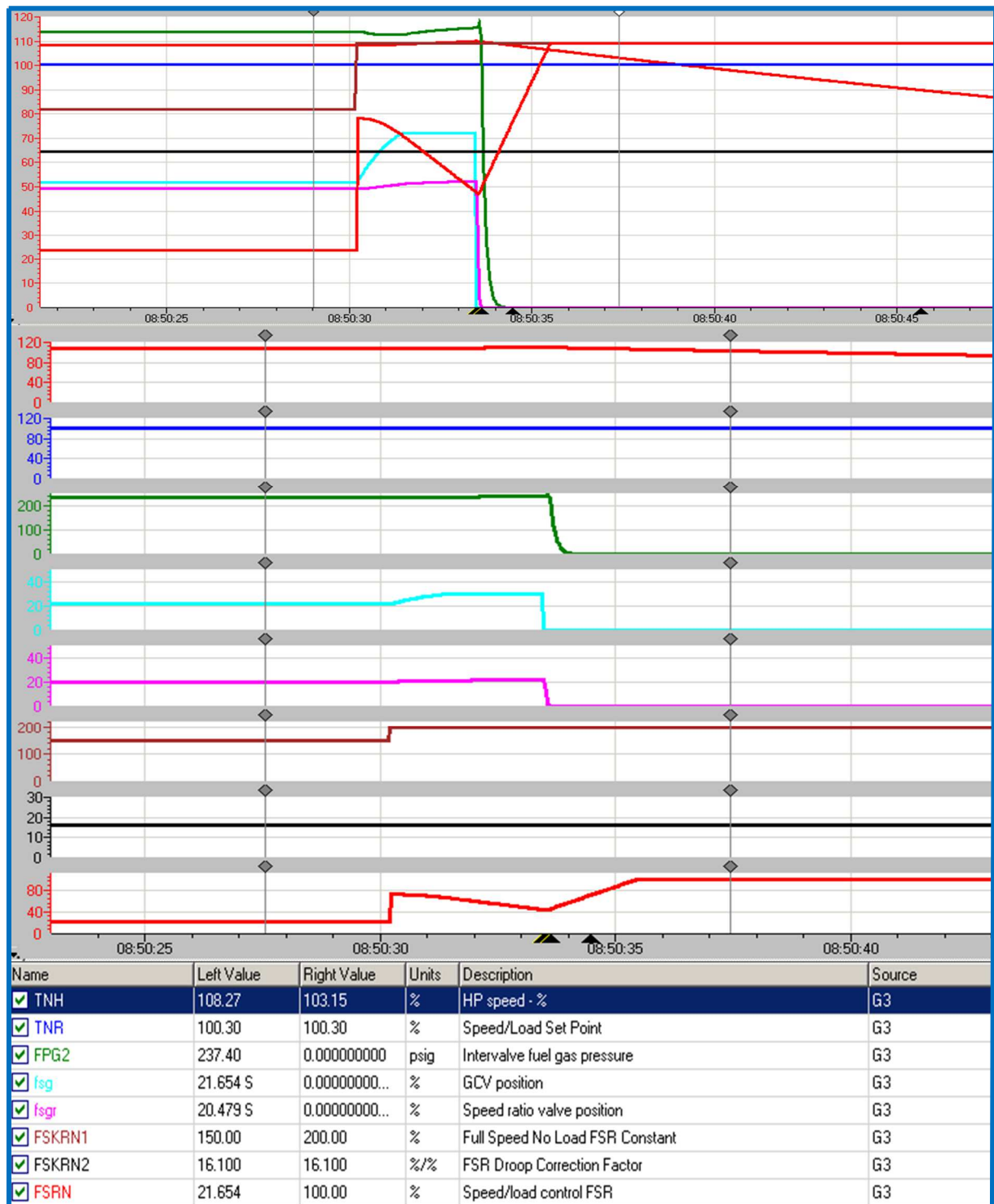


Figure IV.28 : Réponse des signaux (FSKRN1=200)

La valeur de TNH mesurée est supérieure à la valeur de TNR.

$\varepsilon = 100.30\% - 103.15\% = -2.85\%$ . Cette est erreur indésirable.

Une très grande perturbation est aperçue dans l'ensemble des signaux, à ce niveau, la turbine va se déclencher par survitesse.

➤ Pour la 2<sup>ème</sup> constante:

1<sup>er</sup> cas :FSKRN2=1

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

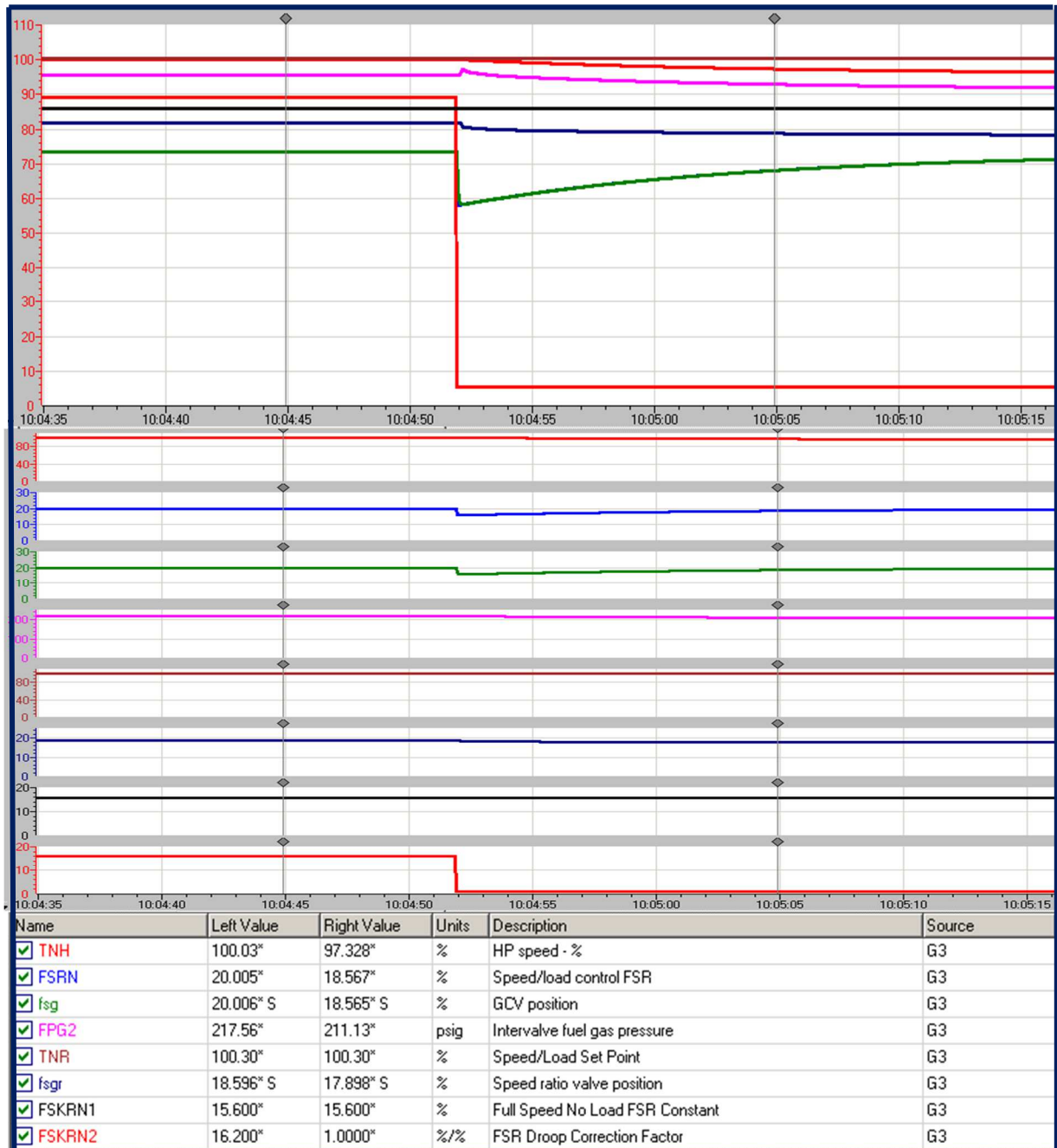


Figure IV.29: Réponse des signaux (FSKRN2=1)

La valeur de TNH mesurée est inférieure à la valeur de TNR qui est notre référence

$\varepsilon = 100.30\% - 97.328\% = 2.97\%$ . Cette est erreur indésirable.

On voit une perturbation au niveau de signal fsg sortant de la GCV après une période bien déterminé. Ensuite, il reprend sa stabilité.

Fsgr est presque stable(SRV).

On vois aussi une diminution de la valeur du signal (FPG2).et il reste toujours instable

3<sup>ème</sup> cas :FSKRN2=6

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

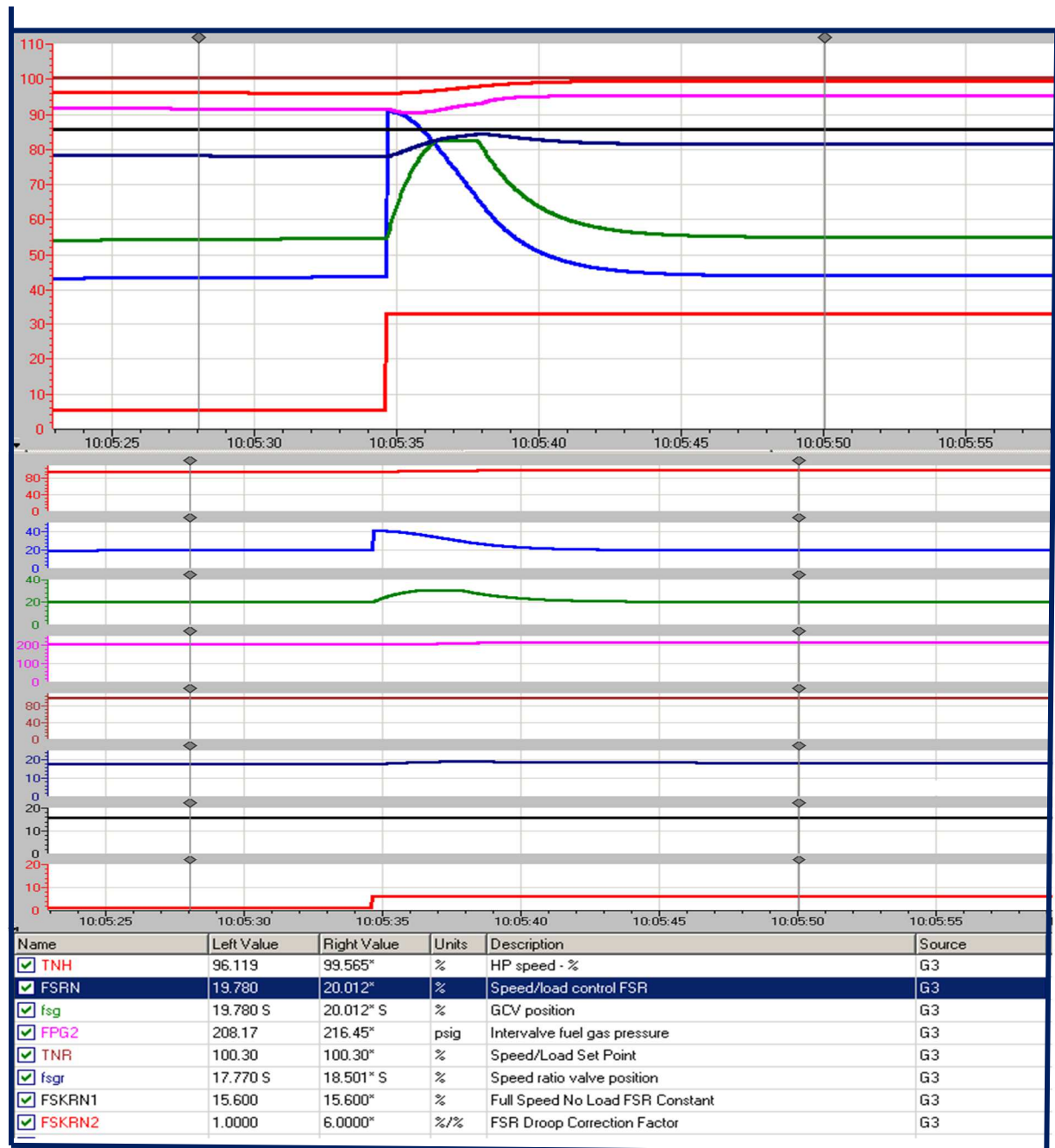


Figure IV.30 : Réponse des signaux(FSKRN2=6)

La valeur de TNH mesurée est inférieure a la valeur de TNR.

$$\varepsilon = 100.30\% - 99.565\% = 0.735\%. \text{ Cette est erreur indésirable.}$$

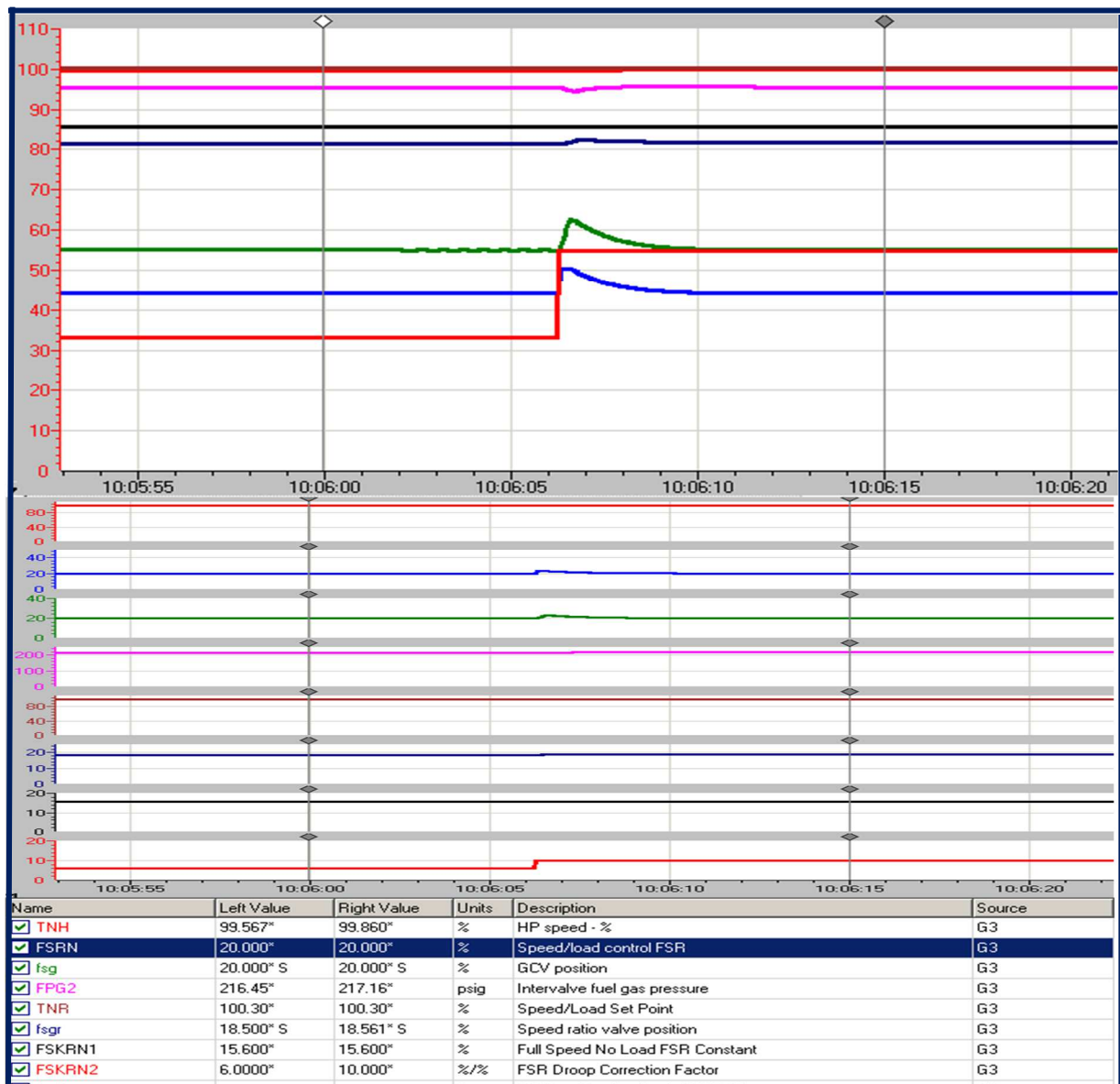
Ce graphe montre la présence d'une petite perturbation au niveau du signal fsg après une période bien déterminée,il se stabilise.

Le signal fsg est presque stable

On remarque aussi une perturbation importante du signal (FPG2) qui reste toujours instable.

**4<sup>ème</sup>cas :FSKRN2=10**

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$



**Figure IV.31 : Réponse des signaux (FSKRN2=10)**

La valeur de TNH mesurée est inférieure à la valeur de TNR.

$\varepsilon = 100.30\% - 99.860\% = 0.44\%$ . Cette erreur indésirable.

Une très faible perturbation dans l'ensemble des signaux est apparue.

6<sup>ème</sup> cas : FSKRN2=16

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

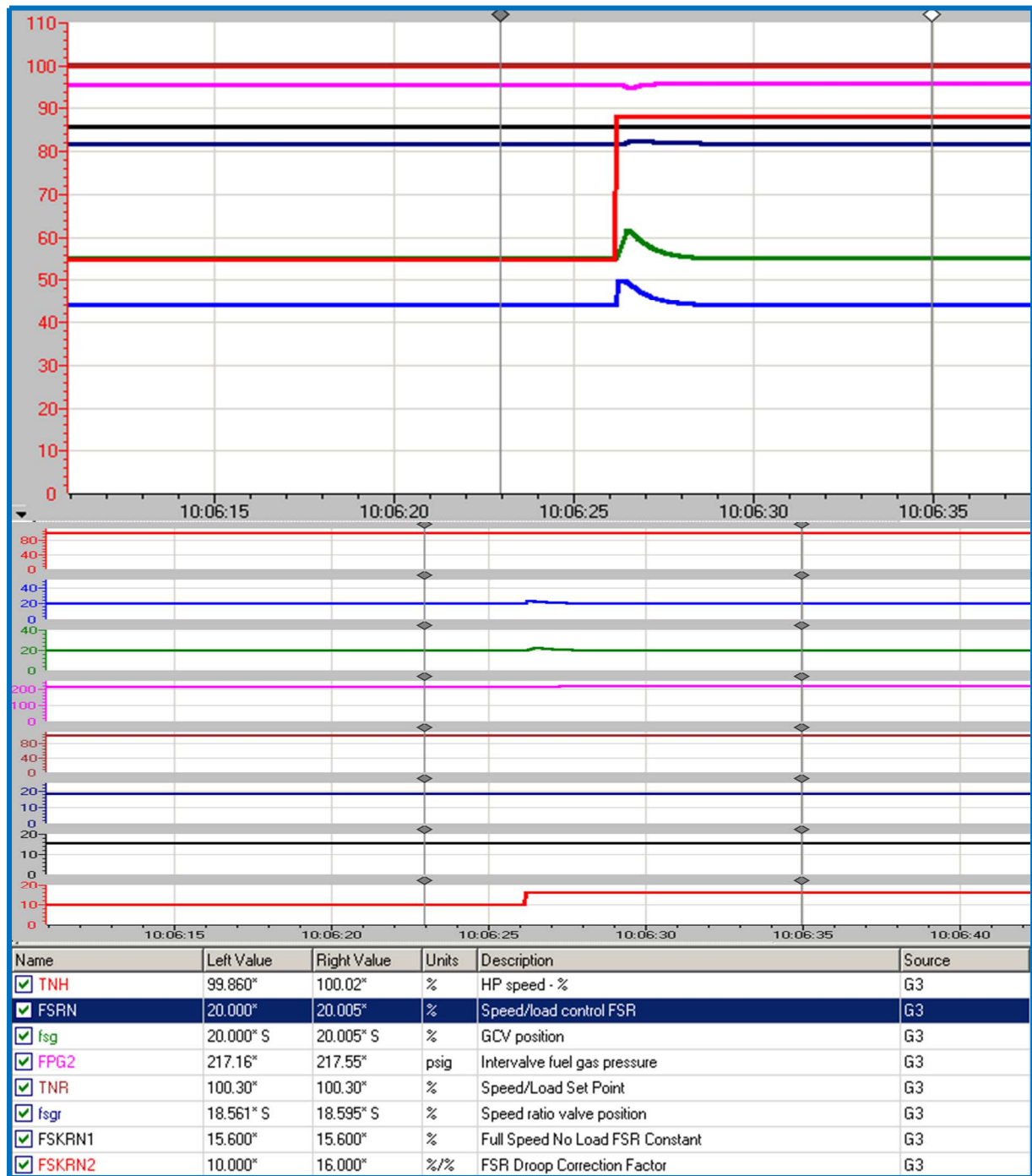


Figure IV.32 : Réponse des signaux (FSKRN2=16)

Pour cette valeur de constante, on voit que tous les signaux sont stables, la valeur de TNH mesurée est inférieure à la valeur de TNR.  $\varepsilon = 100.30\% - 100.02\% = 0.28\%$ . Cette erreur est optimale.

8<sup>ème</sup> cas : FSKRN2=50

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

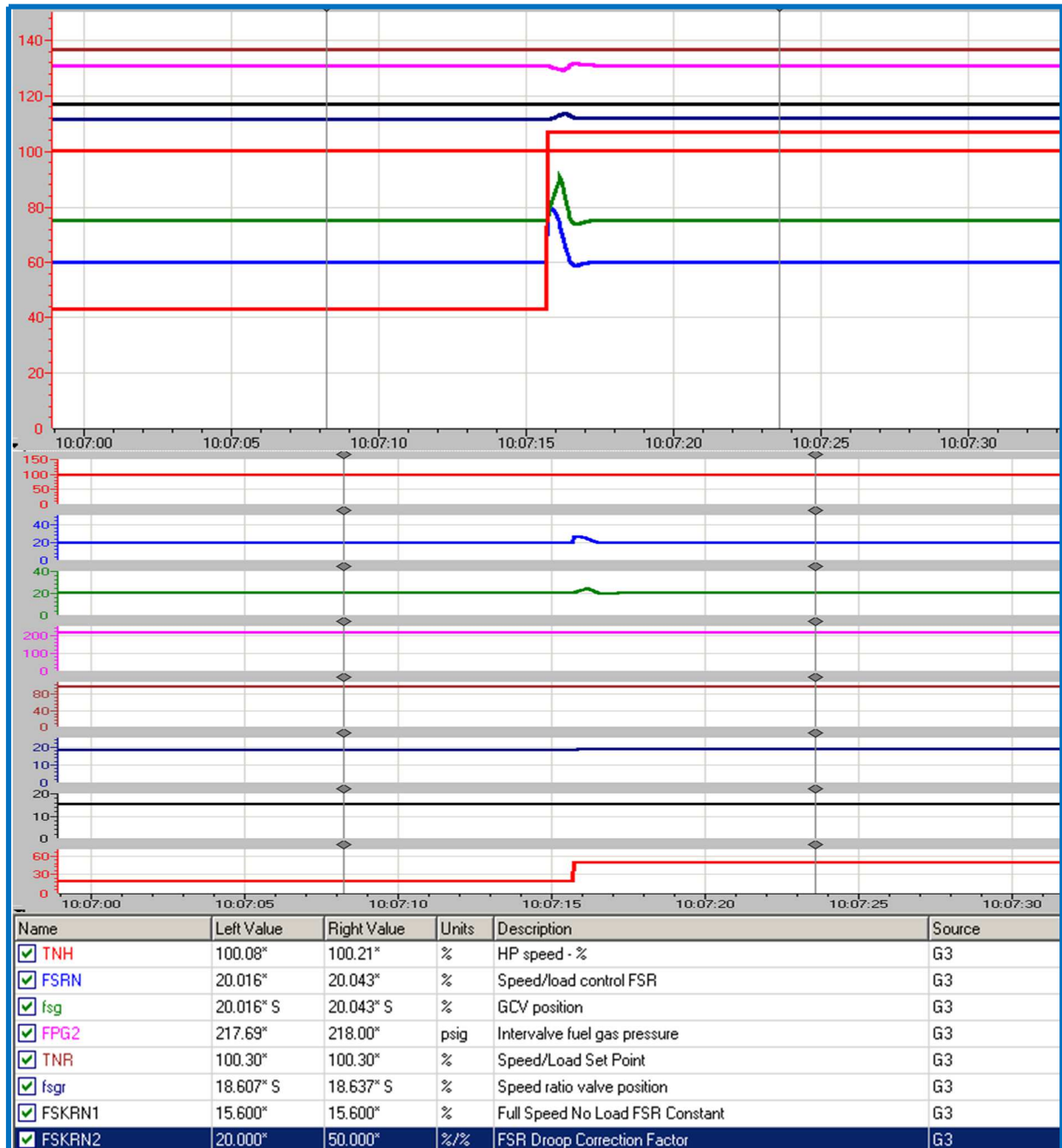


Figure IV.33 : Réponse des signaux (FSKRN2=50)

La valeur de TNH mesurée est inférieure à la valeur de TNR.

$\varepsilon = 100.30\% - 103.15\% = -2.85\%$ . Cette erreur est indésirable.

Une faible perturbation au niveau des signaux est apparue avec un début d'oscillations.

10<sup>ème</sup> cas :FSKRN2=150

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

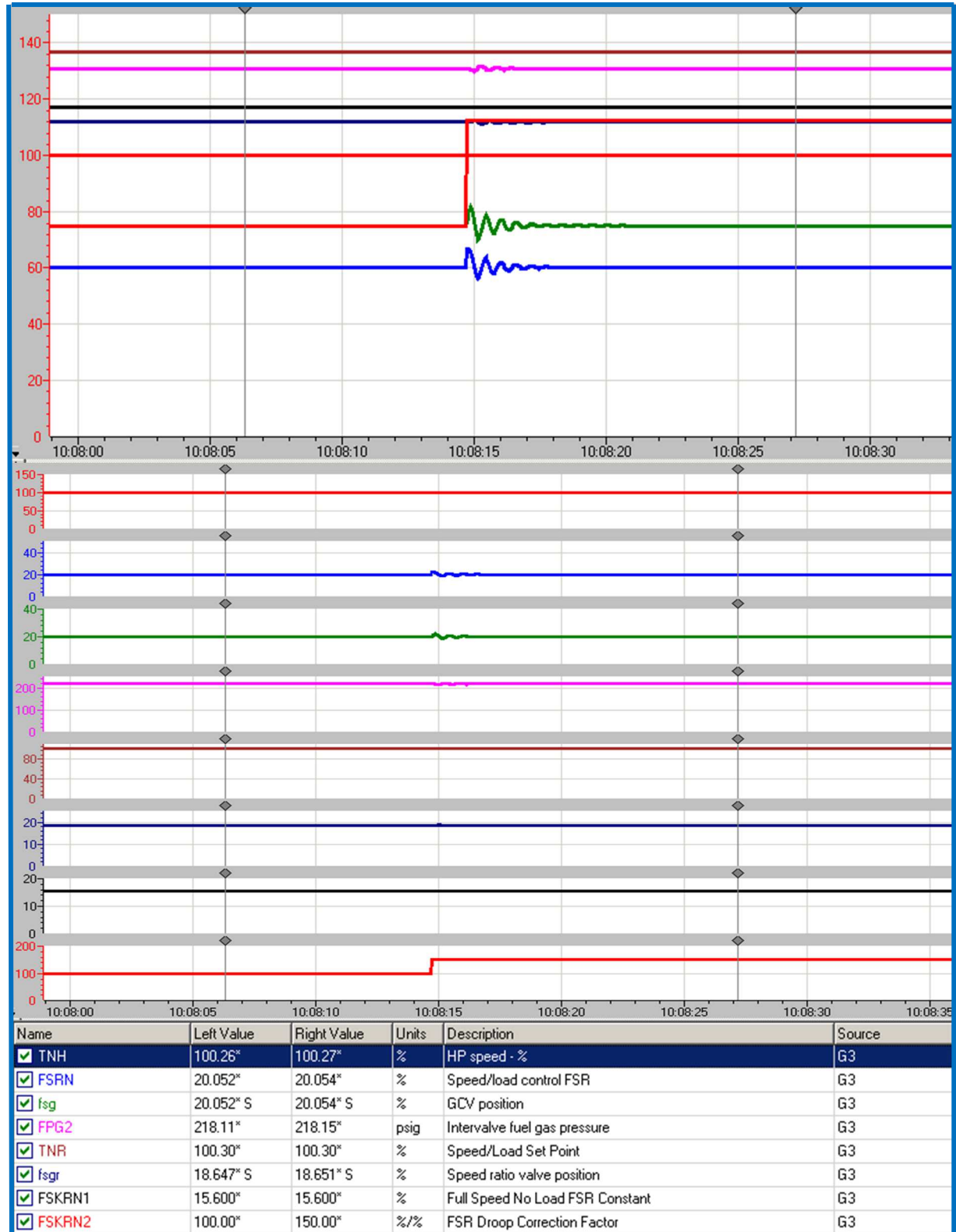


Figure IV.34 : Réponse des signaux (FSKRN2=150)

La valeur TNH mesurée est inférieure à la valeur de TNR.

$$\varepsilon = 100.30\% - 100.27\% = -0.03\%. \text{ Cette erreur est indésirable.}$$

Une grande perturbation est clairement aperçue au niveau des signaux avec présence d'oscillations.

11<sup>ème</sup> cas : FSKRN2=200

$$X = (FSKRN1 + TLM\_CMP) + FSKRN2 \times (TNR - TNH)$$

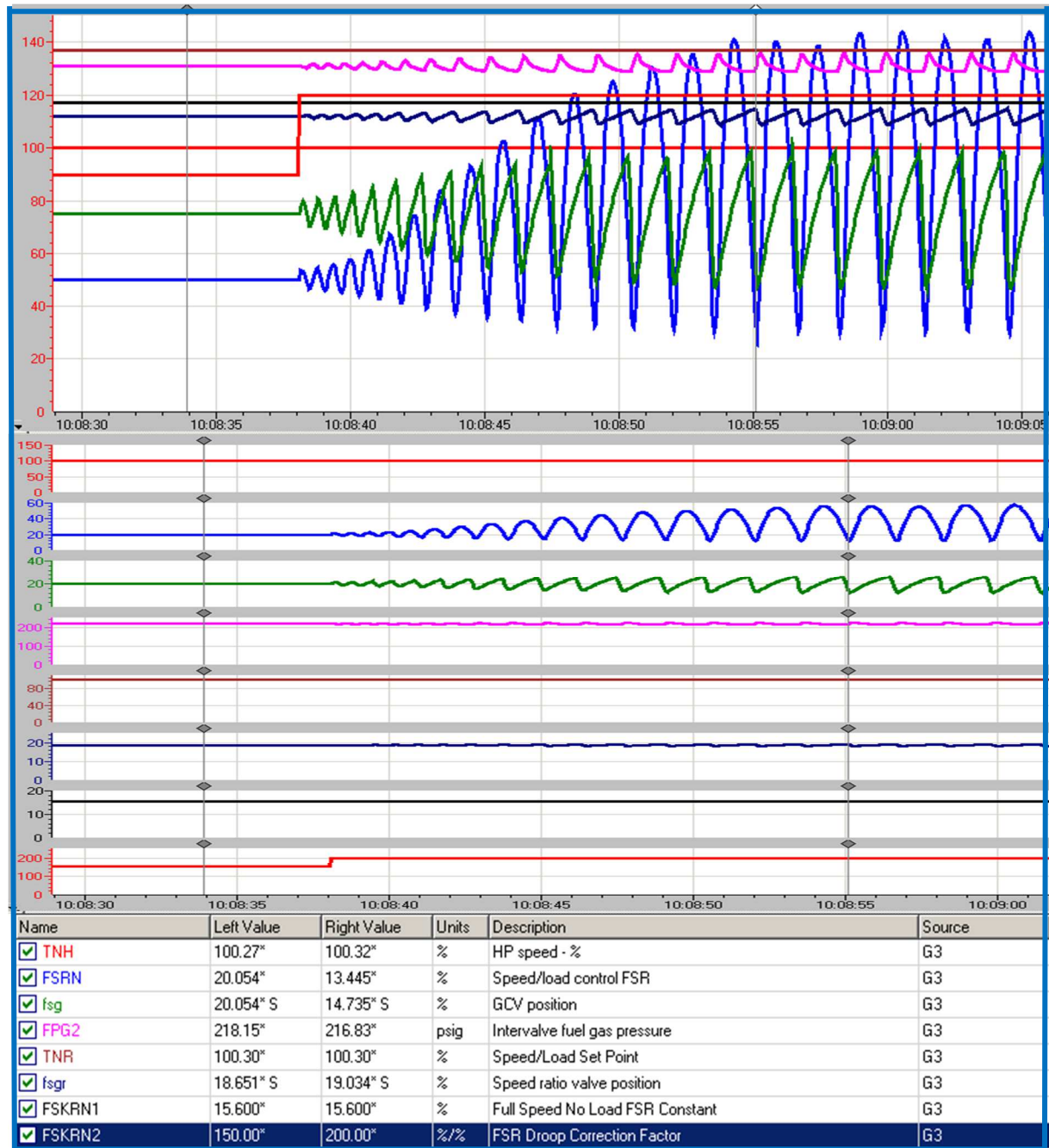


Figure IV.35 : Réponse des signaux (FSKRN2=200)

La valeur TNH mesurée est supérieure à la valeur de TNR  $\varepsilon = 100.30\% - 100.32\% = -0.02\%$ . Cette erreur indésirable.

D'après le graphe, on remarque l'apparition d'une très grande perturbation au niveau des signaux qui continuent à osciller.

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons élaboré une solution programmable pour la boucle de régulation de vitesse de l'arbre HP de la Turbine MS5001 à l'aide du logiciel de configuration et de programmation TOOLBOX/MarkVIe. Ce dernier présente un environnement de travail convivial qui nous offre une solution de contrôle fiable pour assurer le fonctionnement de la turbine dans de bonnes conditions d'exploitation et de sécurité.

Nous avons testé notre système de régulation en temps réel en prenant en considération la régulation de vitesse de l'arbre Haute Pression afin d'éviter le déclenchement de la turbine par sur vitesse. Des résultats probants ont été obtenus.

# Conclusion Générale

## Conclusion générale

---

Le stage effectué à **Rhourde Nouss** qui est une compagnie de SONATRACH, nous a permis de découvrir le domaine de l'industrie des hydrocarbures et d'acquérir des notions sur le plan professionnel.

Le travail réalisé dans ce mémoire consiste à étudier un nouveau système de commande de MarkVIe installé récemment dans les différents complexes de l'industrie pétrolière et gazière de **Rhourde Nouss**, dans l'objectif de l'exploiter pour la commande de la vitesse et la protection contre les survitesses pour différents types de la turbine à gaz.

L'étude menée relève que le MarkVIe représente un système de commande qui a une sûreté de fonctionnement très élevée grâce à la configuration **TMR** et une très grande fiabilité. Il facilite l'entretien même aux cours de fonctionnement. Le MarkVIe est facile à exploiter grâce à l'interface homme -machine.

Notre contribution se résume dans l'élaboration d'une application qui gère le démarrage et la régulation de la vitesse de la turbine **MS5001**.

Les résultats de simulation effectués montrent l'efficacité de notre régulation.

# Bibliographie

# Bibliographie

- [1] **Documentation Sonatrach** : le champ de Rhourde Nouss.
- [2] **Manuel de service pour turbine à gaz** : Description et Fonctionnement Travail N.P 160.5649%51. volume II
- [3] **Contrôle Specification For Gaz Turbine** : Gaz Turbine MS5002C\*.
- [4] **GE Energy Système Guide** : Commande Mark VIe, Volume I .
- [5] **Ge. Energy :Mark\*VIe contrôle :VOL.I Système Guide**.GEH-6721K.
- [6] **GE Toolbox du système de commande** : pour un contrôleur de la turbine Mark VI
- [7] **Mark VIe Maintenance Class** : Système Overview and Architecture GE ELC Salem.VA /23/09/2011.
- [8] **Projet Mark VIe** :MrR.SBKI.
- [9] **GE POWER Système–SPEEDTRONIC Mark VIe** : Commande de Turbine