

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER

Présenté par :

BOUHEDDA NADIA

MOUFFOK ASMA

Filière : Hydrocarbures

Option : Commande Automatique

Thème

**Automatisation du système huile combustible de la turbine à gaz
V94.3A par API S7-300 – Centrale HAMMA II Alger**

Devant le jury :

UMBB	Président
UMBB	Encadreur
UMBB	Examineur
UMBB	Examineur

Année Universitaire : 2015/2016

Remerciement

Tout d'abord on remercie Dieu, le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté pour bien mener notre projet.

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur **M. A. BENHALLA** de nous avoir encadrées durant notre projet de fin d'études et conseillées tout au long de notre travail.*

*Nous exprimons aussi, notre gratitude à notre encadreur **M. BENSALEMA AHMED** pour ses précieux conseils, sa disponibilité, la confiance qu'il nous a toujours témoignée, et cela tout au long de l'élaboration du présent travail.*

*Nous remercions les travailleurs de la **SONALGAZ SPE HAMMA II**, qui nous ont ouvert leurs portes et donné l'opportunité de réaliser ce projet.*

Nous adressons nos remerciements aux membres de jury, pour l'honneur qu'ils nous font en examinant notre travail.

On remercie chaleureusement nos enseignants de la faculté des Hydrocarbures et de la Chimie pour leurs efforts pour nous transmettre le savoir, en particulier ceux du département Automatisation et Electrification des Procédés Industriels.

On tient à exprimer notre grande gratitude et profonde affection à nos chers parents pour leurs encouragements, leur patience et leur grand soutien, et cela durant toutes nos années d'études.

Nous adressons une pensée particulièrement affective à nos amis et camarades qui ont rendu agréables nos longues années d'études.

Nous tenons enfin à remercier tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à l'élaboration de ce travail. Qu'ils acceptent nos humbles remerciements.

DEDICACE

Je dédie ce travail à
Mes très chers parents,
Mes très chères sœurs,
Mon très cher frère,
En particulier ma grand-mère,
Ma binôme qui m'a supportée toute ces années,
Tous mes amis et collègues d'études,
Et à tous ceux qui me sont chers.

Asma

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à

*Ma très chère mère qui m'a donné la vie, le symbole de
tendresse ; qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma
réussite,*

*Mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien,
surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien
n'entrave le déroulement de mes études,*

Ma sœur et mon frère,

*Toute ma famille **BOUHEDDA** et **RAIS**,*

Tous mes amis,

Tous ceux qui me sont chères,

*A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire à mon
binôme **ASMA***

*Et toute sa Famille **MOUFFOK**.*

Nadia

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
------------------------------------	---

CHAPITRE I : Description de la turbine à gaz et principe de fonction du système huile combustible

I.1 Présentation de la société	3
I.2 Description de la tranche de production	3
1. Turbine à gaz.....	3
1.1 Introduction.....	3
1.2 Principe de fonctionnement de la turbine à gaz	4
1.3 Caractéristique de la turbine à gaz	5
1.4 Alternateur	6
1.5 Transformateur principal	6
2. Système d'huile combustible	7
2.1 Introduction.....	7
2.2 Principe de fonctionnement du système d'huile combustible.....	8
2.3 Les systèmes auxiliaires nécessaires pour le fonctionnement du système fuel	12
I.3 Conclusion	13

CHAPITRE II : Instrumentations et analyse fonctionnelle du système huile combustible

II.1 Introduction	14
II.2 Analyse fonctionnelle	14
1. Démarrage de la turbine par le système huile combustible.....	14
2. Blocage du système Huile Combustible	16
3. Déclenchement	16
4. Arrêt	17
5. Pompe d'injection	17

SOMMAIRE

6. Gaz d'allumage	18
7. Filtre	18
8. Refroidissement.....	19
9. Huile de fuite.....	19
10. Système d'épuration de l'eau	19
11. Drainage	20
12. Vannes anti pompage	21
II.3 Les instruments du Système d'huile combustible	22
1. Les capteurs	22
2. Les actionneurs.....	24
II.4 Conclusion	26
CHAPITRE III : Programmation et Simulation sous STEP7	
III.1 Introduction	27
III.2 Les automates SIMATIC S7-300.....	27
III.3 Réalisation de programmation de commande système huile combustible en STEP7.....	28
1. Configuration matérielle	28
3. Configuration Logicielle	36
4. Partie simulation.....	45
III.4 Régulation de débit injecté dans la chambre de combustion	49
III.5 Conclusion.....	53
CONCLUSION GENERALE.....	54

Figure I.1 : Turbine à gaz V94.3A	3
Figure I.2 : Coupe longitudinale de la turbine à gaz	4
Figure I.3 : Alternateur de la centrale	6
Figure I.4 : Transformateur	7
Figure I.5 : Système huile combustible	7
Figure I.6 : Schéma du démarrage de la turbine à gaz	10
Figure II.1 : Vanne d'arrêt à bille	24
Figure II.2 : Pompe d'injection	24
Figure II.3 : Vanne de recyclage automatique	24
Figure II.4 : Vanne de contrôle brûleurs de diffusion	25
Figure II.5 : Vanne de contrôle ligne de retour	25
Figure III.1 : Fenêtre de configuration matérielle	28
Figure III.2 : CPU314C-2DP	29
Figure III.3 : Module de sortie digitale	30
Figure III.4 : Configuration d'entrées analogiques de température	31
Figure III.5 : Table des Mnémoniques	36
Figure III.6 : Liste des blocs de notre programme	37
Figure III.7 : Appel de FC1 et FC2 dans le Bloc OB1	37
Figure III.8 : La première séquence de démarrage	38
Figure III.9 : Programme de démarrage pompe d'injection FC1	39
Figure III.10 : Opération de comparaison de la pression avec une valeur égale à 4 bars	39
Figure III.11 : Programme de commande de la vanne gaz d'allumage	40
Figure III.12 : Programme de refroidissement	40
Figure III.13 : Programme annonce une alarme et déclenche une temporisation	41
Figure III.14 : Ouverture de la vanne de vidange	42
Figure III.15 : Démarrage de la pompe d'épuration	42
Figure III.16 : Programme de la fonction FC6	43

Figure III.17 : Commande de la vanne anti pompage	43
Figure III.18 : Blocage du système huile combustible	44
Figure III.19 : Fonction SCALE « FC105 »	44
Figure III.20 : Fonction UNSCALE « FC106 » de la vanne de contrôle	45
Figure III.21 : Le simulateur PLCSIM	46
Figure III.22 : Table des variables	46
Figure III.23 : Test de la fonction FC1	47
Figure III.24 Test de la fonction FC2	47
Figure III.25 : Simulation de la fonction FC7	48
Figure III.26 : Simulation de la fonction FC3	48
Figure III.27 : Ouverture de la vanne de contrôle ligne diffusion	49
Figure III.28 : Régulation par un régulateur conventionnel	50
Figure III.29 : Régulation par un automate programmable	50
Figure III.30 : Simulation du régulateur FB41	51
Figure III.31 : Tracé de la consigne, commande et sortie_Exemple1	52
Figure III.32 : Tracé de la consigne, commande et sortie_Exemple2	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1 : Table des entrées	32
Tableau III.2 : Table des sorties	34
Tableau III.3 : Table des mementos	35

Introduction générale

Les systèmes industriels sont devenus de plus en plus complexes, non seulement à cause de la complexité physique des installations et des différentes procédures pour la fabrication des produits de qualité, mais aussi par la quantité croissante d'informations qu'il est nécessaire de gérer pour garantir le fonctionnement correct. La commande automatisée de ces systèmes a été enrichie progressivement grâce aux avancées technologiques dans tous les domaines : instrumentation, régulation...etc. L'amélioration de l'automatisation des systèmes complexes touche plusieurs domaines, notamment le domaine énergétique.

L'industrie de production de l'électricité est l'une des plus importantes du secteur énergétique en Algérie. La société nationale SONELGAZ SPE couvre les besoins du territoire national en électricité.

La centrale électrique de Hamma est constituée d'une turbine à gaz de référence V94.3A. Cette turbine est normalement, alimentée par le gaz naturel, mais elle est dotée aussi d'un système huile combustible qui représente le combustible de secours mis en œuvre en cas d'un problème signalé dans le système principal.

Le système huile combustible est automatisé grâce à des automates de gamme S5, ces automates d'ancienne génération sont obsolètes pour des raisons d'indisponibilité de la pièce de rechange, une migration vers une gamme plus récente s'impose.

Notre travail consiste à réaliser un nouveau programme de commande sous STEP7. On établira un cahier de charge après l'étude du système. Il sera soumis à l'approbation de notre encadrement au sein de la société.

Notre travail est réparti en 3 chapitres, le premier localise d'une manière générale la centrale de Hamma II et décrit la turbine à gaz V94.3, son principe de fonctionnement et ses caractéristiques ainsi que la description et le principe de fonctionnement du système huile combustible.

Le deuxième chapitre, présente l'analyse fonctionnelle du système huile combustible, son instrumentation ainsi que les paramètres à contrôler lors du fonctionnement.

Le dernier chapitre contient la configuration matérielle de l'API choisi, le programme Software sous STEP7, ainsi que des explications sur la démarche de la simulation et étapes de programmation.

CHAPITRE I

Description de la turbine à gaz V94.3A et principe de fonctionnement du système huile combustible

I.1 Présentation de la société

La Centrale Electrique HAMMA II est située au centre d'Alger. Elle représente le noyau de la production dans le sous groupement transport. D'une part, elle est destinée à faire face à la demande d'énergie résultante de l'implantation de divers aménagements industriels et domestiques, et d'autre part pour assurer un appoint du réseau général interconnecté.

La référence de base pour ce chapitre est constituée par le manuel de la Turbine V94.3A. [1]

I.2 Description de la tranche de production

La Centrale Electrique HAMMA II, contient deux tranches de production d'énergie électrique identiques qui présentent chacune une puissance de 209 MW et une tension de 225 KV. La tranche de production est composée de trois éléments principaux suivant:

- Turbine à gaz.
- Alternateur.
- Transformateur principal.

1. Turbine à gaz

1.1 Introduction

La turbine à gaz est une machine tournante qui convertit l'énergie thermique issue de sa chambre de combustion en énergie mécanique ; plus généralement, c'est l'organe permettant la détente d'un fluide en recueillant son énergie sous forme mécanique. L'élément de base d'une turbine est la roue ou rotor à ailettes disposées sur sa circonférence de façon que le fluide en mouvement exerce une force tangentielle qui fait tourner la roue en lui conférant l'énergie requise.

La turbine à gaz de la centrale HAMMAII est référencée **V94.3A** (Figure I.1).

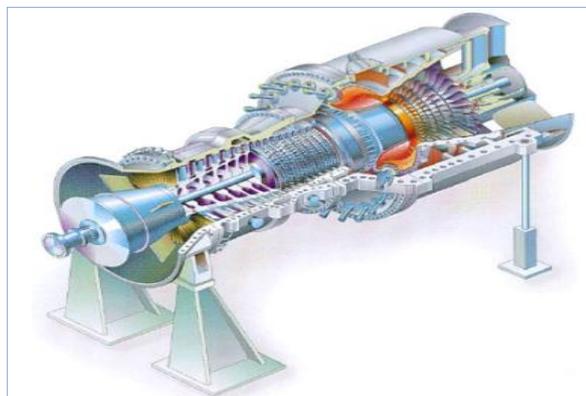


Figure I.1 : Turbine à gaz V94.3A.

1.2 Principe de fonctionnement de la turbine à gaz

La turbine, schématisée en Figure I.2, est d'abord mise en route à l'aide d'un moteur de lancement (M) appelé aussi « Vireur » fixé à l'avant de l'alternateur, ce dernier reste en marche jusqu'à une vitesse de 125 tr/min et est réengagée après la mise à l'arrêt (lorsque la vitesse diminue jusqu'à 125 tr/min), afin d'éviter le refroidissement inégal entraînant une déformation du rotor.

Par la suite, l'air est aspiré, comprimé puis réchauffé par le compresseur (C). Ce dernier comporte 17 étages et présente un taux de compression de 16 environ. L'étage directeur d'entrée permet de maintenir constante la température des gaz d'échappement et d'éviter ainsi la baisse sensible de rendement.

Le combustible (G) est injecté par la suite dans la chambre de combustion (Ch) dotée de 24 brûleurs hybrides, répartie régulièrement sur son périmètre pour assurer une zone de température homogène dans la chambre de combustion. Une augmentation de pression et température est obtenue à travers la réaction entre le mélange du combustible et de l'air.

En passant dans la turbine (T), la pression et températures sont convertie en énergie mécanique, qui fera tourner les ailettes afin d'atteindre une vitesse de 3000tr/min.

Le compresseur, la chambre de combustion et la turbine représentent les composants principaux de la turbine à gaz. La conception de cette machine avec une seule enveloppe et un arbre en commun avec l'alternateur, fournit la base pour garantir un alignement approprié et constant ainsi que des qualités de marche excellentes. En plus on a les 2 systèmes: Le système d'aspiration et le système d'échappement.

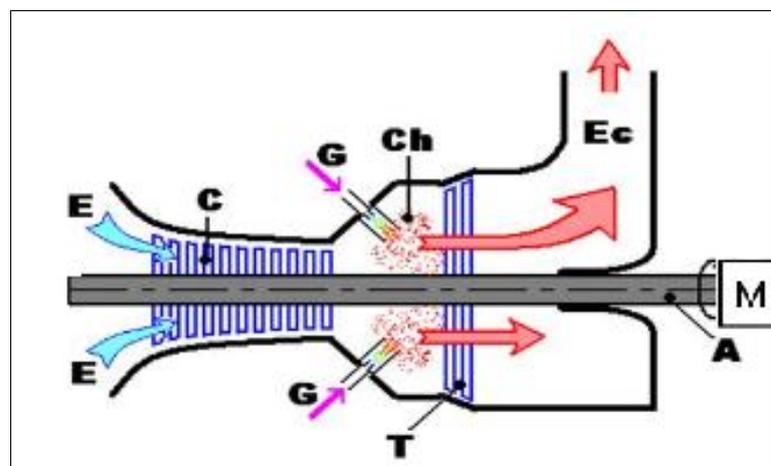


Figure I.2 : Coupe longitudinale de la turbine à gaz.

1.3 Caractéristique de la turbine à gaz

La turbine à gaz V94.3A de SIEMENS est une turbine de type industriel à un seul arbre d'une puissance nominale d'environ 209 MW.

Les avantages majeurs et les caractéristiques de cette turbine à gaz sont les suivants :

- La combustion a lieu dans une chambre de combustion, dotée de brûleurs hybrides pouvant brûler des combustibles liquides et gazeux.
- La conception de l'ensemble du système de combustion est particulièrement simple, ce qui se traduit par une grande fiabilité.
- Vingt-quatre brûleurs assurent une répartition uniforme de la température des gaz chauds en amont de l'aubage de la turbine.
- Le système de refroidissement par film des deux premiers étages de la turbine est d'une grande efficacité.
- Le rotor qui est extrêmement rigide et léger n'est supporté que par deux paliers implantés en dehors de la zone sous pression, à l'admission du compresseur et à l'échappement de la turbine.
- La faible inertie thermique du rotor, constitué de disques, offre des possibilités de démarrage et de prise de charge rapides.
- L'alternateur peut être entraîné par le convertisseur de fréquence qui assure un démarrage rapide de la turbine et sans trop de contraintes.
- Les avantages dus à la conception sont maintenus lorsque le groupe est en service car la zone arrière du compresseur et les sections de l'enveloppe interne de la turbine sont suspendues dans une enveloppe externe rigide commune séparée de façon à pouvoir se dilater librement.
- Un diffuseur axial simple permet un trajet direct et sans obstacle des gaz d'échappement vers tout type de chaudières de récupération, l'alternateur étant couplé coté compresseur.
- La conception de type industriel et les particularités de la construction minimisent les coûts de maintenance.
- Toutes les aubes fixes et mobiles de la turbine peuvent, sans exception et si nécessaire être remplacées individuellement sur le site sans soulever le rotor.

1.4 Alternateur

L'alternateur est une machine synchrone fonctionnant à une vitesse dépendante du champ magnétique tournant et du nombre de pôles. Il est entraîné par une turbine à gaz.

L'alternateur comporte deux phases de fonctionnement :

- **Phase 1 :** c'est la phase de démarrage, dans ce cas, l'alternateur fonctionne en mode moteur, il est alimenté en courant alternatif.

L'alternateur reste en mode moteur jusqu'à la vitesse de sous tension (70% de la vitesse nominale), après cela le convertisseur de démarrage se désengage.

- **Phase 2 :** après le désengagement du convertisseur de démarrage, l'excitatrice entre en fonctionnement. Elle alimente le rotor de l'alternateur en courant continu produisant un champ tournant au cours de sa rotation, ce champ tournant engendre des forces électromotrices induites dans chacune des phases de l'enroulement du stator.

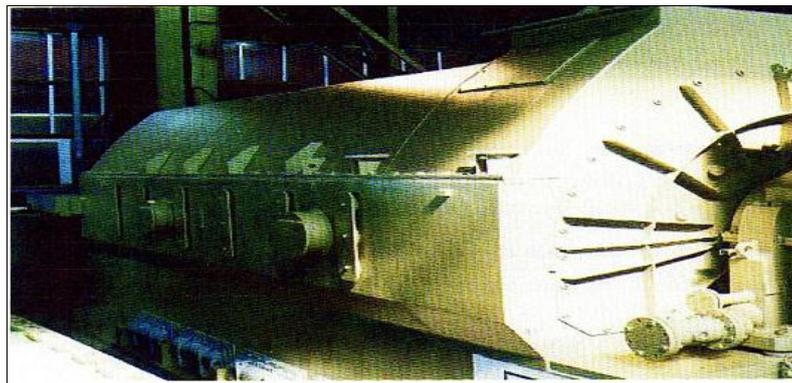


Figure I.3 : Alternateur de la centrale.

1.5 Transformateur principal

Le transformateur est une machine statique à induction très utilisé dans le transport, la distribution et la livraison de l'énergie électrique. Son rôle est de transformer un système de tensions alternatives en un autre système de tensions, en modifiant leurs valeurs efficaces selon le rapport de transformation, tout en conservant la puissance.

Le transformateur principal du HAMMA II est un élévateur de tension qui sert à transmettre l'énergie produite par l'alternateur au réseau 225 KV.



Figure I.4: Transformateur.

2. Système d'huile combustible

2.1 Introduction

Le système d'huile combustible permet de contrôler le volume d'huile combustible injecté dans la chambre de combustion, cette huile est considérée comme étant un combustible de secours qui est fourni aux 24 brûleurs de la chambre de combustion.

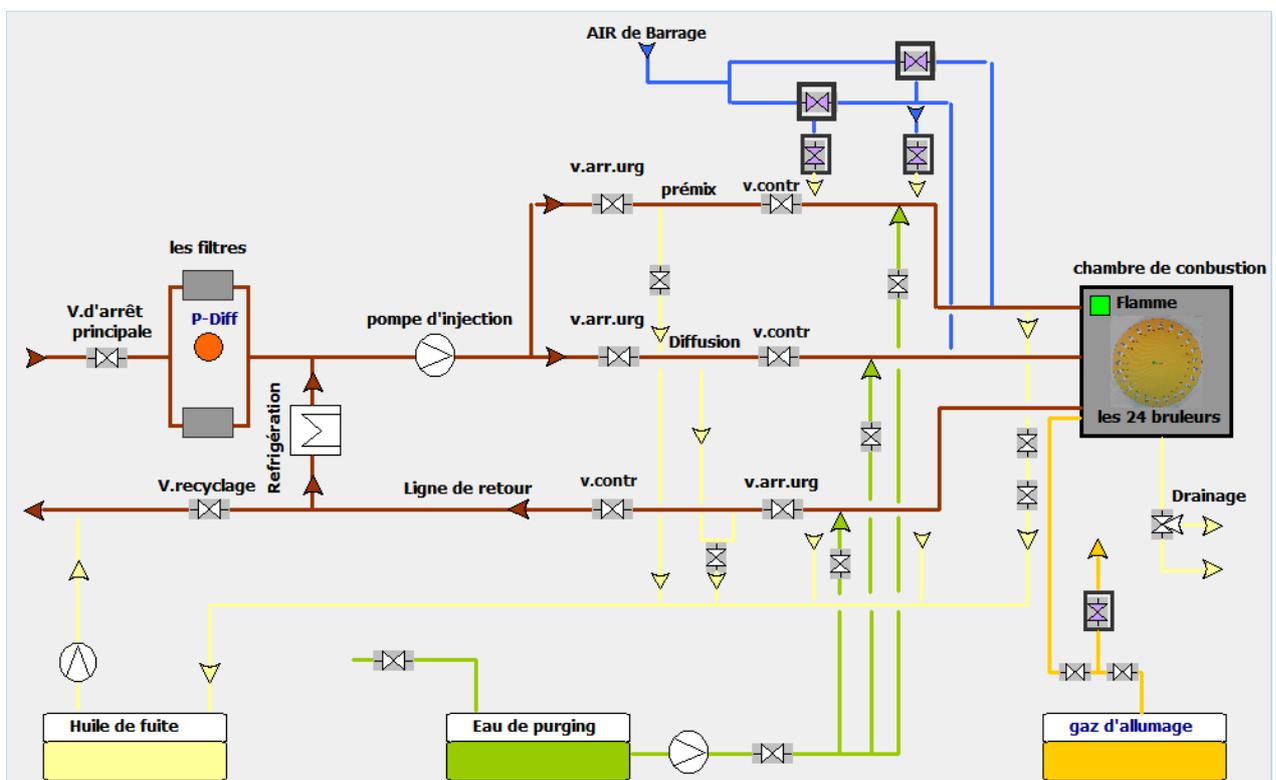


Figure I.5 : Système huile combustible.

Le système de l'huile combustible se branche en aval de la pompe d'injection pour former deux sous-systèmes, un pour chaque régime de fonctionnement (prémixage et diffusion).

- ☞ Le système de diffusion comprend une ligne d'alimentation et une ligne de retour, car, suite à des raisons techniques, seulement une partie de l'huile débitée aux brûleurs de diffusion est réellement injectée dans les chambres de combustion.
- ☞ Le système de pré-mixage a seulement une ligne d'alimentation, soit toute l'huile qui entre dans les brûleurs de prémixage est injectée dans la chambre de combustion.

Le démarrage et l'arrêt de la turbine à gaz se font toujours en mode diffusion. Le fonctionnement en ce mode est possible pour toutes les plages de production de la turbine à gaz. Dans notre projet on étudiera le fonctionnement en régime diffusion seulement car c'est le mode utilisé dans la société en raison du manque de données et la non-fiabilité du mode prémixage.

2.2 Principe de fonctionnement du système d'huile combustible

L'huile combustible, fournie par la pompe d'injection commune aux deux sous-systèmes (diffusion et prémixage), traverse deux vannes. La première est une vanne de fermeture rapides et la seconde une vanne mixte d'isolement et de réglage (figure I.5). Après ces deux vannes l'huile combustible va rejoindre chaque brûleur et pénétrer dans la ligne de retour. De là, le combustible est injecté dans la chambre de combustion, où il est pulvérisé sous forme de minuscules gouttelettes par la force centrifuge, ou bien il reflue dans la tuyauterie de retour en passant par une vanne de fermeture rapide et une soupape de réglage de la diffusion. La conduite de retour est reliée à la conduite d'alimentation en amont de la pompe d'injection, aux fins de recirculation. Durant le fonctionnement de la turbine, le retour de fuel est renvoyé dans la conduite d'alimentation mais il revient au réservoir de stockage pendant les démarrages. Le débit-masse de combustible acheminé à la chambre de combustion est asservi au débit-masse réglé dans la conduite de retour ; c'est-à-dire que plus la soupape de réglage de la diffusion est fermée, plus la quantité de fuel injectée est importante.

1. Démarrage de la turbine

La turbine à gaz est d'abord mise en marche à travers le moteur de lancement (vireur) jusqu'à atteindre une vitesse de 125 tr/min, un signal de commande de démarrage est alors envoyé. Le vireur est par la suite désengagé et la pompe hydraulique est mise en service. La soupape d'arrêt principale **MBN11AA051** est alors ouverte. Après que l'huile passe par cette dernière, une ligne

d'aération est branchée en amont du filtre duplex (**MBN11AT001** et **MBN11AT002**) afin de supprimer les bulles d'air présentes dans le combustible, avant que l'huile atteigne la pompe d'injection.

Si au moins deux des émetteurs de pression **MBN12CP101**, **MBN12CP102** et **MBN12CP103** en amont de la pompe d'injection signalent une pression suffisante, la pompe à injection est démarrée. L'huile est alors débitée à la ligne d'alimentation.

La ligne d'alimentation brûleur de diffusion et les soupapes de la ligne de retour sont établies à leur position de démarrage. L'équipement de démarrage (générateur et convertisseur de fréquence) commence à accélérer la turbine à gaz.

Dès que l'arbre de la turbine à gaz atteint une vitesse déterminée. La soupape d'arrêt d'urgence est fermée. L'huile combustible fournie par la pompe d'injection passe, par la soupape de recyclage automatique, dans la ligne de retour auxiliaire. La pression de l'huile combustible en aval de la pompe augmente jusqu'à son maximum.

Alors que la turbine à gaz a atteint la vitesse de 11% de la vitesse nominale, le gaz d'allumage est envoyé aux brûleurs de gaz naturel. Les soupapes d'arrêt d'urgence de la ligne d'alimentation du brûleur de diffusion et de la ligne de retour sont ouvertes simultanément (**MBN14AA051** et **MBN53AA051** respectivement). L'huile combustible passe alors à travers les brûleurs de diffusion et est enflammée par les flammes d'allumage. Une fois que la turbine à gaz a dépassé une vitesse déterminée et les détecteurs de flammes indiquent la présence de flammes stable, le gaz d'allumage est coupé.

A une vitesse de la turbine égale à 35% de la vitesse nominale, le volume de l'huile combustible injecté est augmenté selon une fonction linéaire du temps. Tandis que la vitesse de la turbine dépasse 60% de la vitesse nominale le volume de l'huile combustible injecté augmente très rapidement. Juste avant l'atteindre la vitesse nominale (3000 tr/min) la soupape à bille de recyclage **MBN55AA001** est fermée et le contrôleur de vitesse assure le contrôle des soupapes des brûleurs de diffusion. Le générateur-turbine est alors synchronisé avec le réseau.

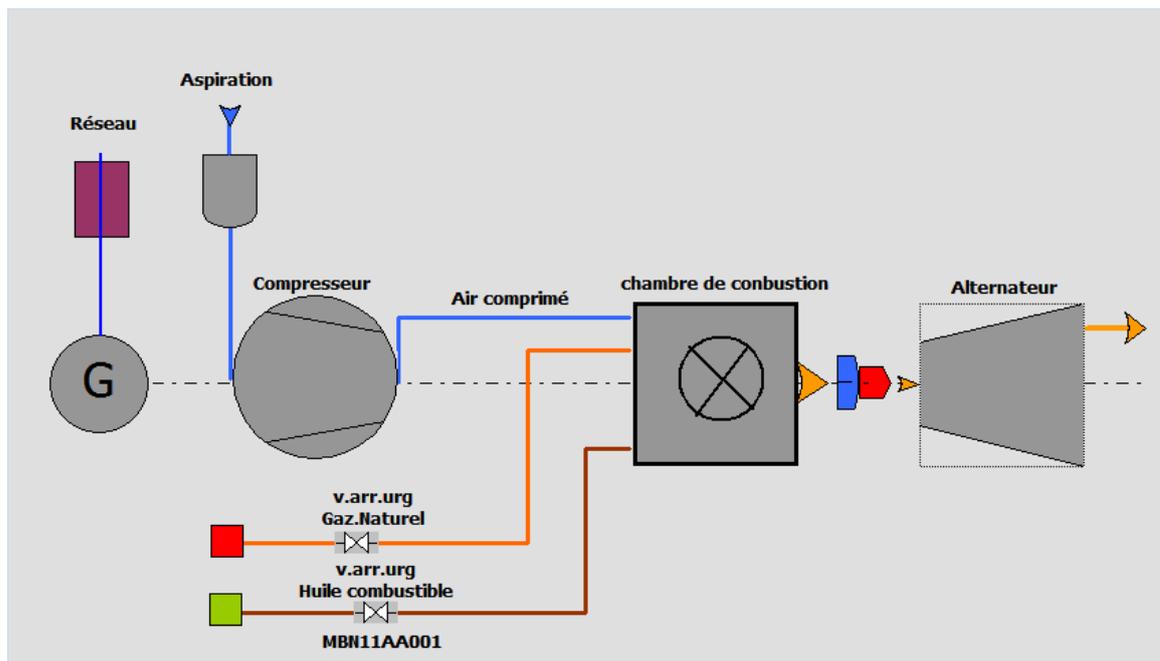


Figure I.6 : Schéma du démarrage de la turbine à gaz.

2. Fonctionnement en régime diffusion

Après la synchronisation, la position des soupapes de contrôle diffusion et le volume d'huile combustible injecté sont établis par le contrôleur de charge. La soupape de contrôle de la ligne d'alimentation du brûleur de diffusion est employée pour régler la quantité d'huile combustible débitée sur la base d'une caractéristique dérivée du niveau établi d'injection. Suite à cela, le flux débité à la ligne d'alimentation brûleur de diffusion est maintenu dans une plage favorable pour les pompes et les brûleurs.

Au-dessus de la ligne d'alimentation, la soupape d'air de protection **MBN34AA001** est aussi connectée à cette ligne. Cette soupape est toujours fermée au cours du fonctionnement par l'huile combustible afin d'empêcher la cokéfaction.

L'air de protection est refroidi entre la sortie du compresseur et la soupape de protection et, afin d'éviter la pénétration d'huile dans le compresseur (risque d'allumage), une ligne de fuite est alors branchée permettant à toute fuite d'huile de passer vers le réservoir "huile de fuite". Si au moins un des interrupteurs de pression se trouvant en amont du solénoïde **MBN34AA002** signalent une quantité d'huile importante le système se bloque, le déclenchement est alors effectué, et il en résulte l'arrêt de la turbine.

La soupape de contrôle ligne de retour du brûleur de diffusion **MBN53AA151** règle la quantité d'huile combustible réellement injectée.

Dans le cas d'un défaut sur un des brûleurs, les soupapes de contrôle empêchent que la haute pression de l'huile dans la ligne de retour puisse faire passer l'huile de la ligne de retour à travers la ligne auxiliaire du brûleur en panne et dans la chambre de combustion sans turbulence, où il pourrait éventuellement causer des dommages.

3. Réfrigération d'huile combustible et mesure de température

La température dans le système huile combustible augmente au cours des opérations recyclage. L'huile combustible doit alors être refroidie par le réfrigérateur **MBN56AH001**, en particulier au cours du fonctionnement en basse production de la turbine à gaz (petite quantité de huile combustible injectée, grande quantité de huile combustible de recyclage). Le réfrigérant est projeté de manière telle à maintenir la température de l'huile combustible dans la ligne de retour d'huile au-dessous du point d'allumage (soit 55°C).

Les thermomètres à résistance **MBN55CT101**, **MBN55CT102** et **MBN55CT103** mesurent la température de l'huile combustible à son point le plus chaud dans le système : dans la ligne de retour en aval de la soupape de contrôle de la ligne de retour. Si deux des trois thermomètres à résistance indiquent que la température dans le système de l'huile combustible est haute (soit supérieure à 50 °C), la soupape à bille de recyclage **MBN55AA001** est ouverte, une alarme de pré-blocage est générée. L'huile chaude passe dans le réservoir de retour, baissant la température dans le système huile combustible de manière à ce que la soupape à bille de recyclage puisse se fermer en 30 secondes environ. Le blocage du système de l'huile combustible est démarré au dépassement d'un deuxième seuil (soit 55°C).

4. fonctionnement dans l'unité brûleur

Le fonctionnement des brûleurs demande une pression suffisante à l'entrée pour pulvériser l'huile combustible. L'huile non brûlée pourrait autrement entrer dans la chambre de combustion (danger d'explosion) où les gaz chauds pourraient s'écouler dans la direction inverse aux brûleurs et au système huile combustible. C'est pour cette raison que la pression différentielle entre les entrées des brûleurs est contrôlée.

Pour des raisons de simplicité, on utilise la pression de décharge du compresseur, qui est légèrement plus haute, à la place de la pression de la chambre de combustion.

Par conséquent, le blocage est démarré si la pression de la ligne d'alimentation aux brûleurs de diffusion descend au-dessous d'un seuil de 10 bars environ 'mesuré par les interrupteurs de pression différentielle **MBN14CP001**, **MBN14CP002** et **MBN14CP003**.

5. L'arrêt de la turbine

L'arrêt de la turbine à gaz nécessite premièrement la réduction de la charge jusqu'à 7MW. Par la suite le générateur est débranché du réseau. Le blocage du système de l'huile est donc déclenché. Les soupapes d'arrêt d'urgence brûleurs de diffusion dans les lignes d'alimentation et de retour se ferment et la pompe d'injection est arrêtée.

Les brûleurs de diffusion et les lignes toriques sont alors purgés par eau. Par la ligne retour ESV, la soupape de contrôle et la soupape à bille de recyclage étant ouvertes, l'eau force l'huile résiduaire hors des lignes dans le réservoir de retour. La turbine à gaz continue à tourner par inertie sans combustion, jusqu'à ce qu'elle atteigne la vitesse de virage (125tr/min). Le système huile combustible est prêt pour le prochain démarrage.

2.3 Les systèmes auxiliaires nécessaires pour le fonctionnement du système fuel

1. Système Anti-pompage du compresseur

- **Démarrage**

Alors que la turbine à gaz est démarrée par huile combustible, l'air est by-passée à travers les brûleurs de manière à augmenter la stabilité de la flamme de l'huile combustible. Les soupapes de purge ne sont fermées qu'après la synchronisation du générateur avec le réseau d'alimentation.

- **Arrêt**

A l'arrêt dès que l'alimentation du combustible est arrêtée par la fermeture des soupapes d'arrêt d'urgence. Les quatre soupapes de purge s'ouvrent simultanément.

2. Système Drainage huile combustible

Quand la turbine est à gaz est démarrée par huile combustible, celle-ci est injectée dans la chambre de combustion au cours de l'étape d'allumage. Dans le cas où les flammes ne s'allument pas immédiatement ou qu'elles s'éteignent, l'huile combustible peut précipiter dans les parois de la chambre de combustion. Cette huile non brûlée devra être drainée avant un nouveau démarrage de la turbine. Le drainage se fait à chaque fois que la turbine est arrêtée, y compris après un démarrage non réussi

3. Système de l'eau de purging (eau de lavage)

Le système d'épuration d'eau a la fonction de débiter une quantité d'eau suffisante pour plusieurs buts. L'eau épurée est utilisée alors que le système diffusion huile combustible est arrêté. L'épuration nettoie les bruleurs et empêche la cokéfaction étant due aux résidus d'huile. L'eau épurée peut aussi être utilisée pour les procédures de refroidissement et d'alimentation des différents systèmes d'huile combustible.

4. Système d'allumage

Dans le cas où la turbine à gaz est démarrée par l'huile combustible, les flammes d'allumage doivent premièrement être générées à l'aide du gaz d'allumage. Ces flammes, à leur tour, allument l'huile combustible.

Le système d'alimentation gaz d'allumage alimente les bruleurs de manière à former les flammes d'allumage. Après qu'une vitesse déterminée a été atteinte, les conditions à l'intérieur des chambres de combustion permettent aux flammes d'huile combustible de brûler de manière stable. L'alimentation du gaz peut alors être arrêtée.

I.3 Conclusion

Dans ce chapitre on a décrit la centrale de Hamma. Cette production est assurée par la combinaison de trois éléments principaux ; alternateur, transformateur et turbine à gaz.

Dans notre projet, on s'intéressera à la turbine à gaz. La connaissance de son principe de fonctionnement est primordiale, afin de pouvoir l'automatiser. Son principe de fonctionnement dépend du combustible utilisé. Le gaz naturel ou encore l'huile combustible, qui représente le combustible de secours et de dépannage. Le fonctionnement avec ce combustible ne doit pas dépasser les 5 jours.

La description et l'étude détaillées du système huile combustible, décrite dans ce chapitre nous facilitera l'élaboration de l'analyse fonctionnelle et la connaissance des différentes actions des organes intervenant dans le système, c'est ainsi qu'on pourra élaborer le système de commande de la turbine à gaz.

CHAPITRE II

Instrumentation et analyse fonctionnelle du système huile combustible

II.1 Introduction

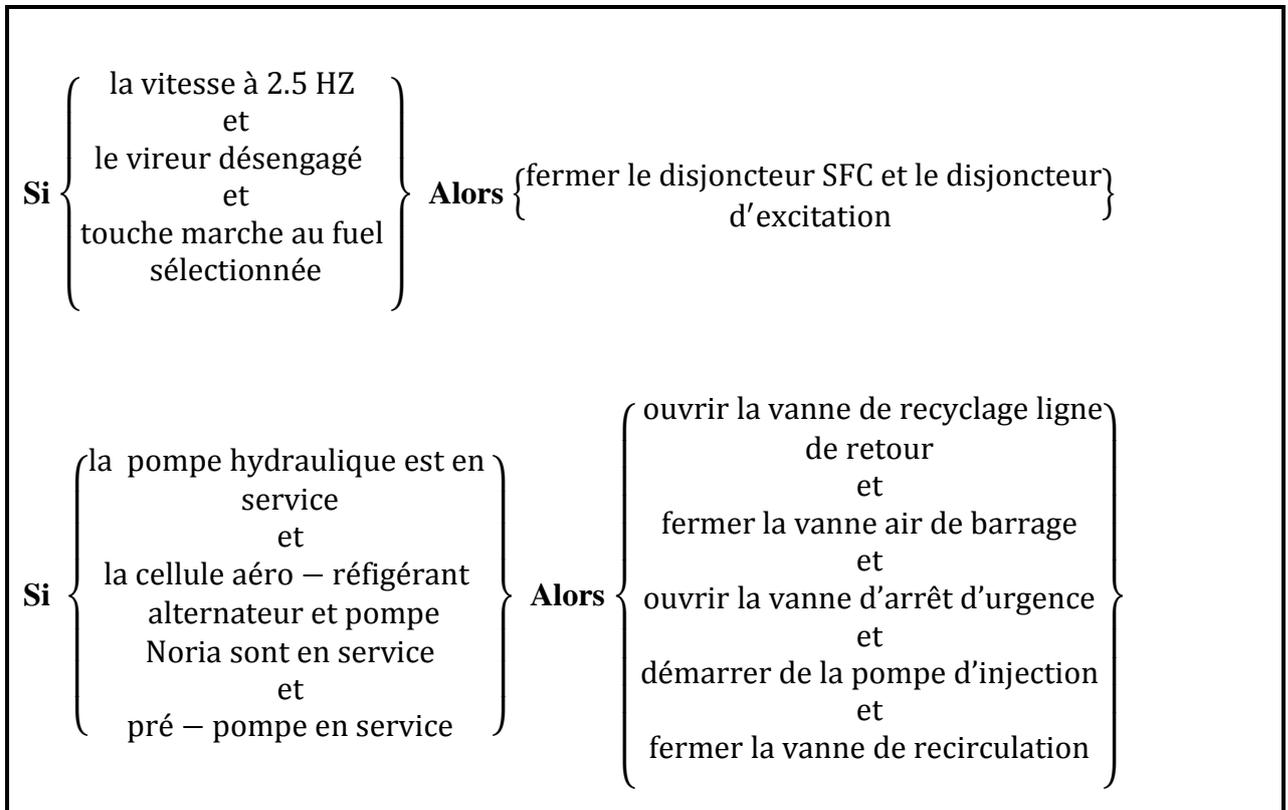
Comprendre le fonctionnement du procédé et le paramétrage requis pour assurer le bon fonctionnement du système est une étape primordiale afin d'assurer l'étude qui correspond aux besoins et exigences du cahier des charges. Il est important de connaître tout d'abord le principe de fonctionnement et les instruments opérant dans le fonctionnement du procédé.

Dans ce chapitre, nous allons décrire, en premier lieu, l'analyse fonctionnelle du procédé. Puis, présenter les instruments (Capteurs, Actionneurs) du système Huile Combustible de la Turbine à Gaz et les différents paramètres à régler.

II.2 Analyse fonctionnelle

Les spécifications fonctionnelles caractérisent les réactions du système de commande face aux informations issues de procédé, dans le but de faire comprendre au concepteur quel devra être le rôle de la partie commande à construire. Elles doivent donc définir de façon claire et précise les différentes fonctions, informations et commandes, sans préjuger les technologies.

1. Démarrage de la turbine par le système huile combustible

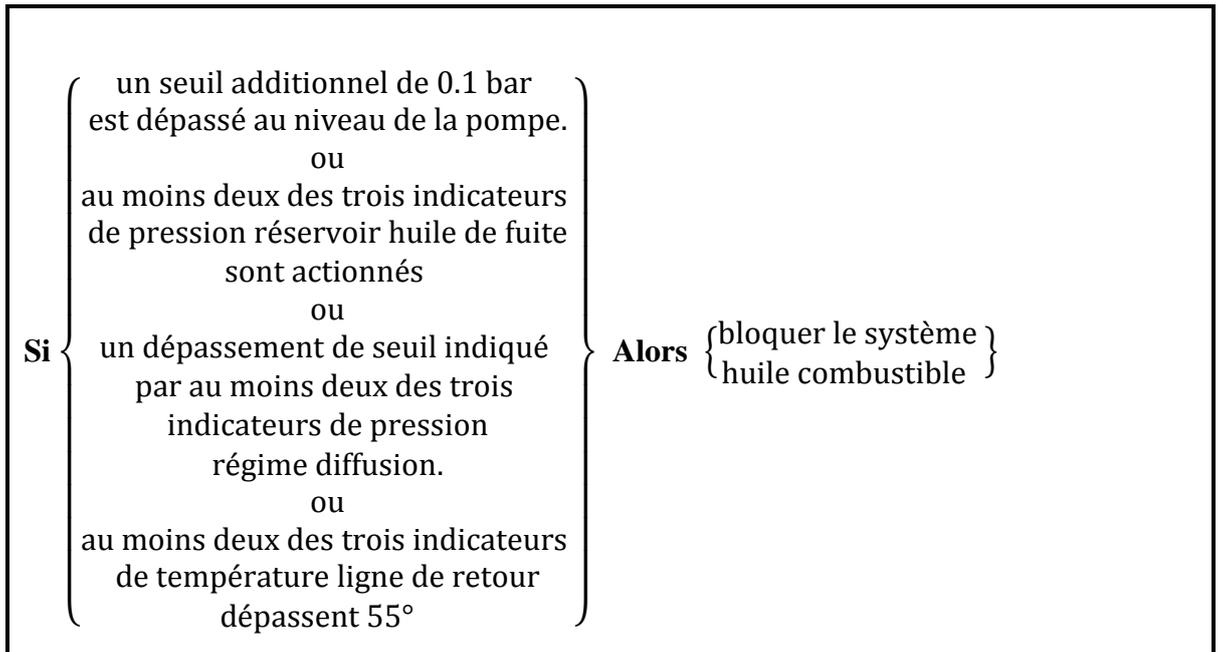


Si { transformateur d'allumage en service }	Alors	{ fermer les clapets de soutirage 1 et 2 et fermer la vanne de vidange fuel et ouvrir les vannes gaz d'allumage et ouvrir la vanne de vidange gaz d'allumage et ouvrir la vanne de contrôle brûleurs de diffusion et fermer les vannes décharge fuel et ouvrir vanne d'arrêt d'urgence de retour et ouvrir vanne de fuite fuel }
Si { la vitesse est égale à 70% de la vitesse nominale }	Alors	{retirer le disjoncteur SFC}
Si { la vitesse est supérieure à 70% de la vitesse nominale }	Alors	{ fermer la soupape de recyclage ligne de retour }
Si { la vitesse est supérieur à 95% de la vitesse nominale }	Alors	{ fermer les vannes anti – pompage et mettre en service excitation MKC01 }
Si { la vitesse est à 100% de la vitesse nominale }	Alors	{ fermer le disjoncteur groupe et coupler le générateur avec le réseau }

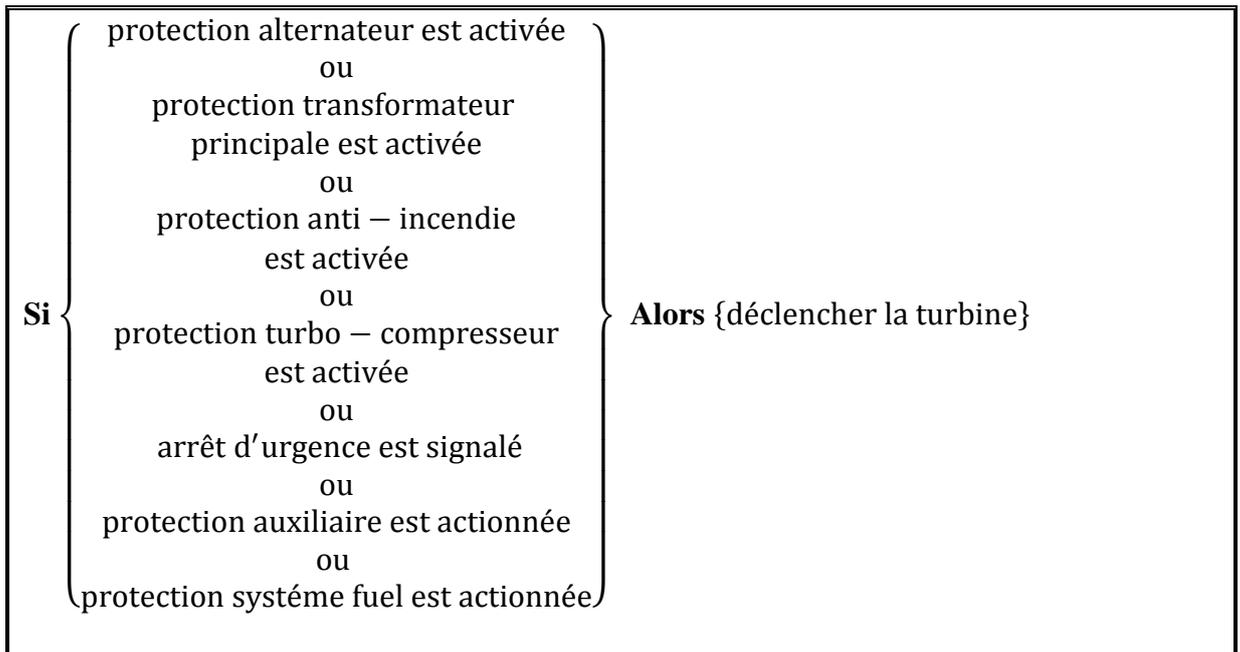
NB :

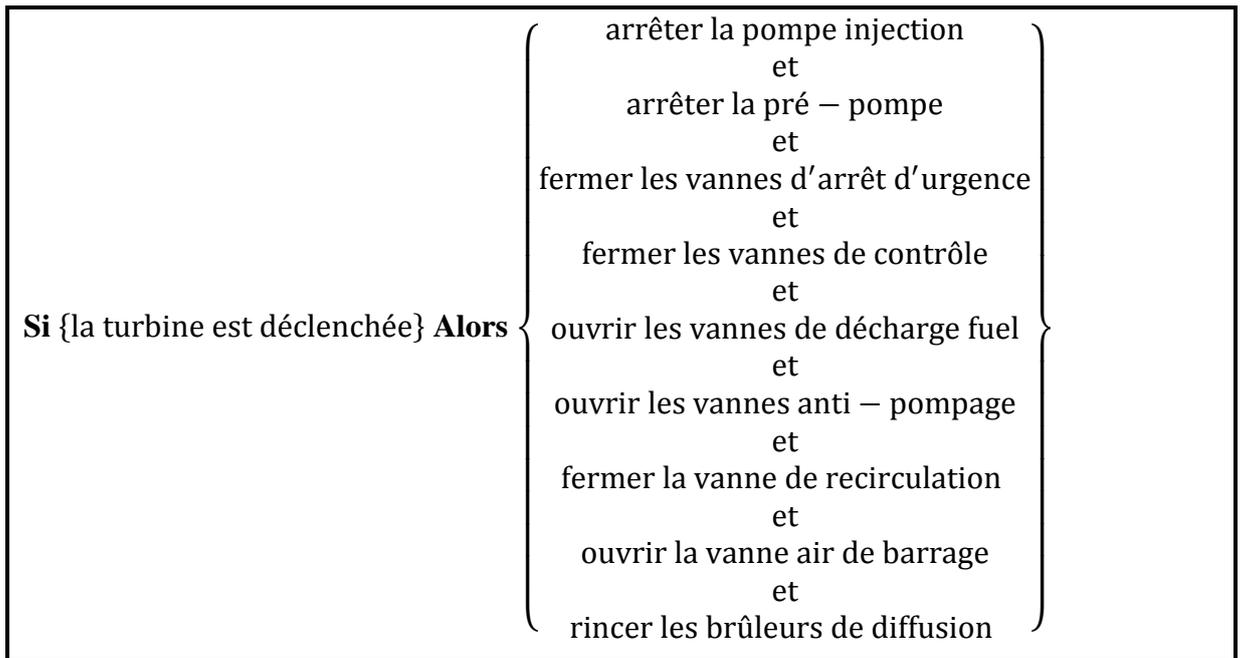
- Le démarrage se fait toujours en mode diffusion.

2. Blocage du système Huile Combustible

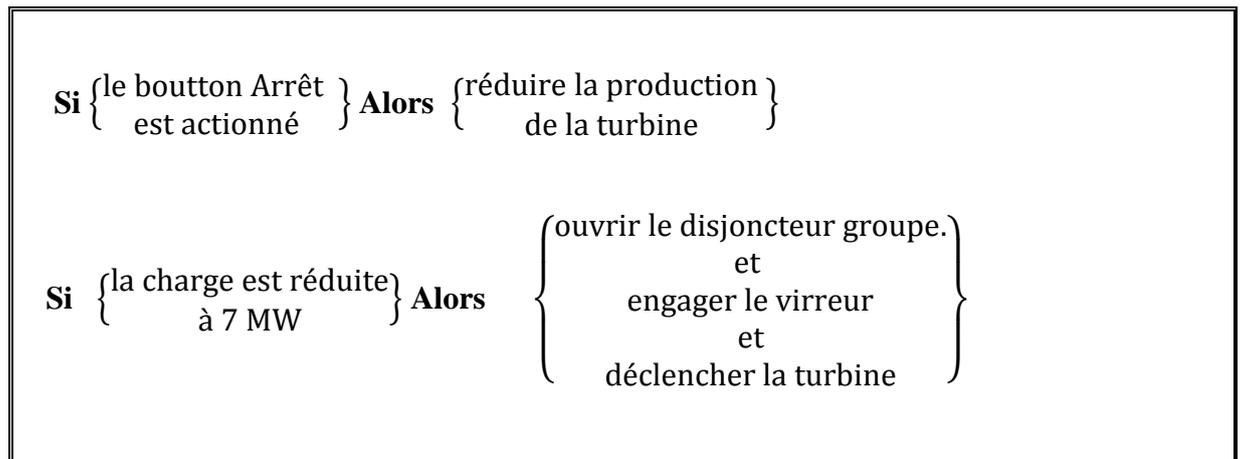


3. Déclenchement

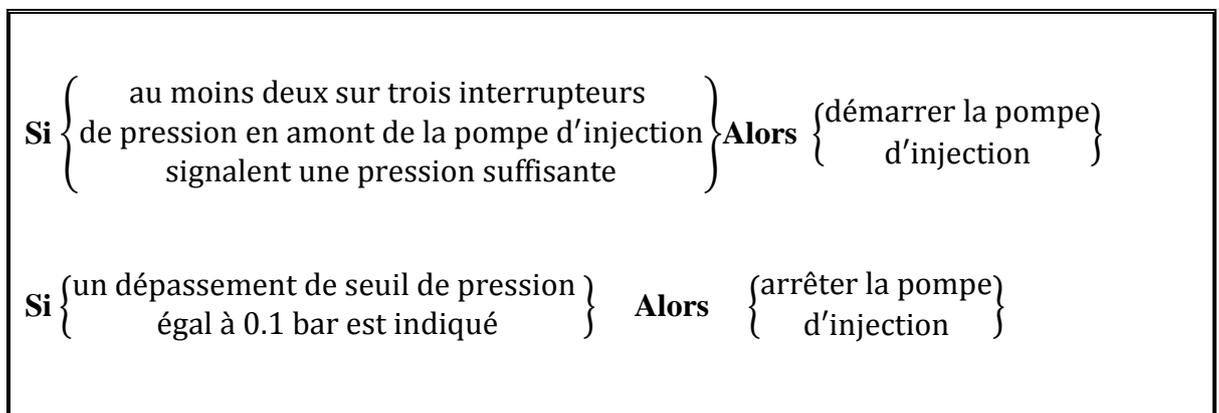




4. Arrêt



5. Pompe d'injection



Si { un dépassement de seuil de vibration est indiqué par un des quatre détecteurs de vibration placés sur la pompe }	Alors { déclencher l'alarme } { vibration pompe }
---	---

6. Gaz d'allumage

Si { la vitesse de la turbine } { est à 0 tr/mn }	Alors { ouvrir la soupape de relâchement } { de pression du gaz d'allumage }
Si { la vitesse de la turbine } { est à 11% de la vitesse } { nominale V_n }	Alors { fermer la soupape de relâchement } { de pression du gaz d'allumage. } { et } { ouvrir la soupape automatique } { MBQ11AA001. } { et } { ouvrir la soupape du gaz } { d'allumage MBQ13AA001. }
Si { la vitesse de la turbine } { est à 70% de la V_n }	Alors { ouvrir la soupape de relâchement } { de pression du gaz d'allumage. } { et } { fermer la soupape automatique } { MBQ11AA001. } { et } { fermer la soupape du gaz } { d'allumage MBQ13AA001. }

7. Filtre

Si { l'interrupteur de pression } { différentielle est actionné }	Alors { annoncer une alarme } { filtre saturé }
---	---

8. Refroidissement

Si	{ au moins deux des trois interrupteurs de température dans la ligne de retour indiquent une température supérieure à 50° }	Alors	{ ouvrir la soupape à bille de recyclage de la ligne de retour et déclencher un alarme de blocage }
----	---	-------	--

9. Huile de fuite

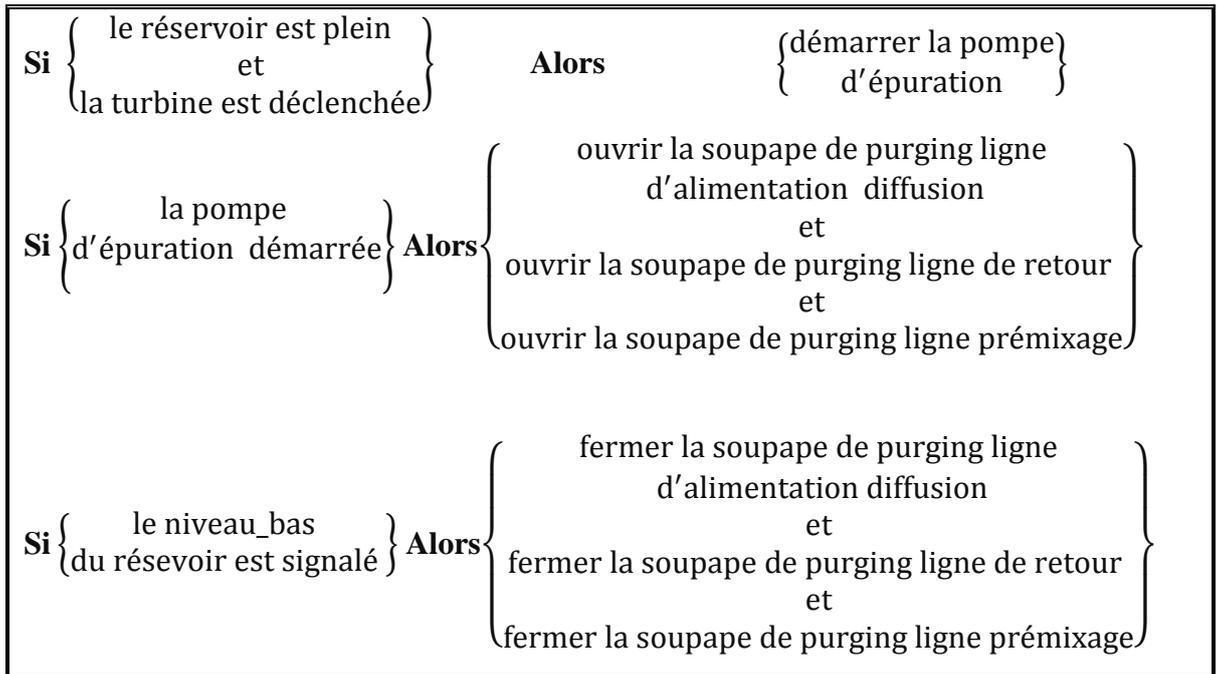
Si	{ l'indicateur de niveau du réservoir huile de fuite est actionné }	Alors	{ démarrer la pompe des fuites }
Si	{ l'indicateur de niveau du réservoir huile de fuite n'est pas actionné }	Alors	{ arrêter la pompe des fuites }
Si	{ l'interrupteur de niveau huile est actionné }	Alors	{ défaut dans le système huile de fuite }

10. Système d'épuration de l'eau

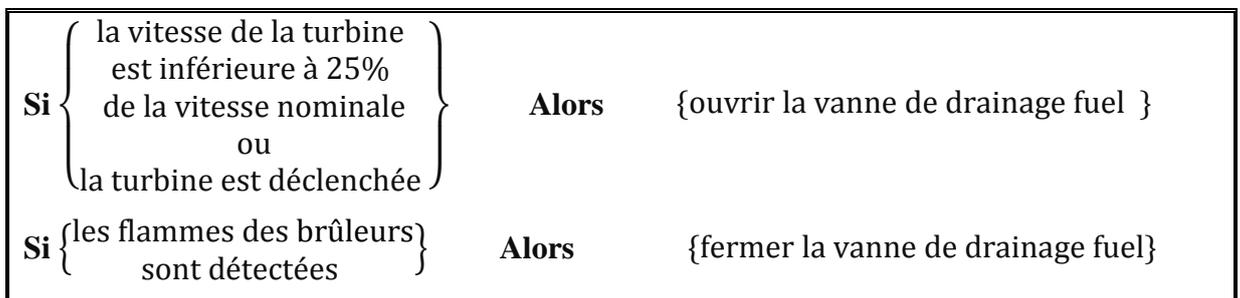
- Remplissage du réservoir d'eau

Si	{ un niveau_bas est signalé }	Alors	{ ouvrir la vanne de remplissage du réservoir de l'eau d'épuration }
Si	{ un niveau_haut est signalé }	Alors	{ fermer la vanne de remplissage du réservoir de l'eau d'épuration }

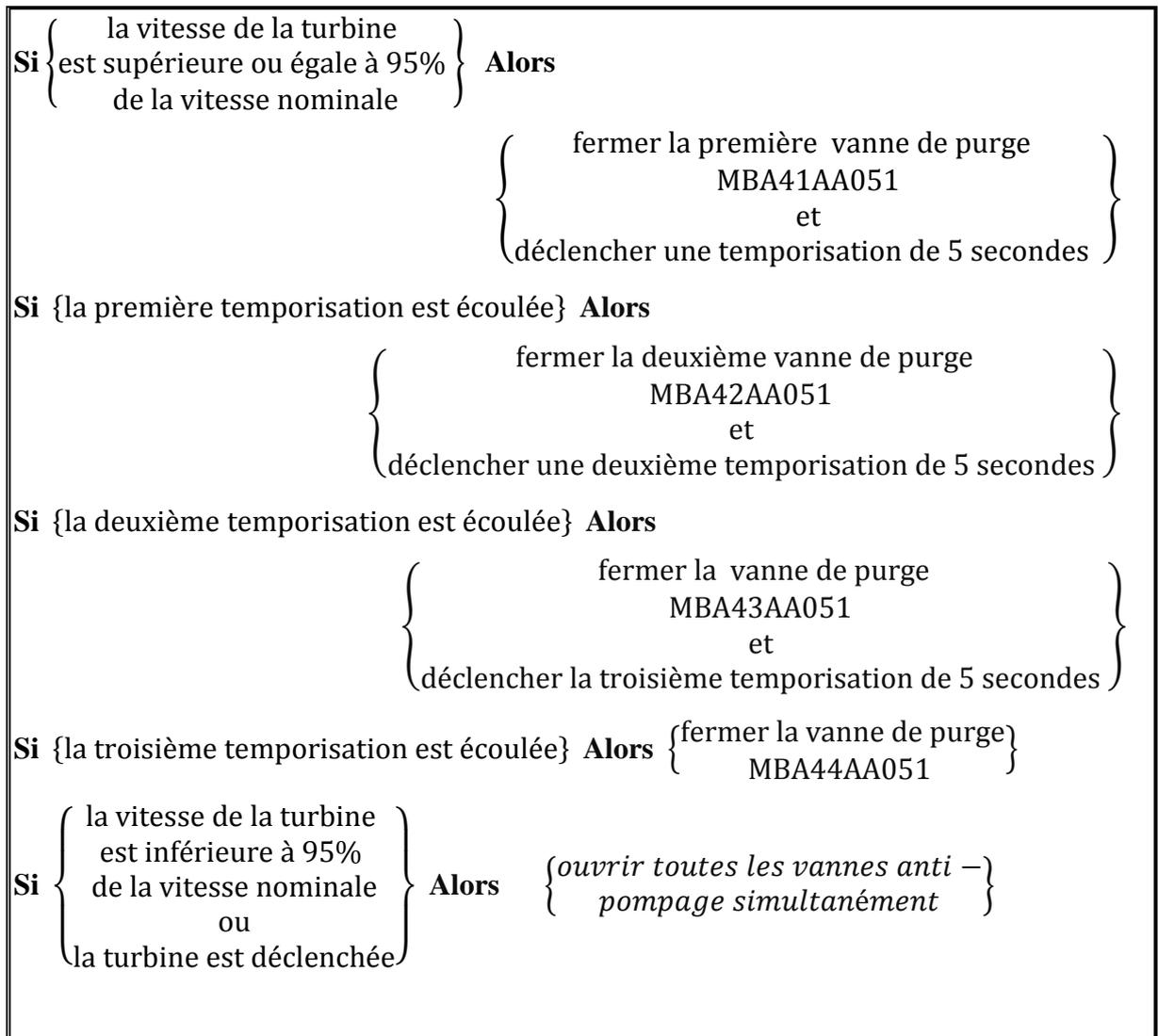
- **Fonctionnement du système**



11. Drainage



12. Vannes anti pompage



D'après l'analyse fonctionnelle du procédé décrite ci-dessus, nous déterminerons, dans ce qui suit les instruments essentiels utilisés.

II.3 Les instruments du Système d'huile combustible

1. Les capteurs

Les grandeurs qui doivent être captés sont :

- | | |
|------------------|------------------|
| ☞ La pression | ☞ Le niveau |
| ☞ La température | ☞ Les vibrations |

• Mesure de pression

La mesure de pression est donnée par les capteurs suivants [2]

- Trois (03) capteurs analogiques [0-16 bars] en amont de la pompe d'injection mesurent la pression nécessaire pour le démarrage de la pompe (4 bars) ainsi que le seuil causant son arrêt. Ils ont un signal de sortie 4-20mA.
- Trois (03) capteurs [0-100 bars] en aval de la pompe mesurant la pression de décharge de cette dernière.
- Trois (03) capteurs [5-20 bars] dans la ligne alimentation brûleurs diffusion.
- Trois (03) capteurs [0.15-3.45 bars] dans la ligne alimentation brûleurs prémixage.
- Six (06) capteurs [0.5-25 bars] dans la ligne de fuite huile combustible (trois (03) dans la ligne alimentation brûleurs diffusion et trois (03) dans la ligne de prémixage).
- Un (01) capteur de pression des filtres [0-0.8 bars].

• Mesure de vibration

Les vibrations du corps sont mesurées sur les paliers de la turbine à gaz et du compresseur, et aussi au niveau de la pompe d'injection par des capteurs de vibrations.

La mesure de vibration du corps est effectuée à ces endroits parce que c'est là que l'énergie vibratoire est transmise par le rotor aux composants de la machine et aux supports. [1]

• Mesure de la température

Trois (03) thermomètres [0-150 °C] à résistance mesurent la température de l'huile combustible à son point le plus chaud dans le système : dans la ligne de retour en aval de la soupape de contrôle de la ligne de retour. [2]

• Mesure de niveau

- ✓ Un (01) capteur de niveau réservoir huile de fuite.
- ✓ Un (01) interrupteur de niveau réservoir de fuite.

Nous nous sommes basées sur la vitesse de la turbine pour déterminer la plupart des actions à effectuer. Pour cela on donne une description rapide de la mesure de vitesse de la turbine.

- **Mesure de la vitesse [1]**

Pour empêcher que la turbine à gaz ne fonctionne à des vitesses qui ne sont pas admises, elle est équipée d'un système de détection de la vitesse et de protection contre la survitesse.

- ✓ Des capteurs de vitesse détectent les changements intervenant dans le champ magnétique créé par des encoches ménagées sur l'arbre intermédiaire.
- ✓ Les signaux de sortie sont traités dans deux systèmes redondants de surveillance de la vitesse à trois voies, qui envoient leurs signaux au système de protection contre la survitesse. Chaque voie possède sa propre unité de prétraitement des signaux et sa propre unité de surveillance des seuils.

2. Les actionneurs

Les actionneurs du système d'huile combustible de la turbine à gaz, sont :

- ☞ Vanne d'arrêt à bille.
- ☞ Vanne de contrôle recyclage automatique.
- ☞ Vanne à 2 voies
- ☞ Pompe d'injection.
- ☞ Vannes du système brûleurs de diffusion.
- ☞ Vannes système brûleurs prémixage.

- **Vanne d'arrêt à bille MBN11AA051**



Figure II.1 : Vanne d'arrêt à bille.

La soupape à bille est employée pour isoler le système huile combustible alors qu'il n'est pas en service.

- **Pompe d'injection MBN12AP001**

La pompe d'injection augmente la pression de l'huile combustible jusqu'au niveau demandé pour la pulvérisation dans les brûleurs. Cette pompe est une pompe centrifuge.



Figure II.2 : Pompe d'injection.

- **Vanne de contrôle recyclage automatique MBN12AA051**



Figure II.3 : Vanne de recyclage automatique.

La soupape de contrôle recyclage automatique sert soit en tant que soupape de contrôle que en tant que soupape flux minimal.

- **Vannes du système brûleurs de diffusion**

- Vanne d'arrêt d'urgence (ESV) ligne alimentation système brûleurs de diffusion MBN14AA051.
- Vanne de protection brûleurs diffusion MBN34AA001.
- Vanne de contrôle ligne d'alimentation brûleurs de diffusion MBN14AA151.

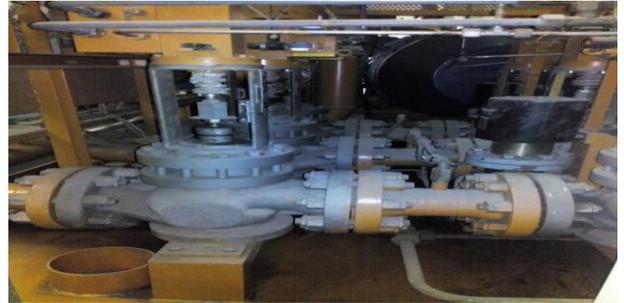


Figure II.4 : Vanne de contrôle brûleurs de diffusion.

- ESV Ligne de retour MBN52AA051.
- Vanne de contrôle ligne de retour brûleurs de diffusion MBN53AA151.



Figure II.5 : Vanne de contrôle ligne de retour.

- **Vannes système brûleur prémixage**

- Vanne d'arrêt d'urgence brûleurs de prémixage MBN23AA051.
- Vanne de contrôle ligne alimentation brûleur de prémixage MBN23AA151.
- Vanne de protection brûleurs prémixage MBN44AA001.

- **Vanne à 2 voies**

La vanne de sécurité deux voies elle permet d'assurer l'isolement et la décharge des accumulateurs et des éléments hydrauliques.

II.4 Conclusion

La compréhension et l'étude détaillée du fonctionnement du système huile combustible nous ont permis d'élaborer l'analyse fonctionnelle et déterminer ainsi les différents paramètres à régler et donc les instruments intervenant dans le système. Cette analyse prend en considération les notions de sécurité et assure aussi le déroulement logique et non contradictoire des différentes actions du système huile combustible.

La connaissance des différents instruments nous permettra de définir par la suite la configuration matérielle de l'API qui doit assurer la commande de notre système, ceci fera objet du chapitre qui suit.

CHAPITRE III

Instrumentation et Simulation sous STEP7

III.1 Introduction

La centrale Hamma utilise des automates Siemens de gamme SIMATIC S5, pour la commande des différents systèmes. Ces automates ont été jugés obsolètes pour des raisons de disponibilités de la pièce de rechange. Pour pallier ce problème il nous a été demandé de réaliser une étude de l'automatisation sous S7. Bien que le travail consiste en une migration entre les deux systèmes nous avons fait une nouvelle étude. En effet les programmes en Step5 n'ont pas été mis à notre disposition. Cette étude concerne le fonctionnement du système d'huile combustible qui alimente la turbine à gaz afin de pouvoir automatiser le système à l'aide d'un automate SIMATIC S7-300.

III.2 Les automates SIMATIC S7-300

Le système d'automatisation SIMATIC S7-300 est un automate modulaire compact de gamme moyenne. On trouve une gamme étendue de modules S7-300 pour répondre de manière optimale à des tâches d'automatisation. L'automate S7 est constitué d'une alimentation, d'une CPU et de modules d'entrée ou de sortie. A ceux-ci peuvent s'ajouter des processeurs de communication et des modules de fonction qui se chargeront de fonctions spéciales. [5]

L'automate programmable contrôle et commande une machine ou un processus à l'aide du programme S7. Les modules d'entrées/sorties sont adressés dans le programme S7 via les adresses d'entrée (E) et adresses de sortie (A).

Afin de pouvoir choisir l'automate adéquat il est nécessaire de quantifier le besoin :

- Nombre d'entrées / sorties : le nombre de module peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.
- Type de CPU : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par la CPU permettent le choix dans une gamme souvent très étendue.
- Fonctions ou modules spéciaux : certains modules (commande d'axe, pesage ...) permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).
- Fonctions de communication : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...).

L'automate est programmé à l'aide du logiciel STEP 7.

III.3 Réalisation de programmation de commande système huile combustible en STEP7

STEP 7 est le logiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC et s'exécute sous Windows. [5]

Pour pouvoir réaliser l'automatisation du système huile combustible de la turbine à gaz V93.4A par l'automate S7-300 nous devons passer par plusieurs étapes de programmation qui constituent la procédure ci-dessous :

1. Configuration matérielle

D'abord, il faut créer un nouveau projet. Une fois le projet est créé, on configure la partie Hardware de l'automate. L'objectif consiste à configurer et à paramétrer le support matériel dans notre projet.

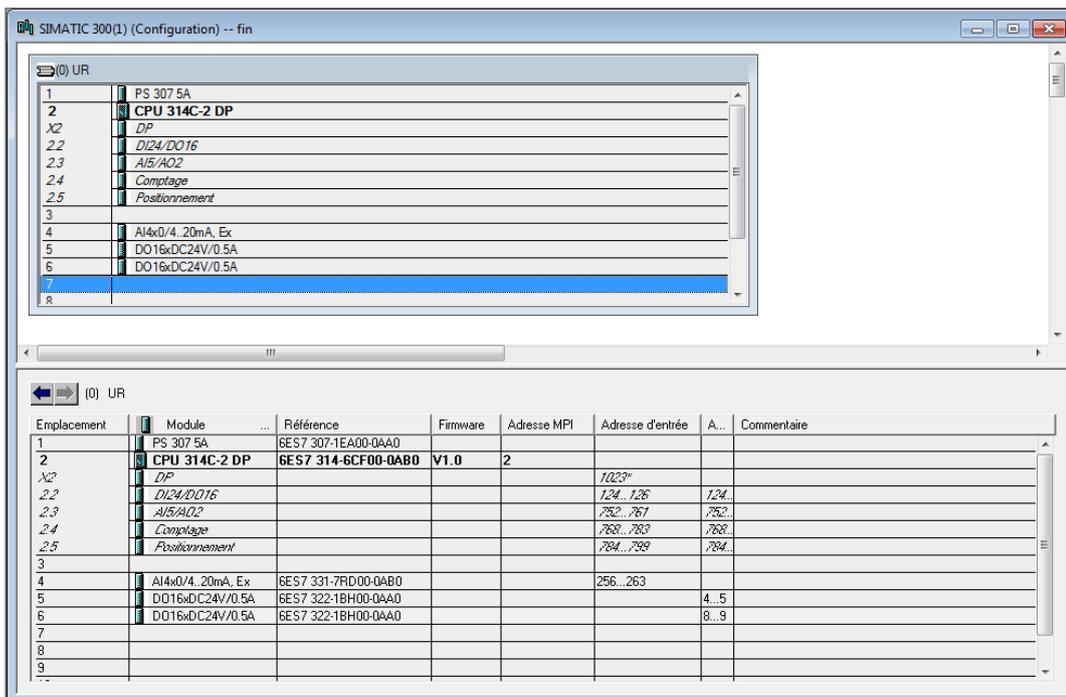


Figure III.1 : Fenêtre de configuration matérielle.

- **Le choix du module d'alimentation**

Permet l'alimentation et la mise sous tension de la CPU et des divers modules mis sur le rack. Dans notre étude on a choisi le PS307 5A qui est suffisant pour notre application et cela en considérant le nombre réduit des E/S.

- **Le choix de la CPU**

La CPU est l'unité de calcul et d'exécution contenant le programme et reliant les divers modules. Notre choix s'est porté sur la CPU314C-2DP qui est assez performante pour notre système pour les raisons suivantes : [3]



Figure III.2 : CPU314C-2DP.

- Elle est délivrée avec une interface PROFIBUS-DP (Périphérique décentralisé) qui est le protocole pour la liaison avec des périphériques à temps de réaction très brefs.
- Mémoire vive : 48Ko, mémoire de chargement Micro-Memory-Card (MMC) enfichable 64Ko-4 Mo.
- 0,1 ms / 1K commandes.
- 256 compteurs.
- 256 temporisations.
- 256 octets de mémoire interne.
- 24 entrées digitales (DI) dont 16 utiles pour des fonctions intégrées, et toutes utilisables en entrées d'alarme.
- 16 sorties digitales (DO) intégrés dont 4 sorties rapides.
- 4 entrées analogiques (AI) Courant/tension, 1 AI résistance intégrées.
- 2 sorties analogiques (AO) courant/tension intégrées.
- 4 sorties d'impulsion (2.5 kHz).
- Compteur 4 canaux et mesure avec capteur incrémentale 24V (60 kHz).

- **Le choix des modules d'entrées/sorties**

Les modules d'entrées/sorties permettent l'acquisition des données externes notamment issues de transmetteurs et délivre des signaux de sorties pour les actionneurs.

En S7-300, on a des modules de 8 ou 16 voix. Il faut laisser 10% à 15% de voix libres ; par des mesures de sécurité.

D'après l'étude sur les instruments qu'on a faite dans le chapitre qui précède et en tenant compte de choix de la CPU, les modules que nous devons associer à l'automate sont :

- Modules d'entrées numériques :

Notre système est composé de 19 entrées de type TOR qui nécessitent une tension continue de 24V. On ne place aucun module d'entrées digitales puisque la CPU choisie comporte 24 entrées logiques qui sont suffisantes pour adresser les 18 entrées et avoir 6 entrées de réserve.

- Modules de sorties Numériques :

Nous avons 37 sorties digitales de 24V. On prend les 16 sorties de la CPU et on ajoute deux modules qui contiennent 16 sorties à relais, tension d'alimentation 24V-DC et à courant de sortie de 0.5A (SM322 DO16xDC24V/0.5A). Ce choix nous donne 11 entrées libres.



Figure III.3 : Module de sortie digitale.

- Modules d'entrées Analogiques :

Nous avons 6 entrées analogiques, trois entrées de température et trois de pression qui sont tous du type 4-20mA.

On prend trois de la CPU pour les entrées de température et on ajoute un module de sortie analogique comporte quatre (04) sortie de type (SM331 AI4x0/4..mA, Ex).

- Modules de sorties Analogiques :

On a deux soupapes régulatrices donc on choisira que les sorties de la CPU.

On choisit des Modules à 24V après considération de nos entrées et sorties qui ne nécessitent pas d'autres standards de signaux.

On configure nos modules d'entrées/sorties analogiques en 4-20mA pour une liaison avec nos transmetteurs utilisant ce standard. On activera par la même occasion l'alarme de diagnostic pour détecter les dépassements indésirables et nuisibles au fonctionnement matériel et logiciel.

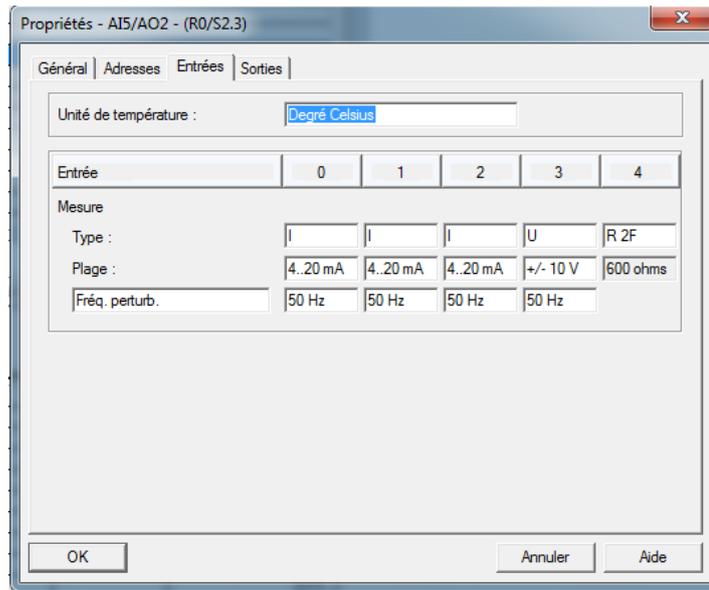


Figure III.4 : Configuration d'entrées analogiques de température.

2. Déclaration des entrées, sorties et les valeurs mémoires dans la table des Mnémoniques

Après l'établissement de la configuration matérielle et l'analyse fonctionnelle de notre système nous devons faire l'adressage des Entrées/Sorties.

Numéro	Opérande	Mnémonique	Commentaire	Type
1	E124.0	MBY10EU011	Bouton démarrage en fuel	TOR
2	E124.1	MBN11CP001	Interrupteur de pression filtre	TOR
3	E124.2	MBN12CY101	CY1_vibration pompe	TOR
4	E124.3	MBN12CY102	CY2_vibration pompe	TOR
5	E124.4	MBN12CY103	CY3_vibration moteur pompe	TOR
6	E124.5	MBN12CY104	CY4_vibration moteur pompe	TOR
7	E124.6	MBN14CP001	CP1_pression bruleurs de diffusion	TOR
8	E124.7	MBN14CP002	CP2_pression bruleurs de diffusion	TOR
9	E125.0	MBN14CP003	CP3_pression bruleurs de diffusion	TOR
10	E125.1	MBN34CP001	CP1_pression ligne de fuite diffusion	TOR
11	E125.2	MBN34CP002	CP2_pression ligne de fuite diffusion	TOR
12	E125.3	MBN34CP003	CP3_pression ligne de fuite diffusion	TOR
13	E125.4	MBN60CL001	CL1_niveau réservoir de fuite	TOR
14	E125.5	MBN60CL002	CL2_interrupteur de niveau réservoir de fuite	TOR
15	E125.6	MBM13CR101	CR1_détecteur de flamme	TOR
16	E125.7	MBM13CR102	CR2_détecteur de flamme	TOR
17	E126.0	NIVEAU_BAS	Niveau réservoir eau de purge	TOR
18	E126.1	NIVEAU_HAUT	Niveau réservoir eau de purge	TOR
19	E126.1	Arrêt_Turbine		TOR
20	PEW256	MBN12CP101	CP1_pression pompe	Analogique
21	PEW258	MBN12CP102	CP2_pression pompe	Analogique
22	PEW260	MBN12CP103	CP3_pression pompe	Analogique
23	PEW752	MBN55CT101	CT1_température dans la ligne de retour	Analogique
24	PEW754	MBN55CT102	CT2_température dans la ligne de retour	Analogique
25	PEW756	MBN55CT103	CT3_température dans la ligne de retour	Analogique

Tableau III.1 : Table des entrées.

Numéro	Opérande	Mnémonique	Commentaire	Type
1	A124.0	MBN11AA051	Soupape d'arrêt d'urgence	TOR
2	A124.1	MBN12AP001	Pompe d'injection	TOR
3	A124.2	Alarme_Filtre		TOR
4	A124.3	Alarme_Vibration pompe		TOR
5	A124.4	MBN12AA051	Soupape de recyclage	TOR
6	A124.5	MBN14AA051	Soupape d'arrêt d'urgence diffusion	TOR
7	A124.6	MBN34AA001	Soupape de protection brûleurs diffusion	TOR
8	A124.7	MBN34AA002	Solénoïde huile de fuite	TOR
9	A125.0	MBN52AA051	Soupape d'arrêt d'urgence ligne de retour	TOR
10	A125.1	MBN55AA001	Soupape de recyclage ligne de retour	TOR
11	A125.2	Alarme_Réfrigéra nt		TOR
12	A125.3	MBN52AA501	Solénoïde huile de fuite diffusion	TOR
13	A125.4	MBN23AA501	Solénoïde huile de fuite prémixage	TOR
14	A125.5	MBN60AP001	Pompe fuite	TOR
15	A125.7	MBQ11AA001	Soupape automatique gaz d'allumage	TOR
16	A4.0	MBQ13AA001	Soupape du gaz d'allumage	TOR
17	A4.1	MBQ13AA501	Soupape de relâchement de pression gaz d'allumage	TOR
18	A4.2	MBA22AA001	Soupape Eau de purge	TOR
19	A4.3	MBA22AA002	Soupape de vidange	TOR

20	A4.4	MBA41AA051	Soupape anti-pompape	TOR
21	A4.5	MBA42AA051	Soupape anti-pompape	TOR
22	A4.6	MBA43AA051	Soupape anti-pompape	TOR
23	A4.7	MBA44AA051	Soupape anti-pompe	TOR
24	A5.0	EGD25AA002	Vanne de recirculation Prépompe	TOR
25	A5.1	Déclenchement		TOR
27	A5.3	Clapet de soutirage1		TOR
28	A5.4	Clapet de soutirage2		TOR
29	A5.5	Disjoncteur d'excitation		TOR
30	A5.6	Disjoncteur groupe		TOR
31	A5.7	Disjoncteur SFC		TOR
32	A8.0	MBN80AA001	Solénoïde de remplissage réservoir de l'eau épurée	TOR
33	A8.1	MBN81AP001	pompe d'épuration	TOR
34	A8.2	MBN83AA051	Vanne d'épuration brûleurs diffusion	TOR
35	A8.3	MBN83AA053	Vanne d'épuration brûleurs ligne de retour diffusion	TOR
36	A8.4	MBN84AA051	Vanne d'épuration brûleurs prémixe	TOR
37	A8.5	Synchronisation	couplage	TOR
38	PAW 752	MBN14AA151	Soupape de contrôle diffusion	Analogique
39	PAW 754	MBN53AA151	Soupape de contrôle ligne de retour	Analogique

Tableau III.2 : Table des sorties.

Numéro	Opérande	Mnémonique
1	M50.0	Vireur
2	M50.1	Pompe hydraulique
3	M50.2	Cellule Aéro-réfrigérant alternateur
4	M50.3	Pompe Noria
5	M50.4	Pré-pompe acheminement fuel
6	M50.5	Transformateur d'allumage
7	M50.6	Protection Alternateur
8	M50.7	Protection Transformateur
9	M51.0	Protection Anti-Incendie
10	M51.1	Protection Turbo-compresseur
11	M51.2	Arrêt d'urgence
12	M51.3	Protection Auxiliaire
13	M51.4	Mem-déclenchement
14	MD104	Charge de la turbine
15	MD100	Vitesse_turbine

Tableau III.3 : Table des mémentos.

	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de d	Commentaire
1		ALARME_FILTRE	A 124.2	BOOL	
2		ALARME_Réfrigér...	A 125.2	BOOL	
3		ALARME_VIBRAT...	A 124.3	BOOL	
4		ARRET D'URGENCE	M 51.2	BOOL	
5		ARRET_TURBINE	A 13.1	BOOL	
6		BLOCAGE HUILE ...	M 8.0	BOOL	
7		CELLULE AERO-...	M 50.2	BOOL	
8		CLAPET DE SOU...	A 13.3	BOOL	clapet de soutirage
9		CLAPET DE SOU...	A 13.4	BOOL	clapet de soutirage
1		COMPLETE RES...	OB 100	OB 100	Complete Restart
1		CONT_C	FB 41	FB 41	Continuous Control
1		CYC_INT5	OB 35	OB 35	Cyclic Interrupt 5
1		DECLENCHEMENT	M 51.4	BOOL	
1		defaut_huile de f...	M 6.0	BOOL	
1		dem1	M 40.0	BOOL	
1		dem2	M 40.1	BOOL	
1		DEMARRAGE_TU...	A 13.2	BOOL	
1		DISJONCTEUR E...	A 13.5	BOOL	disj_excitation
1		DISJONCTEUR G...	A 13.6	BOOL	disj_groupe
2		DISJONCTEUR SFC	A 13.7	BOOL	SFC
2		EGD25AA002	A 13.0	BOOL	Vanne recirculation pré-pompe fuel
2		MBA22AA001	A 12.2	BOOL	Vanne de vidange fuel
2		MBA22AA002	A 12.3	BOOL	Vanne de vidange fuel
2		MBA41AA051	A 12.4	BOOL	Vanne anti-pompage

Figure III.5 : Table des Mnémoniques.

3. Configuration Logicielle [4]

En utilisant l'un des langages de programmation mis à la disposition, on crée un programme, qu'on enregistre sous forme de blocs, de sources ou de diagrammes. Il existe trois langages de programmation appelés List (LIST), Contact (CONT) et Logigramme (LOG). Les blocs peuvent être écrits dans ces trois langages, au choix, indépendamment les uns des autres.

CONT est le langage à contacts ou langage à relais ou « ladder », pour les utilisateurs habitués aux schémas électriques et c'est le langage utilisé au cours de notre travail.

Pour permettre une programmation structurée confortable, il faut prévoir plusieurs types de blocs : les blocs d'organisation (OB), de programmes (FB), fonctionnels (FC), blocs fonctionnels système (SFB) et fonctions système (SFC), de données (DB).

Les blocs d'organisation (OB) constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur, chaque OB a une fonctionnalité bien défini et un ordre de priorité à l'exécution.

OB1 est le bloc cyclique qui contient le programme principal, ce bloc organise l'exécution du programme en faisant appel aux diverses fonctions. Il dispose de la priorité la moins élevée.

On a réalisé un programme décrit une turbine à gaz V93.4A. on a pris en considération le mode de fonctionnement normal, à l'huile combustible, démarrage et arrêt. Ce programme écrit en CONT dénombre trois (02) blocs d'organisation, huit (08) fonctions et un bloc de données.

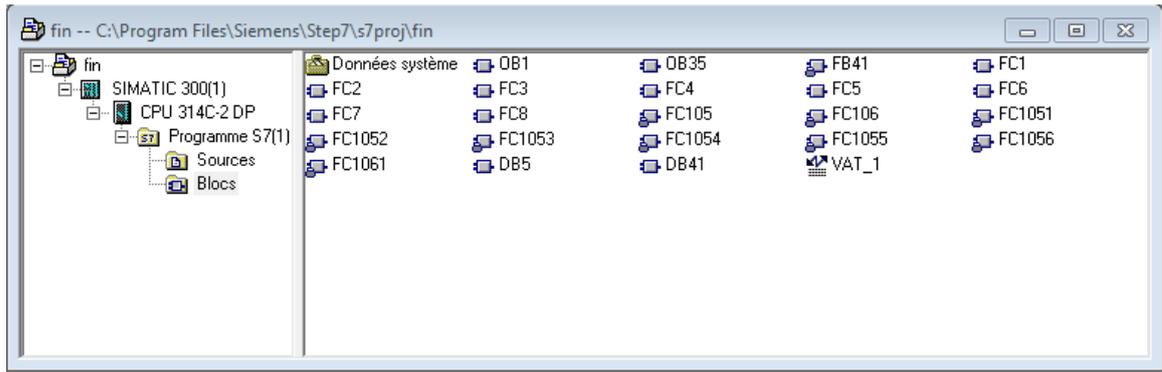


Figure III.6 : Liste des blocs de notre programme.

- **Les blocs d’organisations**

OB1 : c’est l’OB cyclique qui fait appel à toutes les FC du programme et qui contient aussi le programme de démarrage et l’arrêt de la turbine.

OB35 « interruption cyclique » : L’OB35 est un bloc dit d’alarme cyclique, il permet d’appeler le bloc FB41 (régulateur PID) a une fréquence constante, ceci est impératif pour optimiser les réglages des paramètres GAIN, T_I et T_D. [4]

Ce programme est expliqué dans la partie régulation des vannes de contrôle.

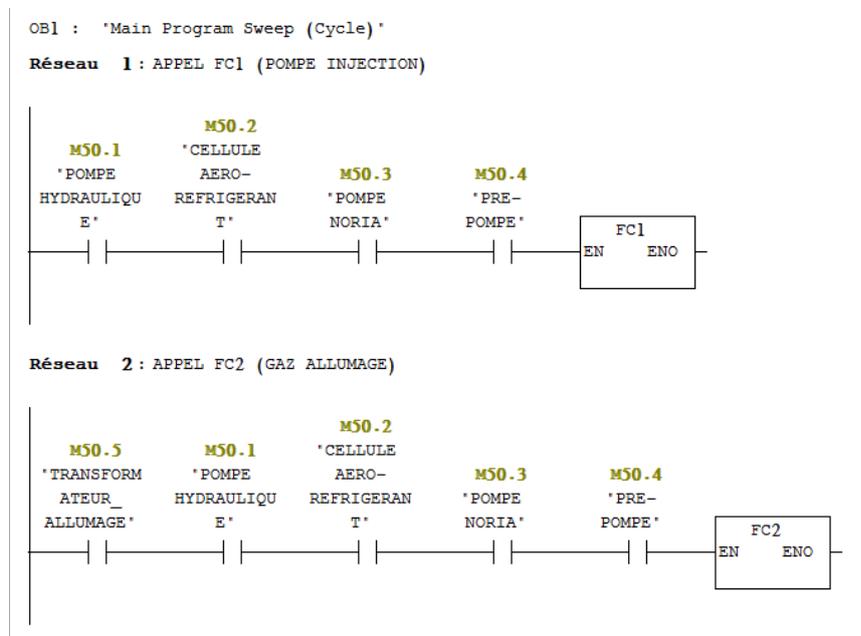


Figure III.7: Appel de FC1 et FC2 dans le Bloc OB1.

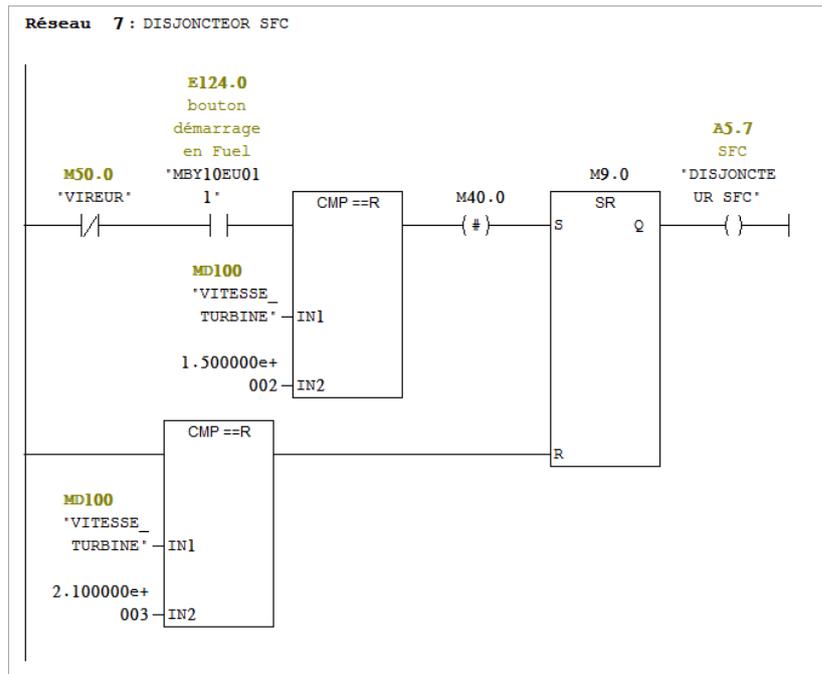


Figure III.8 : La première séquence de démarrage.

- **Les fonctions du système**

La fonction est subordonnée au bloc d'organisation. Afin qu'elle puisse être traitée par la CPU.

- FC1 : dans cette fonction on a élaboré le programme de démarrage et l'arrêt de la pompe d'injection qui fournit l'huile combustible dans la ligne d'alimentation brûleurs diffusion afin d'alimenter la chambre de combustion.

M1.0, M1.2 et M1.4 : sont des mémentos qui indiquent que les trois capteurs MBN12CP101, MBN12CP102 et MBN12CP103 placés en amont de la pompe détectent une pression supérieure ou égale à 4 bars. Donc on a introduit un comparateur de type \geq qui compare la valeur réelle du capteur (qui est mise à échelle dans le programme principal) avec 4bars. M1.1, M1.3 et M1.5 : indiquent qu'il y a une chute de pression en amont de la pompe qui va provoquer l'arrêt de la pompe.

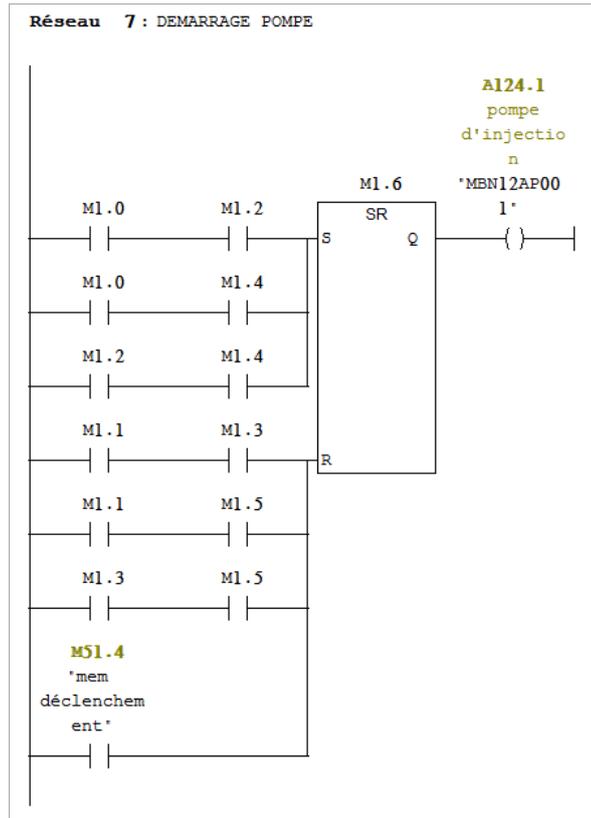


Figure III.9 : Programme de démarrage pompe d'injection FC1.

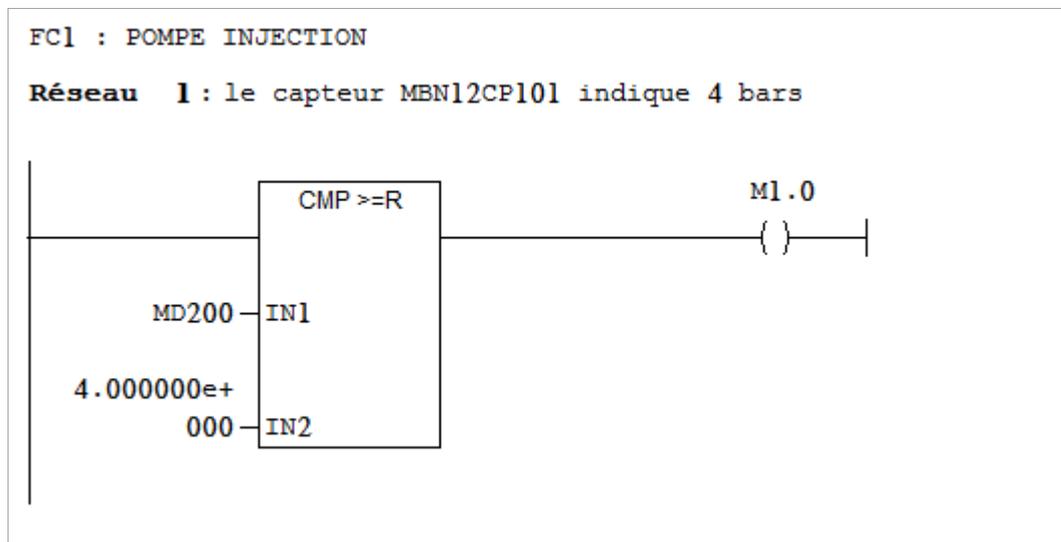


Figure III.10 : Opération de comparaison de la pression avec une valeur égale à 4 bars.

- FC2 : dans cette fonction on élabore le programme d'allumage des brûleurs au démarrage de la turbine à gaz.

L'ouverture ou la fermeture de la vanne d'allumage est fonction de la vitesse de la turbine. Ceci nécessite l'utilisation du comparateur d'égalité (= =), ainsi que des bascules SR pour la commande de la vanne d'allumage.

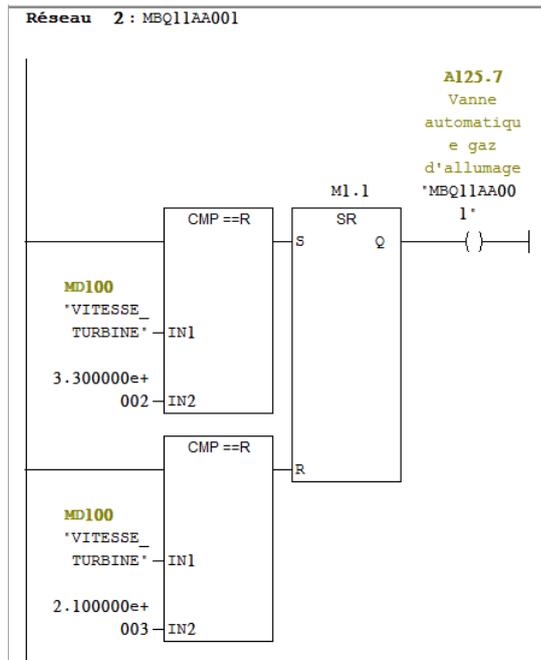


Figure III.11 : Programme de commande de la vanne gaz d'allumage.

- FC3 : la fonction décrit la commande de refroidissement fuel dans la ligne de retour en fonction de la température qui doit être maintenue au-dessous de point d'allumage d'huile combustible.

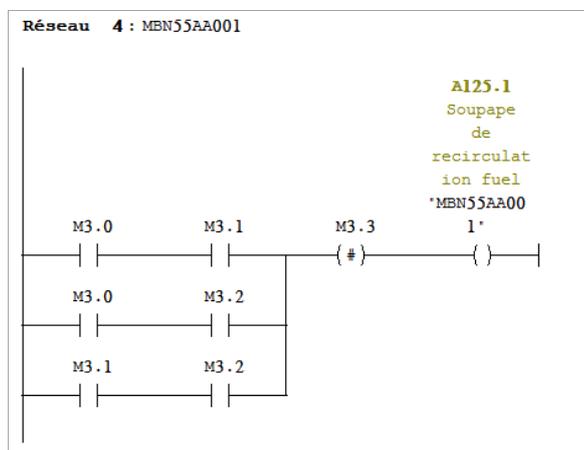


Figure III.12 : Programme de refroidissement.

Dans cette partie de programmation, on a ajouté un connecteur qui mémorise l'état d'ouverture de la vanne de recirculation, cet état va déclencher une temporisation S_EVERZ et il annonce une alarme au niveau de réfrigérant. Si le temps s'est écoulé et la vanne de recirculation reste ouverte, on déclenchera la turbine.

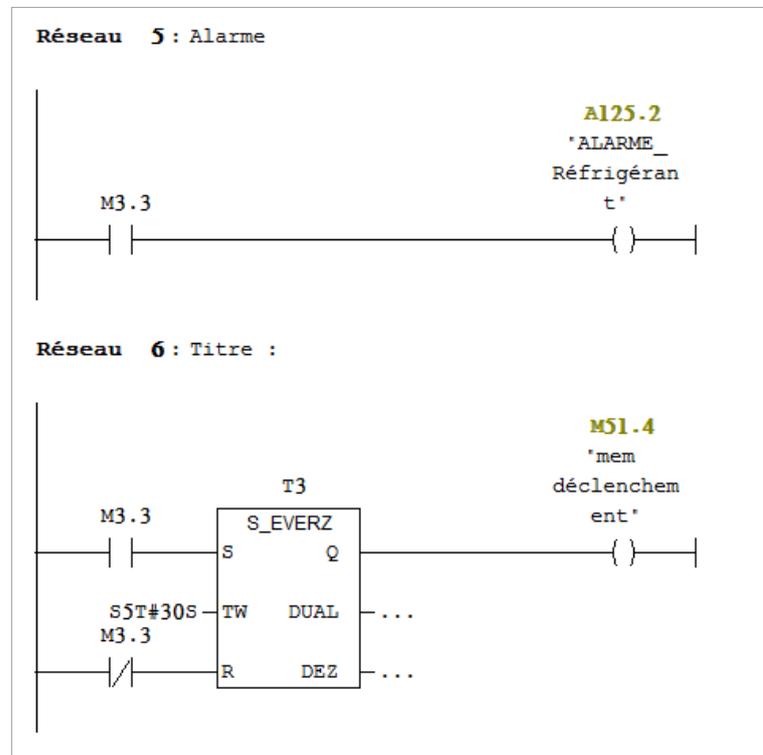


Figure III.13 : Programme annonce une alarme et déclenche une temporisation.

- FC4 : le drainage ou vidange afin de nettoyer et pulvériser le compresseur à l'arrêt de la turbine et au cours de l'étape de démarrage dans le cas où les flammes ne s'allument pas immédiatement.

Démarrage ou arrêt turbine, en langage de programmation se traduit par la vitesse de la turbine ; on a utilisé des comparateurs de type < et ≥ pour déterminer la vitesse de la turbine qui donne l'action à la vanne pour s'ouvrir ou se fermer.

Le connecteur M4.1 mémorise l'état que la vitesse de la turbine est à 25% de la vitesse nominale.

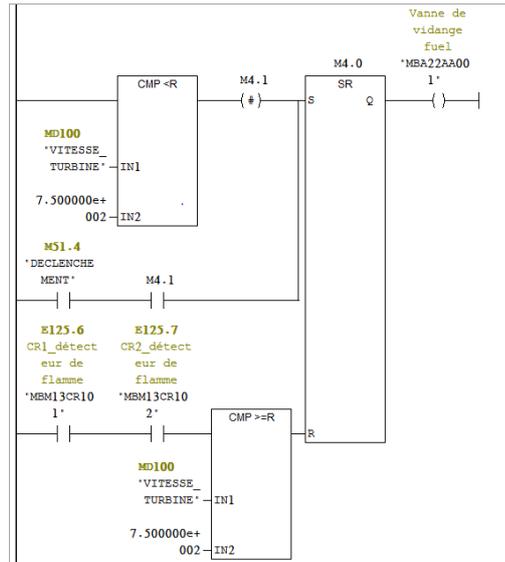


Figure III.14 : Ouverture de la vanne de vidange.

- FC5 : système eau de purging qui intervient à l’arrêt et a le but le nettoyer des brûleurs pour enlever toutes particules résiduelles.

Au niveau de cette fonction, on a représenté le programme de remplissage du réservoir d’eau et de démarrage de la pompe suivi par l’ouverture des vannes d’épuration.

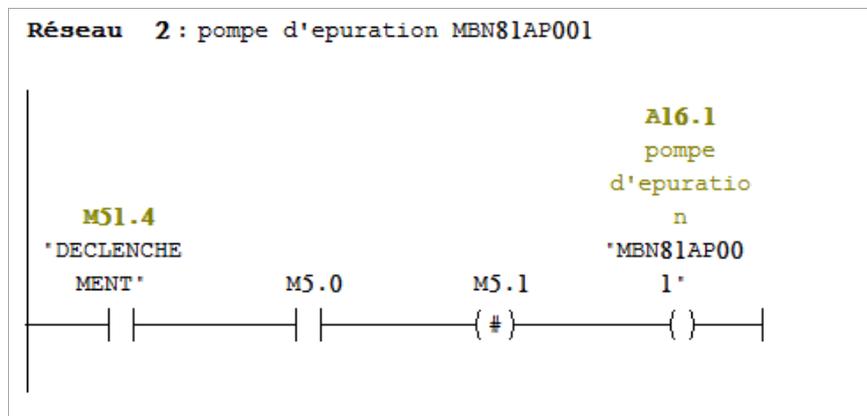


Figure III.15 : Démarrage de la pompe d’épuration.

- FC6 : dans cette fonction on élabore le programme du réservoir huile de fuite qui collecte l’huile de fuite des soupapes, ainsi que le démarrage et l’arrêt de la pompe de fuite qui alimente en huile la ligne secondaire.

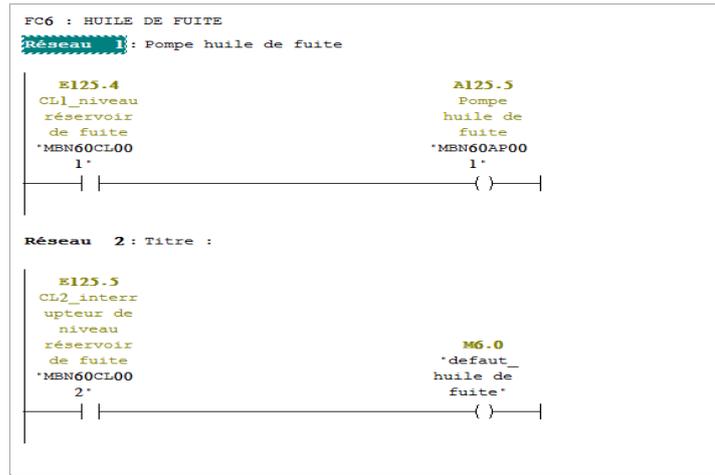


Figure III.16 : Programme de la fonction FC6.

- FC7 : cette fonction décrit le système anti-pompage afin de garantir un arrêt fiable et sur et cela en évacuant l'air du compresseur pour éviter une surtension. Dans l'étape de démarrage par l'huile combustible et à une vitesse supérieure à 95% de la vitesse nominale, les vannes anti-pompage se ferment successivement, en un délai de cinq secondes de la fermeture d'une vanne à une autre. Dès que l'alimentation du combustible est arrêtée, ces vannes s'ouvrent simultanément. On utilise des bascules RS, ainsi que des temporisateurs (SE) pour la commande de chacune des vannes.

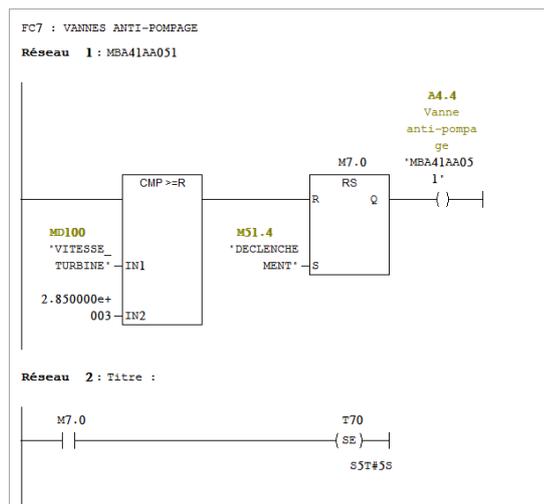


Figure III.17 : Commande de la vanne anti pompage.

- FC8 : la fonction décrit les actions conduisant à un blocage dans le système huile combustible.

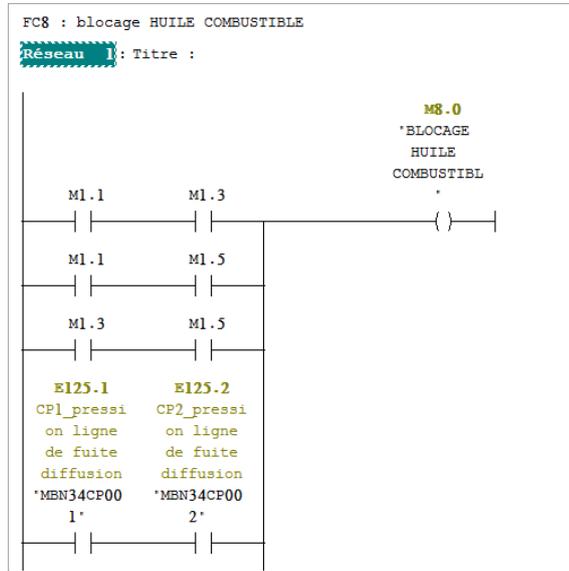


Figure III.18 : Blocage du système huile combustible.

- FC105, FC1051, FC1052, FC1053, FC1054 et FC1055 : sont des fonctions « Mise à Echelle » de la valeur brute (0-27648) vers une valeur réelle de notre entrées analogiques.

La fonction FC105 représente la mise à l'échelle de la valeur d'entrée du capteur analogique de pression.

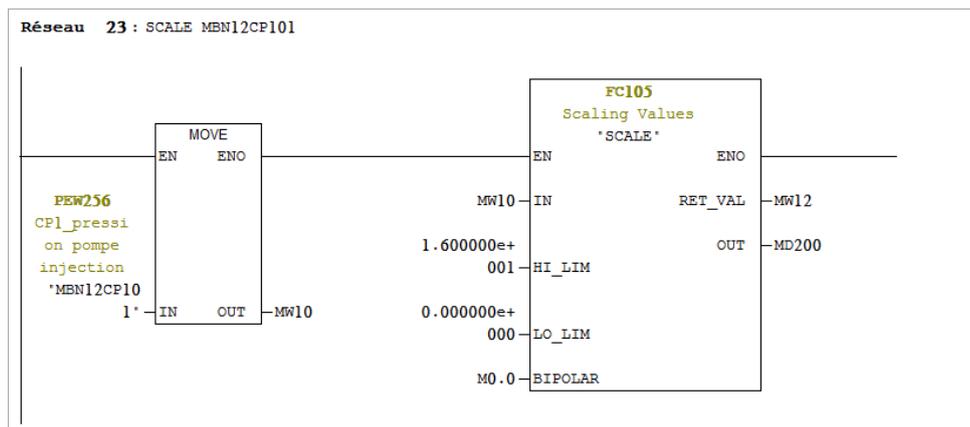


Figure III.19 : Fonction SCALE « FC105 ».

- FC106, FC1061 : Fonctions de mise à l'échelle de sorties analogiques.

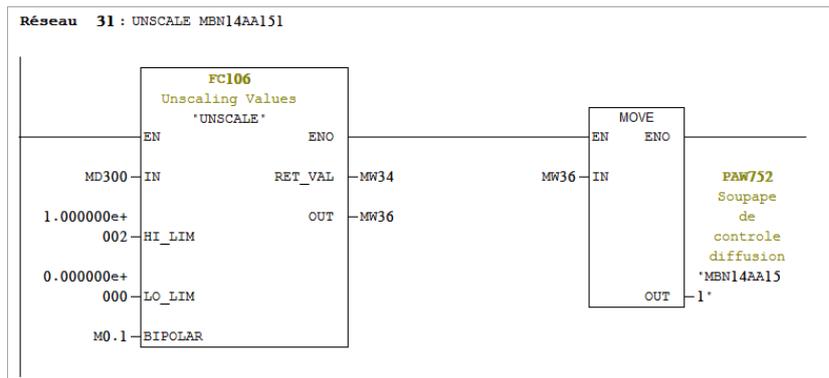


Figure III.20 : Fonction UNSCALE « FC106 » de la vanne de contrôle.

4. Partie simulation

Après l'élaboration du programme nous devons le valider avant son utilisation. Cette validation commence sous S7-PLCSIM

- **Le simulateur des programmes S7-PLCSIM**

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM permet d'exécuter et de tester le programme dans un automate programmable (AP) qu'on simule dans un ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP7, il n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un matériel S7 quelconque (CPU ou module de signaux). L'AP S7 de simulation permet de tester des programmes destinés aux CPU S7-300 et aux CPU S7-400, et de remédier à d'éventuelles erreurs. [5]

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différentes E/S utilisés par le programme (comme, par exemple, d'activer ou de désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans l'API de simulation, on a également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP 7 comme, par exemple, la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des variables. [5]

- **Chargement et test du programme avec S7-PLCSIM**
 - Test du programme de démarrage : le programme de démarrage de la turbine est exécuté dans l'OB1, il fait appel à quatre fonctions, FC1 (démarrage pompe), FC2 (système d'allumage), FC4 (système de drainage) et FC7 (système anti-pompage).

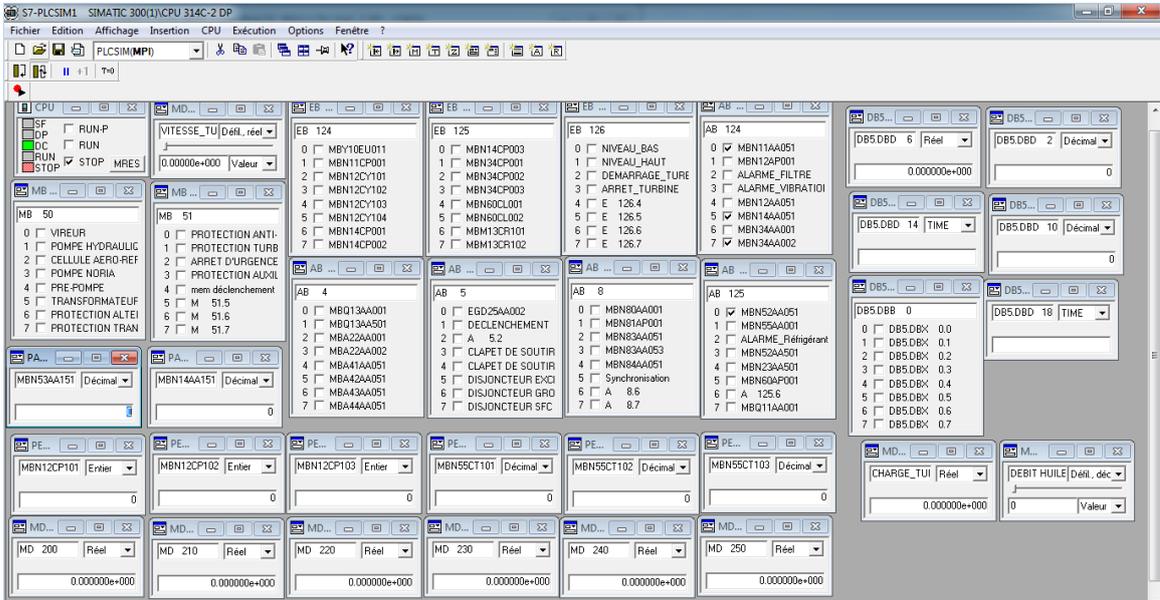


Figure III.21 : Le simulateur PLCSIM.

Pour visualiser le changement d'état de toutes les vannes on a créé une table des variables :

	Opérande	Mnémonique	Format d'affichage	Valeur d'état	Valeur de forçage
22	A 125.3	'MBN52AA	BOOLEEN	false	
23	A 125.4	'MBN23AA	BOOLEEN	false	
24	A 124.5	'MBN14AA	BOOLEEN	true	
25	A 125.0	'MBN52AA	BOOLEEN	true	
26	A 124.7	'MBN34AA	BOOLEEN	true	
27	A 4.4	'MBA41AA	BOOLEEN	false	
28	A 4.5	'MBA42AA	BOOLEEN	false	
29	A 4.6	'MBA43AA	BOOLEEN	false	
30	A 4.7	'MBA44AA	BOOLEEN	false	
31	A 8.5	'Synchronis	BOOLEEN	false	
32	A 5.6	'DISJONCT	BOOLEEN	true	
33					

Figure III.22 : Table des variables.

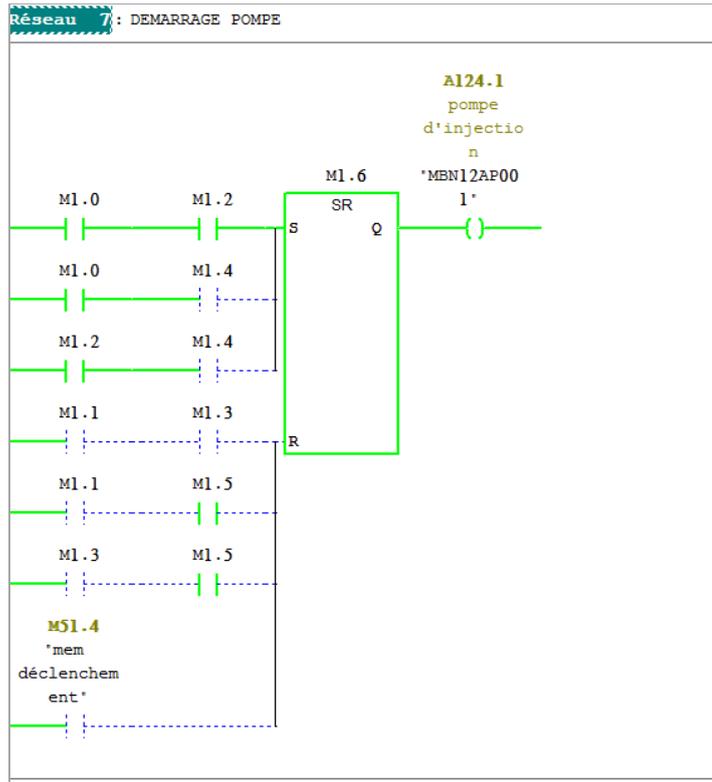


Figure III.23 : Test de la fonction FC1.

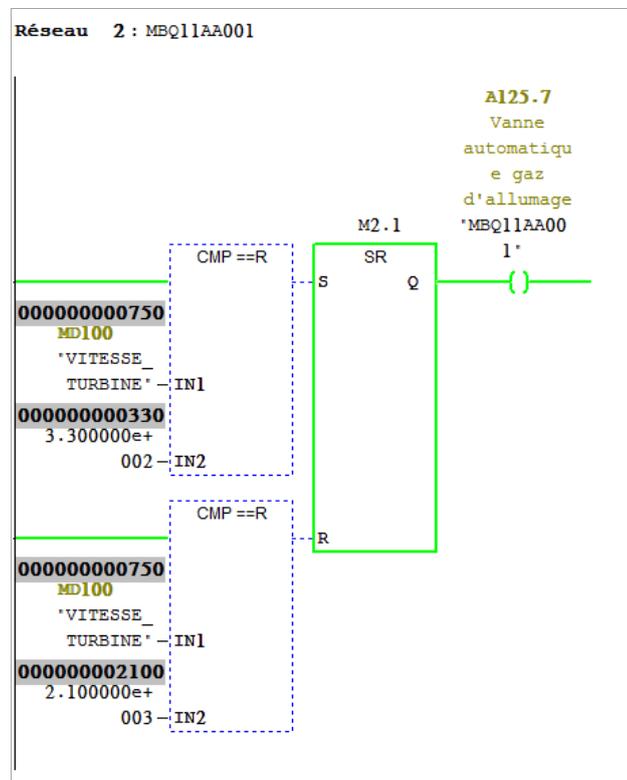


Figure III.24 : Test de la fonction FC2.

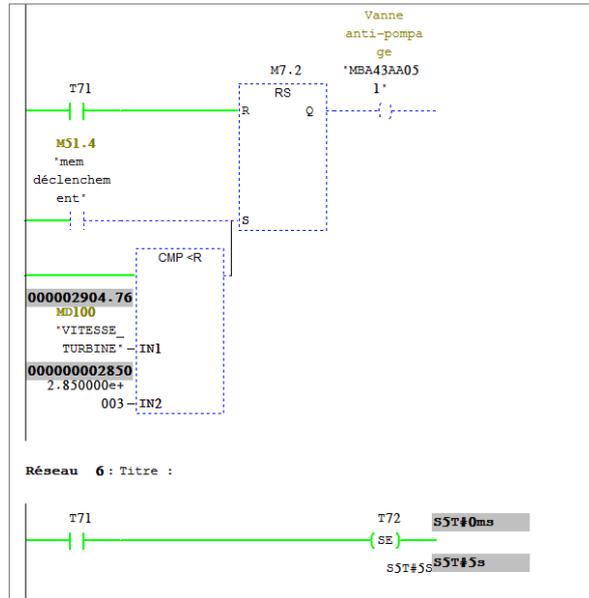


Figure III.25 : Simulation de la fonction FC7.

- Test du programme de refroidissement du fuel FC3 : au niveau de cette fonction, on teste la mise à échelle des entrées analogiques. On impose une valeur entière dans les entrées PEW 752, PEW 754 et PEW 756 puis on vérifie si elle correspond à la valeur réelle affichée sur les mémentos MD230, MD 240 et MD 250.

La figure III.23 montre que notre programme de refroidissement du fuel dans la ligne de retour est valide, l’alarme est annoncée, la temporisation est déclenchée, la vanne de recirculation fuel est ouverte et la mise à échelle donne la valeur réelle exacte.

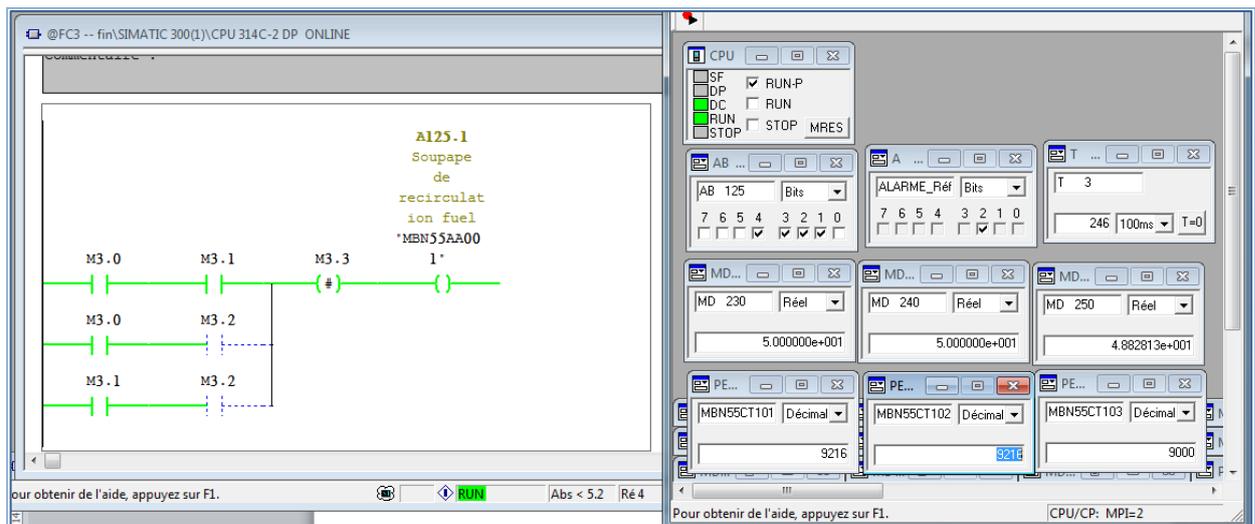


Figure III.26 : Simulation de la fonction FC3.

III.4 Régulation de débit injecté dans la chambre de combustion

La présence de vannes régulatrices ainsi que des capteurs analogiques dans le système huile combustible, nous amène à utiliser un régulateur sous SIMATIC S7-300.

SIMATIC Manager nous permet de programmer plusieurs régulateurs P, PI ou PID et d'ajuster ses paramètres à travers un écran de supervision.

➤ **Structure du programme**

Les soupapes de contrôle ligne diffusion et ligne de retour sont utilisées pour régler la quantité d'huile combustible injectée dans la chambre de combustion.

La position de ces vannes est déterminée en premier lieu par la variation de la vitesse au cours du démarrage en Fuel, une fois la vitesse nominale atteinte le contrôle des soupapes est assumé par la charge. Donc on a deux phases :

- **Démarrage**

Dès que les soupapes d'arrêt d'urgence brûleurs de diffusion et ligne de retour s'ouvrent, les soupapes de contrôle s'ouvrent aussi de manière à ce que l'huile passe dans la ligne d'alimentation. Dans notre programme on donnera un pourcentage d'ouverture correspondant à la position des vannes de contrôle lignes d'alimentation.

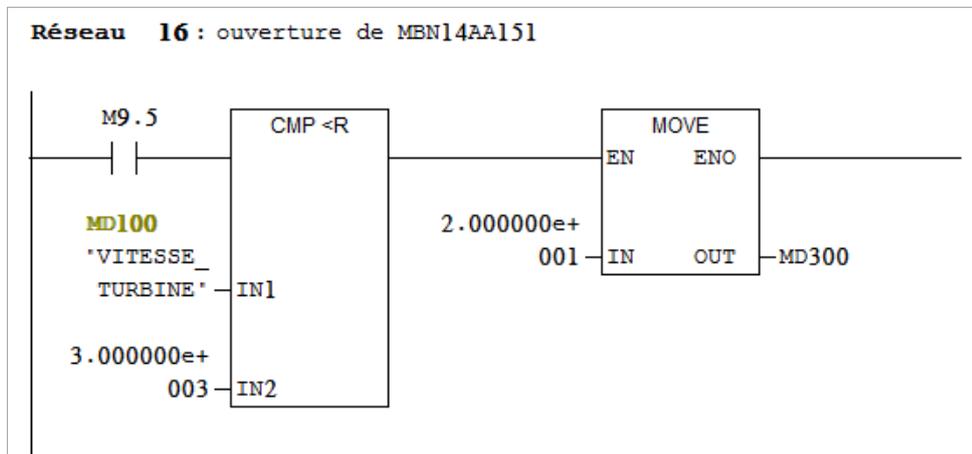


Figure III.27 : Ouverture de la vanne de contrôle ligne diffusion.

- **Contrôle de charge**

Après synchronisation, on affecte une valeur de 20MW à la charge (CHARGE_TURBINE « MD104 ») et la vitesse est maintenue à une valeur constante puis on passe à la régulation de débit d'huile par la soupape de contrôle ligne de retour. Les vannes de contrôle sont ouvertes de manière opposée. Une grande ouverture de la soupape de retour indique qu'une petite quantité d'huile est injectée dans le brûleur, par conséquent le pourcentage d'ouverture de la vanne diffusion est petit.

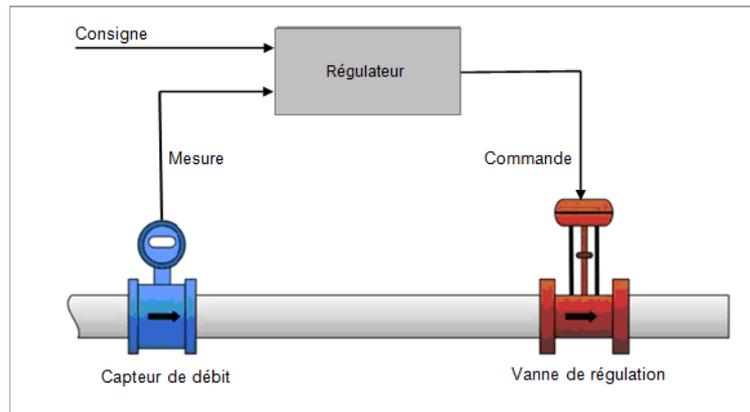


Figure III.28 : Régulation par un régulateur conventionnel.

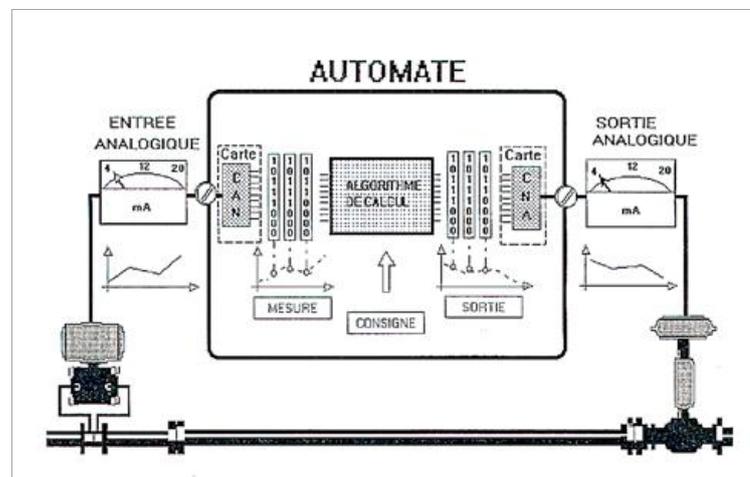


Figure III.29 : Régulation par un automate programmable.

On réalise alors un régulateur sous STEP7 avec le bloc de régulation continu (FB41) associé au DB d'instance local (DB41) à partir de l'OB35, dit bloc d' « alarme cyclique ». Son utilisation assure une fréquence d'appel constante et appropriée du bloc FB41. Ceci est primordial pour que le régulateur puisse être ajusté aux valeurs de ses paramètres K_P et T_N . Ceci serait impossible si l'on utilisait l'OB1 qui offre une fréquence d'appel incertaine. [4]

On configure d'abord les paramètres d'entrées/sorties de bloc FB41 :

- Consigne : charge de la turbine
- Mesure : le débit d'huile injectée.
- Commande : le pourcentage d'ouverture de la vanne de contrôle ligne de retour.

Ces grandeurs, sont appelées du programme principal, et les autres paramètres du FB41 sont définis dans un DB local (DB5).

En sauvegardant et chargeant le programme dans la CPU, on peut ouvrir le régulateur. Par la suite on ouvre le bloc de données DB41 en ligne et on introduit les valeurs des paramètres du régulateur puis on sauve et charge ce dernier. C'est alors que peut intervenir la mise en route de la représentation graphique qui visualise les courbes des différents signaux. Au niveau du simulateur PLCSIM de notre projet, on met en route le programme et on fait varier la consigne et la variable d'entrée du régulateur FB41 pour voir le changement d'ouverture de la vanne de contrôle ligne de retour.

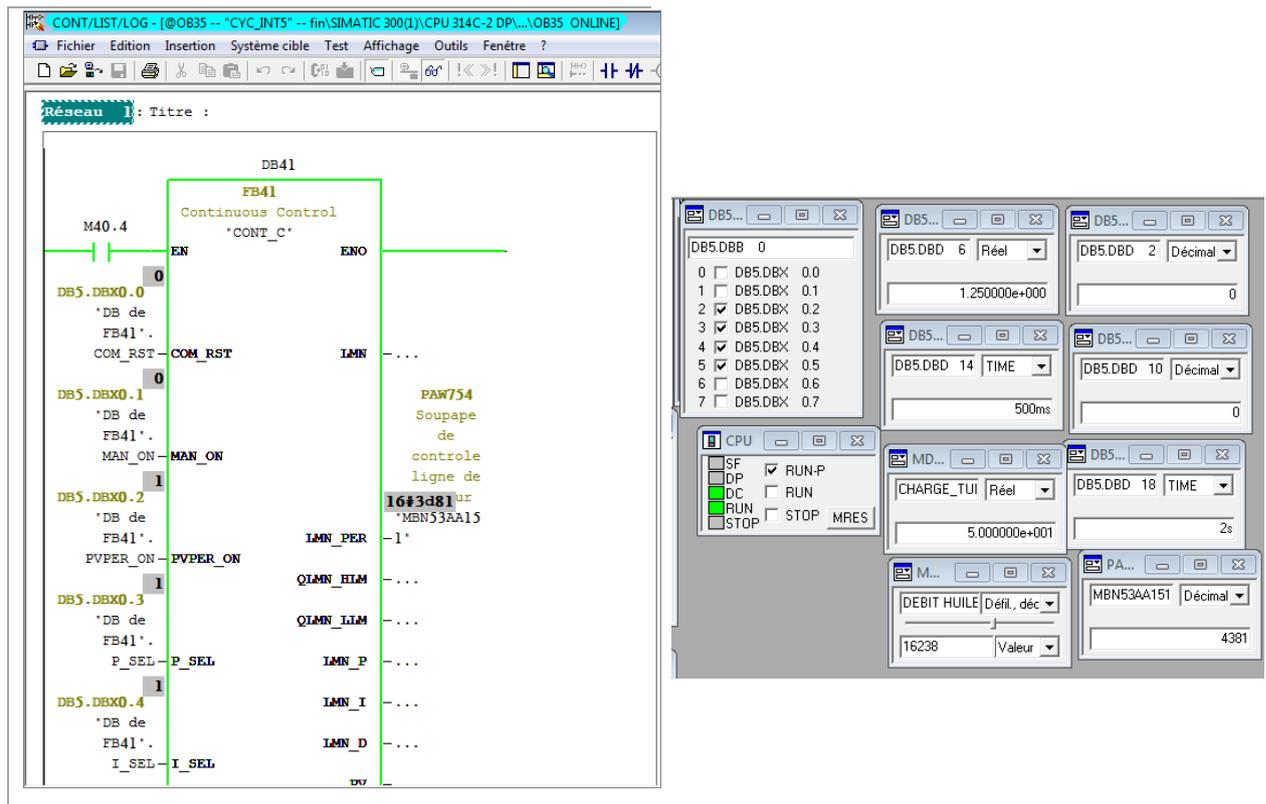


Figure III.30 : Simulation du régulateur FB41.

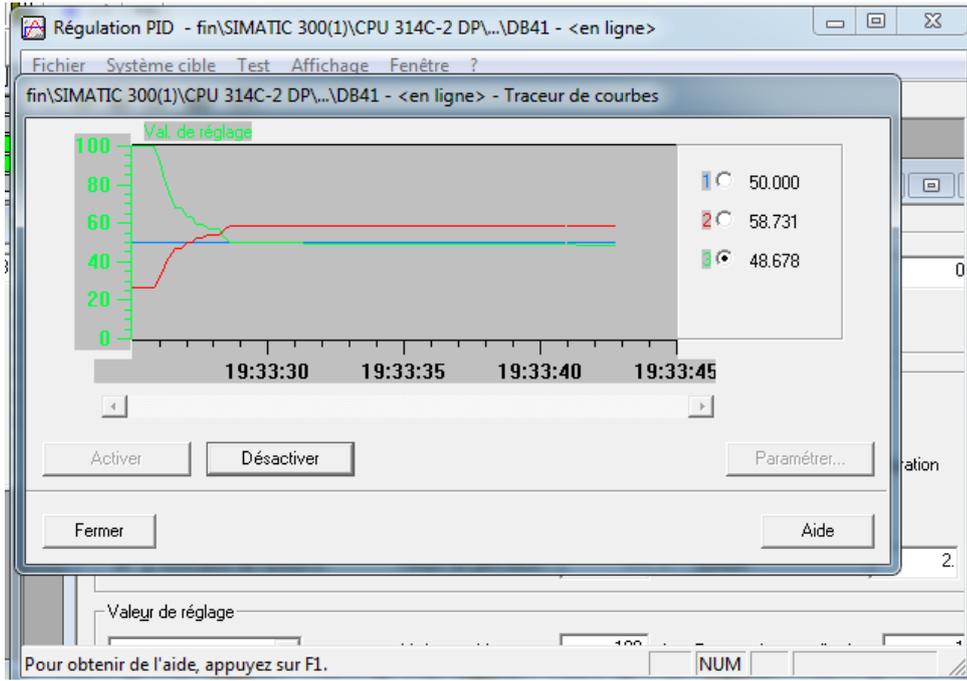


Figure III.31 : Tracé de la consigne, commande et sortie_Exemple1.

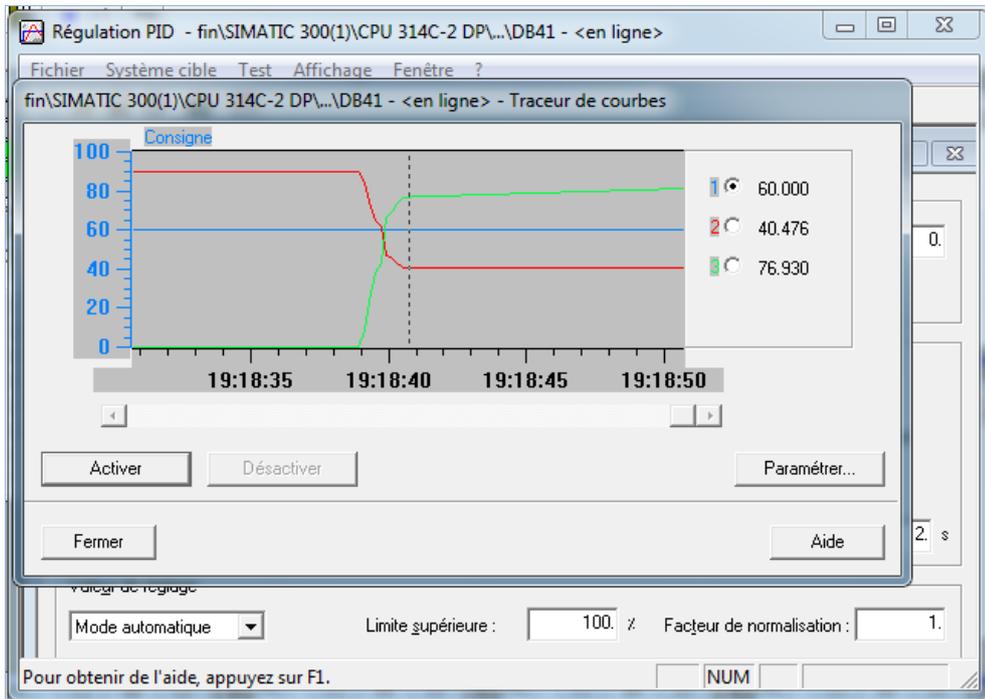


Figure III.32 : Tracé de la consigne, commande et sortie_Exemple2.

Interprétation

Les Figure III.31 et Figure III.32 nous permettent de voir la position de la vanne (vert) en fonction du débit (rouge).

Dans la Figure III.31, d'abord la vanne été complètement ouverte, au fur à mesure que le débit augmente la vanne se ferme selon les paramètres donnés au régulateur PI ($K_P = 1.25$ et $T_N = 9s$). La consigne (bleu) est de 50%.

Dans la Figure III.32, la vanne était fermée puis elle commence à s'ouvrir en diminuant le débit, pour une consigne de 60%.

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre, on a réalisé le programme du système huile combustible sous STEP7. On a configuré et défini d'abord le matériel de l'API S7-300 ainsi que les différentes entrées, sorties et mémoires intervenant dans le fonctionnement. Par la suite, on a élaboré le programme en utilisant différentes fonctions et opérations. Enfin, on a simulé et testé notre programme pour pouvoir vérifier son fonctionnement et détecter aussi les anomalies et les contradictions présentes dans le programme pour les corriger.

La partie régulation nous a permis d'apprendre à contrôler des vannes régulatrices en utilisant un régulateur PI sous STEP7 en donnant des valeurs arbitraires aux paramètres du régulateur.

Conclusion générale

Au terme de notre stage de fin d'étude nous avons pu acquérir des connaissances dans le domaine de la production énergétique et plus particulièrement par la turbine à gaz, mais le plus important pour nous c'était de voir de plus près et de manipuler pratiquement des équipements en relation avec notre domaine.

La centrale de HAMMA II est un ensemble de différents systèmes combinés, pour la bonne exploitation de la turbine à gaz. Elle assure la production d'électricité à temps plein, cela nécessite un bon travail d'équipe au sein de l'industrie, ce qui nous a permis de travailler en coordination dans un climat professionnel.

Les différentes difficultés rencontrées lors de la réalisation de ce travail sont :

- Le manque de données et informations lors de la réalisation de l'analyse fonctionnelle du système, qui est une étape primordiale. Ceci est dû à l'indisponibilité et au manque d'ingénieurs connaissant le fonctionnement du système. La documentation du fournisseur est également peu détaillée.
- Le manque d'information concernant l'instrumentation et les caractéristiques des automates déjà installés, (S5-115U).

Nous avons pu voir les procédures nécessaires à la production de l'énergie, particulièrement celle du système de secours huile combustible qui alimente la turbine à gaz V94.3A. Notre travail consiste en l'automatisation de ce système avec un automate programmable industriel de gamme SIMATIC S7-300. Ce travail a été à terme.

Le développement de l'analyse fonctionnelle détaillée a été fait à partir d'un document établi par le fournisseur ANSALDO et les informations fournies par le personnel d'exploitation.

Dans ce travail nous avons fait le choix de l'API approprié qui est un S7-300.

Ce mémoire étudie aussi les différentes étapes de l'élaboration d'un projet et l'établissement d'une commande à base d'automate programmable SIEMENS grâce au logiciel de programmation STEP7 sous lequel nous avons programmé le régulateur PI de débit d'huile.

Une simulation du programme de commande a été réalisée sous PLCSIM. Elle nous a permis de faire une première validation du programme.

La simulation réelle sur le procédé n'a pas été faite pour des raisons de sécurité.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. ANSALDO, Manuel de formation, SONALGAZ, 2001
- [2]. Documentation interne de la société SONALGAZ
- [3]. SIEMENS, Document de formation TIA, Programmation de la CPU314C-2DP, 2004
- [4]. SIEMENS, Document de formation TIA, Technique de régulation avec STEP7, 2004
- [5]. SIEMENS, Programmation avec STEP7, SIMATIC, 2010