

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA – BOUMERDES

FACULTE DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE



DEPARTEMENT GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET PHARMACEUTIQUES

**Mémoire de fin d'études en vue d'obtention du diplôme de master**

**Spécialité : Génie des procédés**

**Option : Sécurité industrielle**

**Thème : ANALYSE DES RISQUES LIEES AU  
SYSTEME TURBOCOMPRESSEUR CC5 KENENDA**

Travail élaboré par :

TAHAR Abdellah

Encadrés par :

MR BENHABILES

Année universitaire : 2015/2016

## **Remerciements**

*En commencement, je remercie Dieu le Tout-Puissant qui m'a donné la chance, le courage et la patience pour réaliser ce modeste travail.*

*Ensuite, je tiens à remercier l'ensemble du personnel du centre de compression Kenenda.*

*Je tiens beaucoup à remercier Mr BENHABILES mon promoteur pour son aide, ses remarques pertinentes et surtout pour le temps qu'il m'a accordés.*

*Je tiens beaucoup à remercier Mr KHALASSI ; Mme BEN RAHOU et Mme YOUNCI pour tous les conseils durant le parcours universitaire*

*Mon dernier remerciement à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

## *Dédicaces*

*Ce modeste travail est dédié :*

*A mes chers parents*

*A mes frères et ma belle sœur*

*A toute ma famille : TAHAR*

*A toute mes amis et mes collègues sans exceptions*

*Je vous remercie tous.*

# Table des matières

Table des matières .....	Erreur ! Signet non défini.
Liste des abréviations.....	Erreur ! Signet non défini.
Introduction générale.....	Erreur ! Signet non défini.
<b>I. Présentation de l'entreprise sonatrach : .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1 Les missions de Sonatrach .....</b>	<b>3</b>
<b>I.2 Activités de la Sonatrach .....</b>	<b>4</b>
<b>I.3 Macrostructure de sonatrach.....</b>	<b>5</b>
<b>I.4 Présentation du transport par canalisation.....</b>	<b>5</b>
<b>I.5 Présentation de la région transport ouest .....</b>	<b>6</b>
<b>I.6 Présentation du centre de compression CC5 Kenenda .....</b>	<b>7</b>
<b>II. Description de l'installation et les dispositifs de protection.....</b>	<b>13</b>
<b>II.1 Description de l'installation .....</b>	<b>13</b>
<b>II.2 Dispositifs de protection existant dans le centre .....</b>	<b>18</b>
<b>III. Generalite sur les turbocompresseurs .....</b>	<b>22</b>
<b>III.1 description generale du turbine a gaz :.....</b>	<b>23</b>
<b>III.2 compresseur centrifuge .....</b>	<b>33</b>
<b>III.3 les barrieres de securite existantes dans les turbocompresseurs :</b>	<b>35</b>
<b>IV. Analyse des risques .....</b>	<b>38</b>
<b>IV.1 definitions .....</b>	<b>38</b>
<b>IV.2 demarche pour l'analyse des risques associes a des installations industrielles...</b>	<b>40</b>
<b>IV.3 analyse des risques par la methode HAZOP .....</b>	<b>47</b>
<b>V. Application de la méthode .....</b>	<b>53</b>
<b>V.1 Application de méthode « HAZOP » .....</b>	<b>54</b>
<b>V.2 Interprétations et recommandations : .....</b>	<b>66</b>
<b>VI . Lutte contre l'incendie-instalation fixe a CO<sub>2</sub>.....</b>	<b>67</b>

<b>VI.1. Generalites et caracteristiques du CO<sub>2</sub></b> .....	<b>67</b>
<b>VI.2. Description des composants</b> .....	<b>69</b>
<b>VI.3. System de detection</b> .....	<b>72</b>
<b>IV.4. Systeme de declenchemen</b> .....	<b>74</b>
<b>VI.5. Fonctionnement du systeme CO<sub>2</sub></b> .....	<b>76</b>
<b>VI.6.methodes de calculs :</b> .....	<b>77</b>
<b>VI.7.le calcul</b> .....	<b>77</b>
<b>VI.8.les anomalies et les inconvenients de cette installation a CO<sub>2</sub></b> .....	<b>80</b>
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>81</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>82</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> Situation géographique du CC5 .....	8
<b>Figure 2</b> Gare de racleur arrivée .....	14
<b>Figure 3</b> Gare de racleur départ .....	14
<b>Figure 4</b> Collecteur aspiration .....	14
<b>Figure 5</b> Schéma de fonctionnement d'une turbine à gaz.....	25
<b>Figure 6</b> Système typique d'admission .....	26
<b>Figure 7</b> Principaux éléments du système d'échappement.....	28
<b>Figure 8</b> Carter du compresseur model 5002 et ensemble rotor de la turbine HP .....	29
<b>Figure 9</b> Les IGV de corps d'admission Du compresseur axial.....	29
<b>Figure 10</b> Palier N° 1 de la turbine à gaz. ....	30
<b>Figure 11</b> Enveloppe de combustion .....	31
<b>Figure 12</b> Chambre de combustion .....	31
<b>Figure 13</b> Vue de l'ensemble du rotor du compresseur de la turbine .....	33
<b>Figure 14.</b> Vue de l'ensemble du compresseur centrifuge .....	34

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau 1</b>	<b>Caractéristiques De Turbine A Gaz MS 5002</b>	<b>23</b>
<b>Tableau 2</b>	<b>Exemple de tableau pour l'HAZOP</b>	<b>49</b>
<b>Tableau 3</b>	<b>Exemples de mots-clés pour l'HAZOP (norme CEI : 61882]</b>	<b>50</b>
<b>Tableau 4</b>	<b>Tableau 1.9.5.3</b>	<b>79</b>

## Liste des abréviations

GNL	Gaz naturel liquéfié
GPL	Gaz pétrolier liquéfié
RTO	Région de transport ouest
RTE	Région de transport est
RTC	Transport des hydrocarbures par canalisation
CC5	Centre de compression 5
GZ1	Station de compression
HSE	Hygiène sécurité environnement
CCM	Bâtiment turboalternateur
TA	Turboalternateur
TC	Turbocompresseur
HP	Haut pression
BP	Basse pression
GOV	Gaz operated valve (d'arrêt automatiquement)
EIPS	Eléments important pour la sécurité
APR	Analyse préliminaire des risques
AMDEC	Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité
AMDE	Analyse des Modes De Défaillances et de leurs Effets
NOZZEL	Aubes variables
Di-tronics II	Système de contrôle
ESD	Emergency shutdown (d'arrêt d'urgence).
FCV	flow control valve
SV	speed valve (Vanne régulatrice)
IGV	Inlet guide vanne :(Aubes fixe d'admission)
EGV	Exit guide vanne
BLED VALVE	Vanne de décharge
ISO	Organisation Internationale de normalisation
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques



# INTRODUCTION GENERALE

---

## INTRODUCTION GENERALE :

Comme toute activité industrielle, le secteur des hydrocarbures présentent des risques de différentes natures dont les effets peuvent être graves.

A ces effets la sûreté de fonctionnement représente une base nécessaire pour tout ce qui concerne la sécurité des personnes, installations et des biens dans le sens innocuité du système vis-à-vis de son environnement, tout en fonctionnement normale qu'en cas de dysfonctionnement.

La maîtrise de la sécurité de système nécessite des études approfondies des risques liées aux activités industrielles telle que la notion d'analyse des risques, l'identification et l'estimation des risques, afin de réaliser une bonne évaluation et une bonne gestion des risques ce que parmi la suppression des risques, et donner un aperçu sur le mode d'application des principales étapes d'une analyse prévisionnelle de la sûreté de fonctionnement d'un système.

Un centre de compression est une série de compresseurs qui aspire le fluide à une pression basse et rejette ce fluide (dans ce cas le gaz naturel) à une pression nettement plus élevée tout en assurant un débit désiré, cela constitue le rôle principal d'installation d'un centre de compression.

La méthode de HAZOP qui est une méthode prévisionnelle qualitative d'analyse et d'évaluation des risques, et comme elle est spécifique pour les systèmes thermo-hydraulique, elle est la mieux adaptée pour les installations de productions comme : turbine à gaz, four, compresseur...etc.

Mon étude consiste à l'application de cette méthode (HAZOP) dans une station de compression de gaz au niveau de centre de compression kenenda.

Mon travail est divisé en cinq chapitres qui sont répartis comme suit :

- ❖ Le premier chapitre consistera à présenter l'entreprise dans laquelle j'ai mené ce travail ; et il s'agit de SONATRCAH/direction régionale ouest/ centre de compression CC5 Kenenda.
- ❖ Le deuxième chapitre consistera à présenter la description d'installation et les dispositifs de protection existants dans l'entreprise ;
- ❖ Le troisième chapitre consistera à présenter la description technique et fonctionnelle du système à étudier ;

## INTRODUCTION GENERALE

---

- ❖ Le quatrième chapitre consistera à décrire la démarche d'analyse des risques et la méthode d'analyse que j'utiliserai ;
- ❖ Le cinquième chapitre présentera l'application de la méthode HAZOP sur le système choisi ;
- ❖ Le sixième chapitre présentera la lutte contre l'incendie –installation fixe à CO<sub>2</sub>.

Et enfin je termine mon travail par une conclusion générale.

**I.PRESENTATION DE L'ENTREPRISE SONATRACH :**

Sonatrach est la plus importante compagnie d'hydrocarbures en Algérie et en Afrique. Elle intervient dans l'exploration, la production, le transport par canalisations, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Adoptant une stratégie de diversification, Sonatrach se développe dans les activités de génération électrique, d'énergies nouvelles et renouvelables, de dessalement d'eau de mer, de recherche et d'exploitation minière.

Poursuivant sa stratégie d'internationalisation, Sonatrach opère en Algérie et dans plusieurs régions du monde : en Afrique (Mali, Niger, Libye, Egypte), en Europe (Espagne, Italie, Portugal, Grande Bretagne), en Amérique Latine (Pérou) et aux USA. Avec un chiffre d'affaires à l'exportation de près de 56,1 milliards de US\$ réalisé en 2010, Sonatrach est classée 1ère compagnie en Afrique et 12ème compagnie dans le monde. Elle est également 4ème exportateur mondial de GNL, 3ème exportateur mondial de GPL, et 5ème exportateur de Gaz Naturel.

1ère Compagnie Africaine

14ème compagnie pétrolière Mondiale

13ème Compagnie Mondiale concernant les hydrocarbures liquides (réserves et production)

6ème Compagnie Mondiale en matière de Gaz Naturel (réserves et production)

5ème exportateur mondial de Gaz Naturel

4ème exportateur mondial de GNL

3ème exportateur mondial de GPL. [5]

**I.1 Les missions de sonatrach : [5]**

Les missions confiées à Sonatrach par l'Etat, unique actionnaire, sont les suivantes :

- ✓ Contribuer au développement national.
- ✓ Stockage d'hydrocarbures liquides et gazeux,
- ✓ Le chargement des navires pétroliers.

**I.2 Activités de la Sonatrach : [5]****I.2.1 Activité amont :**

L'activité Amont recouvre les activités de recherche, d'exploration, de développement et de production d'hydrocarbures. Celles-ci sont assurées par Sonatrach seule ou en association avec d'autres compagnies pétrolières.

**I.2.2 Activité transport par canalisation :**

L'Activité Transport par Canalisation assure l'acheminement des hydrocarbures (pétrole brut, gaz naturel, GPL et condensat) et dispose d'un réseau de canalisations de près de 16 200 Km.

L'activité Transport par Canalisation dispose de :

- 79 stations de pompage et de compression équipées de plus de 290 machines principales.
- Une capacité de stockage de près de 3,4 millions de m<sup>3</sup>
- Une capacité de chargement portuaire de près de 210 millions tonnes par an.
- Une infrastructure de maintenance et d'entretien articulée autour de 03 bases principales de maintenance et 03 bases régionales d'intervention
- Un centre national de dispatching gaz (CNDG) à Hassi R'mel
- un centre de dispatching des hydrocarbures liquides (CDHL) à Haoud El Hamra.

**I.2.3 Activité Aval :**

L'activité Aval a en charge le développement et l'exploitation de la liquéfaction de gaz naturel, la séparation de GPL et de raffinage. Sonatrach dispose à travers l'activité Aval de : Quatre (04) complexes de GNL, 3 à Arzew et 1 à Skikda, d'une capacité totale de production de 44 milliards m<sup>3</sup> de GNL/an).

Deux (02) complexes de GPL à Arzew, d'une capacité totale de production de 1millionsTs/an

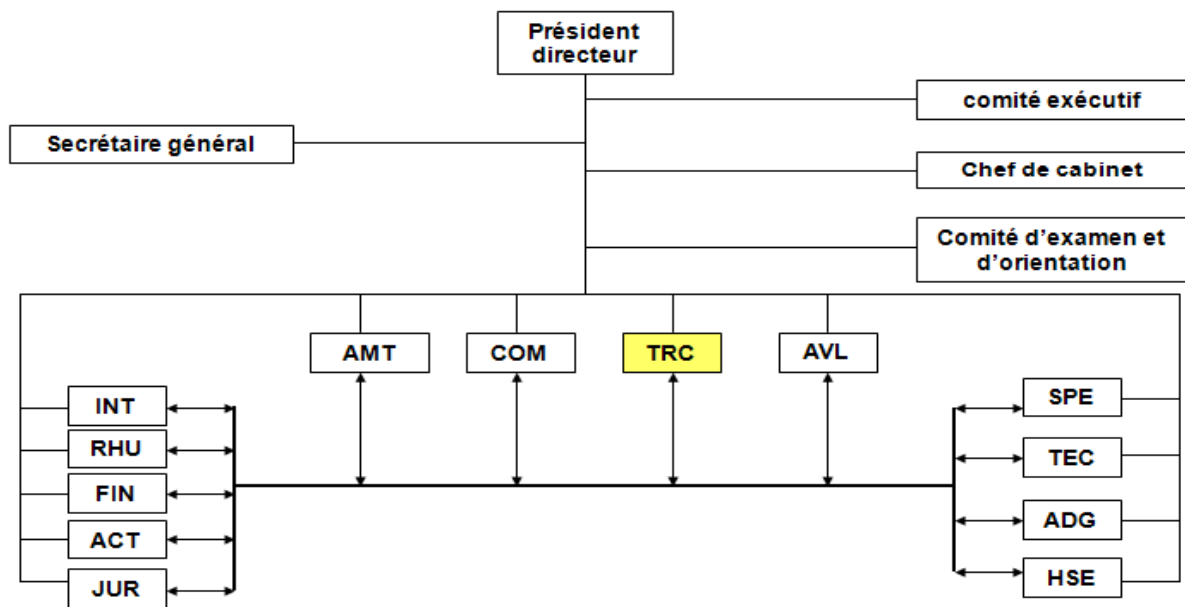
Cinq (05) raffineries :

- Une (01) à Alger avec une capacité de traitement de pétrole brut de 2,7 millions de tonnes par an
- Une (01) à Skikda avec une capacité de traitement de pétrole brut de 15 millions de tonnes par an
- Une (01) à Arzew avec une capacité de traitement de pétrole brut de 2,5 millions de tonnes par an
- Une (01) à Hassi Messaoud avec une capacité de traitement de pétrole brut de 1,1 millions de tonnes par an
- Une (01) Adrar en partenariat avec une capacité de traitement de pétrole brut de 600 000 tonnes par an

**I.2.4 Activité Commercialisation :**

L'activité Commercialisation supervise la distribution des produits pétroliers sur le marché national et international, le trading, l'exportation et le transport maritime des hydrocarbures (Sonatrach dispose d'une flotte importante de méthaniers, de GPL et de pétrole)

**I.3 Macrostructure de sonatrach :**



**I.4 Présentation du transport par canalisation : [5]**

Le transport des hydrocarbures liquides et gazeux par canalisations ainsi que le développement, la gestion et l'exploitation du réseau de transport, de stockage, de livraison et de chargement des hydrocarbures sont les missions principales du TRC (transport par canalisation). TRC veille également au respect des conditions de sécurité et de préservation de l'environnement.

Aujourd'hui Sonatrach et en particulier TRC, gère un réseau de plus de seize milles kilomètres de pipes principaux. Pour une meilleure gestion le TRC est subdivisé en sept directions régionales qui sont : RTO, RTC, RTE, RTH, RTI, GPDF, GEM, et chacune est chargée de l'exploitation d'un ou plusieurs pipelines.

**I.4.1 Réseau de transport d'hydrocarbures du TRC :**

L'Algérie dispose d'un important réseau de transport d'hydrocarbures - pétrole brut, condensât, gaz naturel et gaz de pétrole liquéfiés.

L'Activité Transport par canalisation (TRC) de la Sonatrach indique que son programme d'extension du réseau vise à faire passer celui-ci de 16200 kilomètres actuellement à 21500 km à l'horizon 2012, soit un accroissement de 5300 km (+32,7%), ainsi qu'un autre programme intensif, portant sur la réhabilitation des installations existantes, a également été lancé.

Sonatrach dispose de 19 systèmes de transport par canalisation, dont huit pour le gaz naturel, sept pour le pétrole brut, deux pour le condensât et deux pour les GPL. Ce nombre devrait passer à 22 d'ici à la fin 2012, dont 10 pour le gaz et trois pour les condensats (pas de changement pour le brut et pour les GPL).

Les projets en cours de réalisation par l'Activité TRC sont :

- La construction de l'oléoduc LZ2, qui permettra de renforcer et de sécuriser la chaîne GPL ;
- Le gazoduc GZ4 entre Hassi R'mel et Béni Saf, qui alimentera le gazoduc Med gaz entre l'Algérie et l'Espagne ainsi que des centrales électriques, un futur complexe d'aluminium et de pétrochimie à Béni Saf et des postes de distribution publique de la Sonelgaz ;
- Le gazoduc GK3/GK4, qui alimentera le futur gazoduc entre l'Algérie et l'Italie ;
- Le projet GALSI qui reliera la côte Algérienne à la SARDAIGNE en Italie est également bien avancé.
- Le pipeline NK1, qui évacuera les condensats de Haoud el-Hamra vers Skikda et alimentera l'unité de topping des condensats qui est en construction à Skikda.

### **I.5 Présentation de la région transport ouest : [5]**

La région transport ouest (RTO), dont le siège est à Arzew gère une nappe de pipe lings composé de neuf (09) pipes, transportant quatre (04) produits pétroliers situés au grand sud vers les complexes et unités de transformation du pôle d'Arzew ainsi que vers les différents points de chargement du port.

La direction régionale Arzew (RTO) a pour mission :

- Le transport, le stockage et la livraison des hydrocarbures liquides et gazeux de Hassi R'mel vers le pôle industriel d'Arzew et El Aricha (frontière ALGERO-MAROCAINE).
- L'exploitation et la protection du patrimoine de la direction ;

- Maintenance et entretien de ses équipements ;
- L'élaboration et la réalisation des programmes et budgets annuels ;
- Le suivi de la réalisation des projets d'extension, de renouvellement, de valorisation du potentiel existant.
- Répondre aux besoins de transport de Sonatrach (dans la région ouest) dans les conditions optimales, de sécurité et de préservation de l'environnement.

## **I.6 Présentation du centre de compression CC5 Kenenda : [5]**

Un centre de compression est une série de compresseurs qui aspire le fluide à une pression basse et rejette ce fluide (dans ce cas le gaz naturel) à une pression nettement plus élevée tout en assurant un débit désiré, cela constitue le rôle principal d'installation d'un centre de compression. En effet, on est appelé à avoir le gaz naturel sous une pression plus au moins élevée afin de pouvoir soutirer le maximum de gaz. Pour ce faire, on utilise les stations de compressions qui sont en général disposées tous les 100 à 200 km- qui compriment petit à petit le gaz naturel jusqu'à la pression désirée.

Le centre de compression gaz CC5 Kenenda regroupe trois stations de compression : GZ1 40'', GZ2 40'' qui sont interconnectées et GZ3 42'' (dont une interconnexion avec le GZ4 est prévue), et un poste de coupure PC5 48'' du GZ4.

La date de mise en exploitation des stations est :

- Ouvrage GZ1 :1976 ;
- Ouvrage GZ2 :1982 ;
- Ouvrage GZ3 :1989 ;
- Ouvrage OZ2 :2004 ;
- Ouvrage GZ4 :2009.

### **I.6.1 Situation géographique du CC5 Kenenda :**

Le centre de compression CC5 Kenenda qui s'étend sur une superficie totale de 14 Hectares se situe à environ 350 km Sud-Ouest d'Alger, 30 km de la Wilaya de Relizane (Daïra de Zemmoura, Commune de Dar Ben Abdellah) et à 110 km au sud du terminal d'Arzew, son implantation par rapport à son environnement est comme suit :

- ❖ Au nord : Forêt ;
- ❖ Au sud : Terrain Agricole Propriété privée ;
- ❖ A l'est : Terrain agricole Propriété privée ;
- ❖ A l'ouest : Terrain agricole propriété privée.

Les coordonnées géographiques sont :

- ❖ Longitude : 00°48' Est ;
- ❖ Latitude : 35°39' Nord.

Pour une altitude de 525 m par rapport au niveau de la mer.

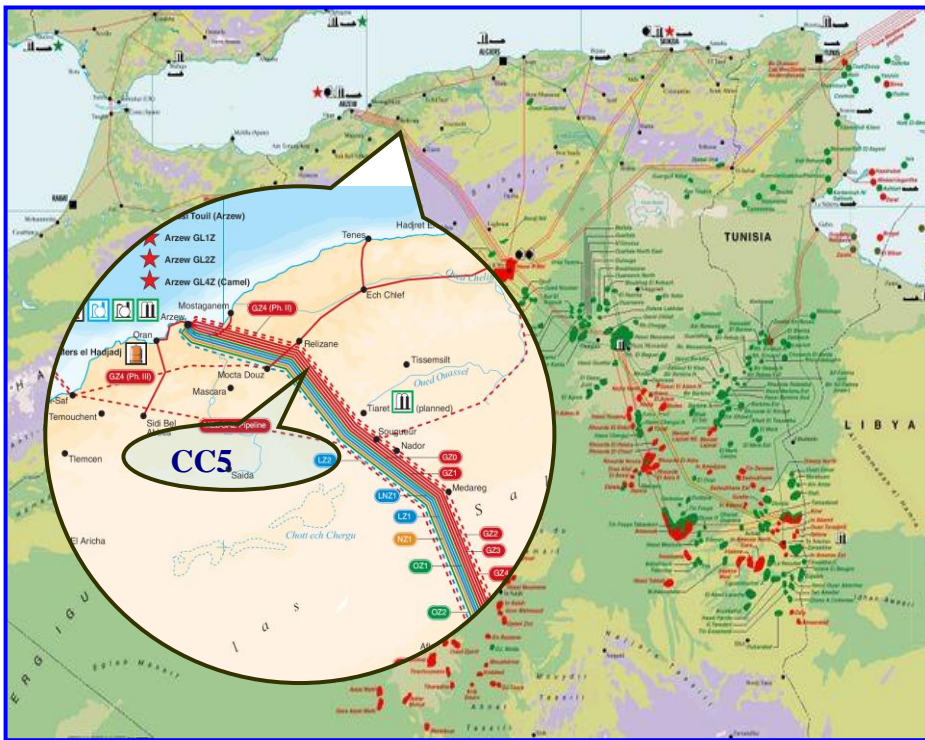
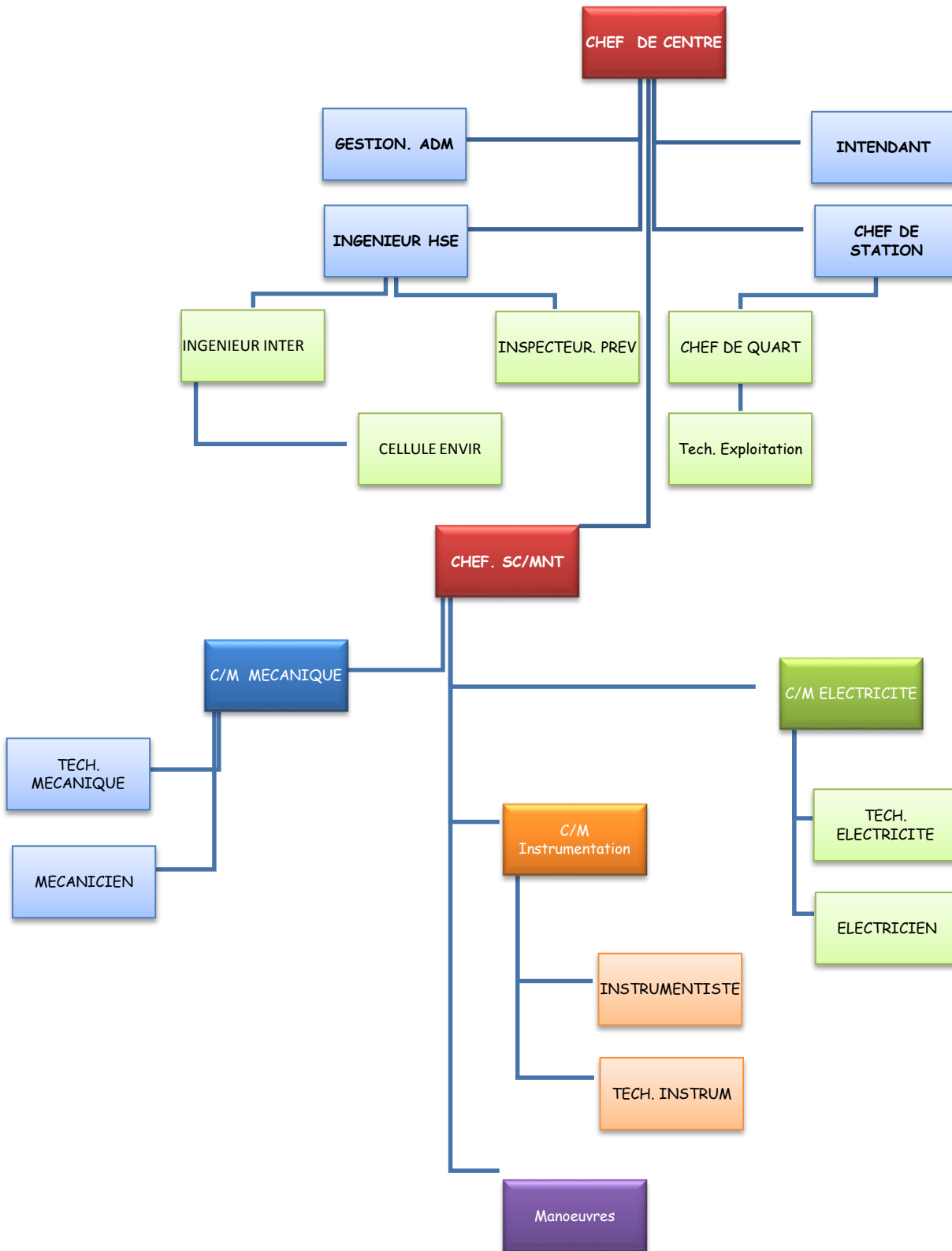


Figure 1 Situation géographique du CC5 [5]

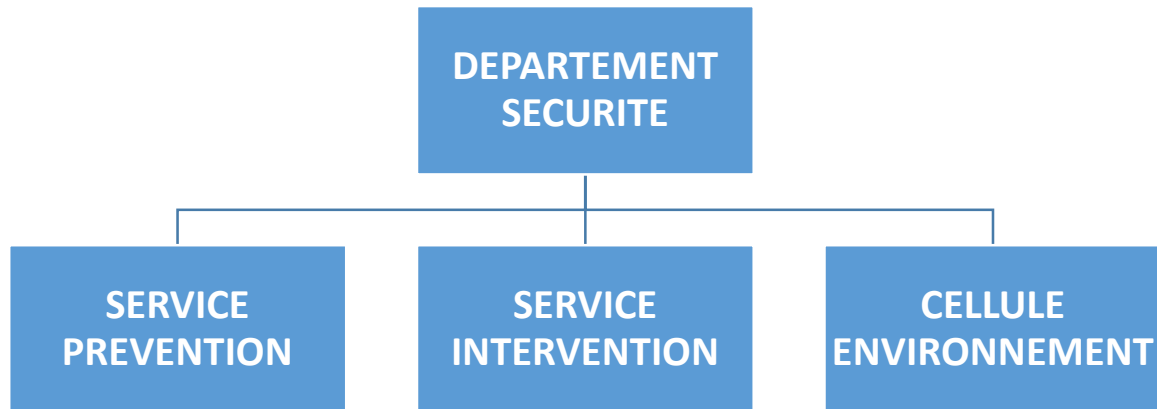


I.6.2 Organigramme du centre de compression CC5 :



### I.6.3 Département Sécurité :

Le département Sécurité a un rôle très important dans la sécurité du matériel ainsi que le personnel, elle est organisée suivant l'organigramme ci-dessous



#### I.6.3.1 Service Intervention :

Le service intervention fait des essais, vérification et entretien du matériel de protection, dans ce service chaque section est partagée en deux équipes, équipe de seconde intervention qui assure le contrôle et les essais des équipements :

Bac, accessoires, pomperies diesel et électrique, poteaux incendie, vannes, lances à canon mobile, brassage émulseur, unité émulseur, chambres à mousse et équipe de premier secours qui entretiennent les camions d'incendie, motopompes...

Il organise tous les deux jours des entraînements avec le matériel d'intervention et équipements spéciaux, une fois par mois des exercices d'extinction, chaque fois sur un thème différent.

#### I.6.3.2 Service prévention :

Il est formé par deux sections :

**Section inspection et contrôle :** Son rôle est d'inspecter et de contrôler le matériel de lutte contre l'incendie (extincteur, système de luge, systèmes de détection et d'extinction, de programmer et faire le suivi des appareils à pression.

**Section prévention :** Cette section a pour rôle d'assister les travaux et de traiter les autorisations de travail pour leur bon déroulement, de développer l'esprit de sécurité au sein

des personnels en les rappellent les consignes de sécurité, l'utilisation du matériel du premier secours ainsi des notions de secourisme.

**- Règles de sécurité :**

Les règles de sécurité peuvent être générales ou particulières, elles sont générales lorsqu'elles sont valables à toute personne se trouvant dans l'usine et particulières si elles concernent seulement un poste de travail bien défini.

Les règles générales de sécurité sont souvent développées et prescrites par le service de prévention. Elles comportent des consignes d'hygiène, de protection individuelle et d'environnement.

Les risques dans l'industrie du gaz sont souvent l'inflammation ou d'explosion qui nous poussent à exclure l'un des trois éléments du triangle de feu : la source, l'oxygène et le combustible.

- Généralement, on pense à exclure le premier qui peut être :
  - Des étincelles (briquets, allumettes, soudage).
  - Des particules chaudes provenant de l'échappement des véhicules...
- Afin de minimiser les risques, la réglementation établie les consignes préventives suivantes :
  - Interdiction de fumer.
  - Interdiction d'effectuer tous les travaux de nettoyage à l'aide des produits pétroliers (essence, gas-oil...) sans autorisation du service de sécurité.
  - Permis de travail, délivré pour effectuer tous les travaux ou modification dans l'usine (câbles souterrains, canalisation, travaux en surface...) et spécifie la disposition et les mesures de sécurité à prendre.
  - Port obligatoire des tenues réglementaires, chaussures de sécurité, combinaison, casques lunettes, gants... à l'entrée de l'usine.
  - Respect du code de la route en vigueur à CC5.

**I.6.4 La cellule environnement :**

Par souci de protection de l'environnement devenue une préoccupation planétaire, l'Algérie partie prenante par la ratification de plusieurs conventions internationales, exige de Sonatrach un changement d'attitude vis à vis de l'environnement, en veillant à sa protection d'une manière générale, par le contrôle et le traitement des rejets et effluents, ce qui était et justifie l'opportunité relative à la création d'une cellule environnement, à la demande du siège par télex N° 11837 du 14/07/1992.

**I.6.4.1 Missions de la cellule environnement :**

La cellule environnement est une structure horizontale, qui est donc appelée à travailler en collaboration avec tous les services, et particulièrement avec ceux de la prévention et d'intervention de la division sécurité.

Elle est chargée notamment de :

- ◆ protéger l'environnement d'une manière générale,
- ◆ procéder régulièrement aux analyses chimiques, bactériologiques et toxicologiques,
- ◆ identifier et contrôler les problèmes potentiels que l'utilisation de tout site peut amener en matière d'environnement et de santé,
- ◆ proposer des mesures curatives de mises en conformité aux normes et de prévention des accidents,
- ◆ renforcer la réglementation en matière de contrôle de la pollution,
- ◆ élaboration des études d'impact,
- ◆ sensibiliser et mobiliser l'entreprise sur l'ensemble des enjeux écologiques,
- ◆ étude du comportement des polluants,
- ◆ lutter contre la pollution par les déchets sous toutes ses formes en favorisant leur réduction à la source et leur gestion d'une manière écologiquement rationnelle.

## **CHAPITRE II DESCRIPTION D'INSTALLATION ET DISPOSITIFS DE PROTECTION**

---

### **II. DESCRIPTION D'INSTALLATION ET DISPOSITIFS DE PROTECTION :**

Le centre de compression CC5 Kenenda regroupe 3 stations conçues pour chaque gazoduc (GZ1 :40'', GZ2 :40'' et GZ3 :42'').

La station de compression GZ1 comprend 4 turbocompresseurs. La station de compression GZ2 qui est identique à la station GZ3 comprend 3 turbocompresseurs.

Chaque station comprend principalement un réseau de canalisations enterrées, une vanne entrée station (aspiration) et une vanne de sortie (refoulement), vanne by-pass station, une batterie de séparateurs de gaz à cyclones, gares racleurs (départ et arrivée), manifold d'interconnexion, skid gaz, un bâtiment des turbocompresseurs, un bâtiment regroupant les armoires électriques et les turboalternateurs (CCM) et un circuit d'eau incendie.

Dans ce qui suit on va se limiter à décrire une station de compression puisque toutes les stations sont conçues de la même façon. [1]

#### **II.1. DESCRIPTION D'INSTALLATION :**

##### **II.1.1. Circuits gaz : [1]**

###### **II.1.1.1. Circuits gaz principal :**

Il comprend essentiellement :

- ✓ Le by-pass station ;
- ✓ Les gares de racleurs départ et arrivée ;
- ✓ Le manifold d'interconnexion.
- ✓ Le collecteur refoulement ;
- ✓ Le collecteur aspiration ;

###### **A. By-pass station :**

C'est la partie du gazoduc située à l'intérieur de la station, il est équipé d'une vanne motorisée dite vanne by-pass station, cette vanne est ouverte lorsque on veut isoler la station mais pour des raisons de sécurité cette vanne est maintenue ouverte. En aval de cette vanne est monté un clapet anti-retour.

## CHAPITRE II DESCRIPTION D'INSTALLATION ET DISPOSITIFS DE PROTECTION

### B. Gare de racleur arrivée :

La gare de racleur arrivée (figure 2 ci-contre) permet de réceptionner le racleur en toute sécurité même en exploitation, elle est équipée par les vannes suivantes :

- Vanne d'entrée gare racleur (motorisée) ;
- Vanne by-pass gare racleur (motorisée) ;
- Vanne de pressurisation (motorisée)
- Vanne de mise à l'évent (motorisée).

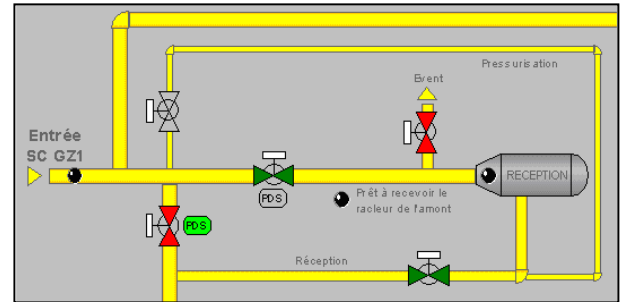


Figure 1 Gare de racleur arrivée [4]

De plus la vanne d'entrée station intervient dans la séquence de réception racleur.

### C. Gare de racleur départ :

Contrairement à la précédente, cette gare (figure 3 ci-contre) permet l'expédition du racleur, les vannes motorisées installées sont :

- Vanne d'expédition gare racleur ;
- Vanne by-pass gare racleur ;
- Vanne de pressurisation ;
- Vanne de mise à l'évent.

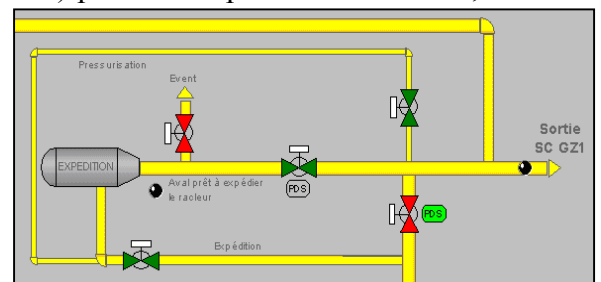


Figure 2 Gare de racleur départ [4]

De plus la vanne de refoulement intervient dans la séquence d'expédition racleur.

### D. Collecteur aspiration :

Le gaz arrivé à la station passe via la vanne d'entrée station (aspiration) puis distribué par un collecteur (36'' pour GZ1 et GZ2, 40'' pour GZ3) à une batterie de filtres montés en Parallèle qui élimine la phase liquide associée au gaz (la figure 4). Les sorties des filtres aboutissent à un collecteur appelé collecteur aspiration qui distribue le gaz aux compresseurs.



Figure 3 Collecteur aspiration [4]

### E. Collecteur de refoulement :

Les collecteurs de refoulement des compresseurs aboutissent sur un collecteur principal dit collecteur de refoulement qui débite sur le gazoduc à travers la vanne sortie station. Les collecteurs de refoulement des compresseurs sont équipés de clapet de non-retour. Sur le

## **CHAPITRE II DESCRIPTION D'INSTALLATION ET DISPOSITIFS DE PROTECTION**

---

collecteur de refoulement et en aval des compresseurs sont installés deux piquages de part et d'autre d'une vanne manuelle pour l'installation éventuelle de réfrigérants de gaz.

### **F. Manifold d'interconnexion :**

C'est un ensemble de vannes permettant de relier les circuits homologues aspiration et refoulement des deux stations GZ1 et GZ2 et donnant ainsi une flexibilité à l'exploitation (on peut utiliser les machines de la station GZ1 pour l'exploitation du gazoduc GZ2 ou inversement).

- L'interconnexion aspiration est assurée par la vanne GOV 525 ;
- L'interconnexion refoulement est assurée par la vanne GOV 526.

De plus, les collecteurs aspiration et refoulement des stations GZ1 et GZ2 sont reliés entre eux par deux lignes de by-pass au niveau du manifold équipées par deux vannes by-pass et deux clapets de non-retour qui se ferment lorsque les compresseurs sont en service. Des vannes de pressurisation sont également prévues pour l'aspiration et le refoulement.

### **II.1.1.2. Circuits gaz auxiliaire :**

Sont appelés gaz auxiliaires les gaz prélevés sur le gazoduc et traités par un skid de traitement de gaz pour les utilisations suivantes :

- Gaz combustible des TC et des TA (11 à 15 Bars) ;
- Gaz pour la chaudière et la base de vie ;
- Gaz de motorisation des vannes (40 Bars) ;
- Gaz instruments aux mécanismes des vannes anti-pompage (7 Bars).

Le circuit gaz auxiliaire comprend :

- ✓ Le skid gaz ;
- ✓ Circuit de gaz combustible des TC ;
- ✓ Circuit de gaz de commande ;
- ✓ Circuit de gaz instrument ;
- ✓ Circuit gaz auxiliaire TA.

## CHAPITRE II DESCRIPTION D'INSTALLATION ET DISPOSITIFS DE PROTECTION

---

### Le skid gaz :

Le skid gaz est un système à deux rampes de traitement du gaz divisé en deux, un appelé skid de filtration chargé :

- D'éliminer l'eau et les condensats contenus dans le gaz à l'aide de deux séparateurs montés en parallèle dont l'un est en service et l'autre de secours ;
- De filtrer les poussières (2 filtres sont installés un en service et l'autre de secours) ;
- D'assurer un gaz chaud à une température consignée, à l'aide d'une vanne (à trois voies) régulatrice de température et un réchauffeur, ce dernier est séparé du skid ;

Et un autre, appelé skid de régulation chargé :

- De détendre le gaz à des valeurs différentes de pression afin de fournir :
  - Du gaz combustible aux turboalternateurs et turbocompresseurs (11 à 15 Bars) ;
- Du gaz de motorisation des vannes (40 Bars), qui est stocké dans une capacité puis distribué aux vannes, la capacité 40 Bars du GZ1 assure aussi le gaz de motorisation pour les vannes de GZ2.
- Du gaz instruments aux mécanismes des vannes anti-pompage (7 Bars), cas du GZ2 et GZ3.

La régulation de pression est réalisée pour chacun des gaz ci-dessus par deux vannes de régulation l'une est en service et l'autre en secours montées en parallèle situées au skid de régulation à l'exception du GZ1 où les vannes de régulation 40 Bars se trouvent au niveau du skid filtration. Le gaz instrument qui doit être sec, est séché par un système de deux sécheurs.

➤ Le skid gaz est alimenté par un piquage à la sortie des filtres (alimentation normale), lorsque la station n'est pas en exploitation, le skid gaz peut être alimenté par une tuyauterie de secours à partir de la conduite de pressurisation station 10'', dans le cas où une station est en exploitation et l'autre est hors ligne le collecteur d'interconnexion peut assurer l'alimentation du skid. En cas d'un arrêt d'urgence, une alimentation de secours pour les TA et la base de vie est prévue au skid de filtration.

### II.1.3.Circuits gaz annexes :

Ces gaz ne sont pas traités par le skid de traitement de gaz, ils sont utilisés dans les conditions de température et de pression dans lesquelles ils se trouvent ; on distingue :

- Circuits de pressurisation : toutes les capacités gaz de la station de compression comportent un système de mise en pression tel que les gares racleurs, la vanne aspiration et refoulement, le manifold d'interconnexion et les turbocompresseurs.



## CHAPITRE II DESCRIPTION D'INSTALLATION ET DISPOSITIFS DE PROTECTION

---

- Circuit de gaz de démarrage des TC : ce gaz est prélevé sur le collecteur aspiration en aval des filtres, la pression de ce gaz est comme celle d'aspiration.
- Circuit pompe à huile de secours : un collecteur général 2'' est piqué sur le collecteur gaz combustible de secours distribue du gaz à la pression du gazoduc aux pompes de secours.
- Circuit de gaz pilote des soupapes de sécurité
- Circuit gaz sécurité : deux circuits sont installés :
  - Un circuit gaz pilote de sécurité d'un diamètre 1" et qui dessert toutes les vannes de sécurité et les pilotes des soupapes de sécurité.
  - Un circuit de motorisation d'un diamètre 2" qui dessert toute les vannes de sécurité.Ces deux circuits sont alimentés à partir du gazoduc par deux lignes 2" piquées l'une en amont et l'autre en aval de la vanne by-pass station, elles équipées d'un clapet de non-retour. Le gaz de motorisation 2" est filtré par un filtre isolable par deux vannes manuelles.

Le circuit gaz pilote 1" est alimenté en aval de la filtration ci-dessus par un manifold de 1" comprenant deux lignes identiques avec diaphragme qui limite le débit d'alimentation du circuit et vanne d'isolement.

Les circuits de gaz de sécurité des deux stations sont interconnectés.
- Circuits d'évacuation des poussières et condensats : un collecteur général allant vers le borbier draine toutes les poussières et les liquides arrêtés par les filtres et les séparateurs.

### ❖ .Les turbocompresseurs :

Pour chaque station un bâtiment TC est installé afin de protéger les turbocompresseurs des intempéries et il est équipé également par des dispositifs facilitant les travaux d'entretiens et de maintenances des équipements.

Au nombre de 4 pour GZ1 et 3 pour GZ2 et GZ3 .les groupes de compression gaz sont du type turbocompresseur. Le terme turbocompresseur signifie un compresseur (centrifuge en général) entraîné par une turbine (à gaz en général).

## CHAPITRE II DESCRIPTION D'INSTALLATION ET DISPOSITIFS DE PROTECTION

---

### II.2.DISPOSITIFS DE PROTECTION EXISTANT DANS LE CENTRE :

#### II.2.1.Les différents types des systèmes de sécurité automatiques et leurs principes de fonctionnement : [2]

Un système de détection incendie a pour but de déceler et prévenir la naissance d'un feu afin de :

- déclencher une intervention manuelle ou automatique, la plus précoce possible (empêcher la propagation)
- configurer les installations en position de sécurité (limiter les conséquences)

Un système de détection incendie comprend :

##### II.2.1.1.Détection Gaz :

Les ouvrage GZ1/2/3 sont équipés de modules de détection de gaz étalonnés au méthane principal composant du gaz naturel en effet une multitude de détecteurs sensibles sont disposés à l'intérieur des bâtiments turbines et bâtiments TA, installés en hauteur au-dessus de chaque unité (Turbines à gaz et compresseur centrifuge)

En cas de présence de gaz dans l'un des bâtiments, les unités se mettent en sécurité en se déclenchant et les vannes entrée et sortie station se fermeront, cet ordre viendra de l'armoire de détection de gaz qui se trouve à l'intérieur de la salle de contrôle.

Par conséquent les agents de sécurité présents sur site ainsi que les techniciens en poste procéderont à des investigations afin de déterminer l'origine de la fuite pour l'éliminer, par ailleurs, il est à rappeler que l'armoire est pourvue d'un avertisseur visuel et sonore, qui attirera l'attention de l'opérateur en cas d'inadvertance.

En cas d'émanation de gaz au niveau des bâtiments GZ 1/2 et GZ 3, la centrale de détection récemment installée déclenche les turbocompresseurs ou turboalternateurs correspondants au local ou la détection s'est effectuée, en effet au-dessus de chaque TA est monté un détecteur de gaz contrôlant en permanence l'atmosphère interne.

##### II.2.1.2.La détection incendie :

**EIPS** : détecteurs de température, installés en hauteur et fixés à l'intérieur des bâtiments

TC et TA.

Ces capteurs sont reliés à une centrale de commande qui permet de mettre toute la station à l'évent (évacuation de tout le gaz contenu dans la station c'est la sécurité ultime)

## CHAPITRE II DESCRIPTION D'INSTALLATION ET DISPOSITIFS DE PROTECTION

---

Les bâtiments TC sont pourvus de détecteurs de température installés au plafond, ils sont au nombre de 08 pour le GZ 1 (04 côté compresseurs et 04 turbines), 16 pour GZ 3 (08 côté turbines et 08 côté compresseurs) et 06 pour le GZ 2 (03 côté turbines et 03 côté compresseurs), par ailleurs chaque turbines à gaz est équipée en détecteurs.

Disposition des détecteurs de gaz par unité (turbine à gaz) : au nombre de 06

- 01 au niveau du palier N°4
- 02 au niveau des chambres de combustion
- 02 au niveau du carter BP inférieur.
- 01 au-dessus de la turbine de lancement.
  - **Détection incendie bâtiment turbocompresseurs :**
    - Arrêt d'urgence de la station (arrêt machine + mise à l'évent de la station)
    - Enclenchement Sirène et gyrophare
    - Ouverture de la vanne déluge et démarrage des pompes incendies
  - **Détection incendie bâtiment turboalternateur :**
    - Arrêt d'urgence TA avec fermeture de la vanne alimentation gaz combustible
    - Arrêt d'urgence de la station (arrêt machine + mise à l'évent de la station)
    - Enclenchement sirène bâtiment MCC

Les boutons poussoirs des bâtiments Turbocompresseurs GZ1/2 et GZ3 enclenchent les sirènes bâtiments compresseurs avec ouverture de la vanne de déluge.

### II.2.1.3.Système de lutte contre l'incendie par CO<sub>2</sub> :

L'agent extincteur est le CO<sub>2</sub>, les zones dans lesquelles il existe des risques d'incendie sont les suivant :

- compartiment des accessoires
- compartiment de la turbine
- caisson d'échappement entre le carter de refoulement de la turbine et le compresseur de gaz naturel
- deux détecteurs d'incendie de type 45, FA-1et 2 sont montés dans le compartiment des accessoires ; ils fonctionnent à une température de 163°c environ et amorcent le déclenchement de la turbine à gaz et une pulvérisation de CO<sub>2</sub>. la température au niveau de détecteurs est inférieure à 60°c durant le fonctionnement normal. lorsque les détecteurs amorcent la pulvérisation de CO<sub>2</sub>, il se déverse une quantité importante de CO<sub>2</sub> dans le compartiment, par l'entremise de deux jets produisant une neige

## CHAPITRE II DESCRIPTION D'INSTALLATION ET DISPOSITIFS DE PROTECTION

---

carbonique qui s'évapore rapidement sur les surfaces chauds, remplissant le compartiment de CO<sub>2</sub> en phase gazeuse, gaz considérablement plus lourd que l'air. Par conséquent, le compartiment se remplit de gaz à partir du sol jusqu'au plafond.

La pression des conduites d'alimentation de CO<sub>2</sub> agit sur des clapets fonctionnant par pression qui viennent obturer les orifices d'aéragé, l'incendie est donc éteint par manque d'oxygène.

- Six détecteurs d'incendie 45FT sont répartis autour du compartiment de turbine, FT-1 et 2 se trouve dans la zone du compresseur ; ces dispositifs fonctionnent, à environ 232°C.

La température ambiante autour de ces détecteurs est normalement inférieur à 120°C, ce niveau étant maintenu par une alimentation en air de refroidissement qui pénètre dans l'enceinte par l'entremise des gaines d'aéragé. l'intérieur du carter de la turbine est surveillé par les détecteurs FT-5 et 6, qui fonctionnent également à 232°C environ, et autour desquels la température ambiante est normalement maintenue bien au-dessous de 120°C par les éjecteurs du carter de la turbine qui amènent l'air de refroidissement extrait de l'espace entourant le carter par l'entremise d'orifices percés dans ce dernier.

- Les détecteurs FT-3 et FT-4 sont montés de part et d'autre de la machine, dans la région des chambres de combustion .ces détecteurs sont donc pré-réglés de manière à fonctionner à 315°C environ
- Le détecteur FT-7, qui fonctionne à 315°C environ, surveille le caisson d'échappement

### II.2.2.Moyens fixes et mobiles de sécurité : [2]

L'ensemble des stations de compression et le terminal arrivé sont protégées par les moyens de lutte anti-incendie fixes et mobiles.

#### II.2.2.1.Moyens fixes :

##### 1. Réseau eau incendie (station) :

⇒ Réserve d'eau : capacité **250 m<sup>3</sup>**

⇒ Pompière incendie :

- ◆ Électropompe : **120 m<sup>3</sup>/h - P. 12 bars**
- ◆ Motopompe : **120 m<sup>3</sup>/h - P. 12 bars**
- ◆ Pompe de maintien (Jockey) : **10 m<sup>3</sup>/h - P. 7 bars**

## CHAPITRE II DESCRIPTION D'INSTALLATION ET DISPOSITIFS DE PROTECTION

---

- ⇒ Canalisation enterrée de diamètre **6''** (en boucle)
- ⇒ Poteau d'eau incendie (nombre **8**)
- ⇒ Système de déluge avec diffuseurs à jet plat.

Chaque réseau est maintenu sous-pression (**8 bars min - 9 bars Maxi**) à l'aide de la pompe de pressurisation (Jockey).

En cas de chute de pression au-delà du seuil « Mini » (ex. déclenchement du système de déluge), la pompe principale (Électropompe) démarre automatiquement, la motopompe entre en action en cas de non démarrage de l'électropompe ou en cas de nécessité

⇒ L'arrêt des pompes (Électropompe et motopompe) s'effectue en manuel.

La réserve d'eau (Bac incendie) assure une autonomie de 02 heures avec l'utilisation d'une seule pompe.

### 2. Système détection Gaz (Stations) :

Système destiné à contrôler de façon continue une atmosphère susceptible de contenir du gaz.

Seuils de signalisation :

25% de **L.I.E** Alarme

40% de **L.I.E**. Provoque le système le déclenchement de l'installation (**ESD**)

\* arrêt d'urgence de la Station.

### 3. Système de détection incendie des turbocompresseurs

Déclenche l'arrêt d'urgence des Stations ESD

⇒ Déclenchement du system déluge

#### II.2.2.2.Moyens Mobiles : [2]

##### 1. Extincteurs :

Un nombre d'extincteurs portatifs et tractables de différents types (suivant la nature du risque) est répartie sur l'ensemble des installations de chaque Site.

##### 2. Véhicule anti-incendie :

Un véhicule anti-incendie à poudre (**1200 Kg**) assure l'intervention sur les installations.

### **III-GENERALITE SUR LES TURBOCOMPRESSEURS [7]**

Toutes les turbomachines qui sont les turbocompresseurs, les ventilateurs, les turbines; à vapeur; à gaz; hydrauliques; les pompes centrifuges; et axiales...etc., fonctionnent théoriquement d'après les mêmes principes, et obéissent en particulier à la loi de réversibilité. On peut donc imaginer qu'il soit possible d'utiliser la même méthode de calcul pour des machines de cette nature.

Mais en réalité l'existence de phénomènes physiques tels que la viscosité, la compressibilité des gaz, etc.... modifient les règles qui ne sont valables, que pour un fluide idéal ; et il est impossible de négliger ces éléments sous risque de lourdes erreurs (d'autre part, la réversibilité ne peut avoir lieu et qu'entre certaines limites surtout s'il s'agit de liquide). Pour chaque station un local TC est installé afin de protéger les turbocompresseurs des intempéries et il est équipé également par des dispositifs facilitant les travaux d'entretiens et de maintenances des équipements.

#### **• LES TURBOCOMPRESSEUR DE CC5 KENENDA[7]**

Au nombre de 4 pour GZ1 et 3 pour GZ2 et GZ3 .les groupes de compression gaz sont du type turbocompresseur. Le terme turbocompresseur signifie un compresseur (centrifuge en général) entraîné par une turbine (à gaz en général).

-Les turbines d'entraînement au CC5 Kenenda sont du type industriel série MS 5002, à arbre double et cycle simple, comprenant chacune :

- Un compresseur axial à 16 étages ;
- 12 chambres de combustion ;
- Une turbine HP entraînant le compresseur axial et les auxiliaires ;
- Une turbine BP entraînant la charge (le compresseur).

Les compresseurs :ces appareils se présentent comme une grosse capacité fermée avec deux brides extérieures l'une reliée à la tuyauterie d'aspiration et l'autre à la tuyauterie de refoulement, à l'intérieur de l'appareil se trouve un organe actif mobile (rotor avec une ou plusieurs roues) qui assure la compression du gaz de la pression d'aspiration à la pression de refoulement.

**III-1-DESCRIPTION GENERALE DU TURBINE A GAZ : [7]**

Le modèle Série 5002 à deux arbres, turbine à gaz à commande mécanique, est une machine qui est utilisée pour la commande d'un compresseur centrifuge de charge.

Attaché à l'entrée frontale de la base de la turbine à gaz, il y a un compartiment d'admission d'air et des conduites qui contiennent un système de filtration à aspiration autonettoyant, qui atténue la haute fréquence de bruit et aussi un séparateur d'air inerte, qui enlève les particules étrangères avant que l'air entre dans la turbine.

**III-1-1-Caractéristiques de turbine à gaz MS 5002**

Il est donc nécessaire de déterminer que les caractéristiques de la turbine à gaz MS5002, donnée dans le tableau ci-dessous :

Vitesse de la roue HP		5100 t/min
Vitesse de la roue BP		4650 t/min
Puissance de la turbine		1850 KW
Debit d'air		95.4 Kg /s
Debit d'échappement		96.2 Kg/s
Combustible		Gaz naturel
debit de combustible		93.2 Kg/min
Pouvoir calorifique du combustible		10600 Kcal/Kg
Compresseur d'air	Taux de compression	8.2
	Température de refoulement	329.4 °c
Température HP		927 °c
La perte de pression dans la chambre de combustion		0.4 Kg/cm <sup>2</sup>
Température d'échappement		491 °c

**Tableau-1-Caractéristiques de turbine à gaz MS 5002**

### **III-1-2-La turbine à gaz :**

#### **1. Définition :**

Une turbine à gaz, ou turbine à combustion, est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique (rotation d'un arbre) à partir de l'énergie contenue dans un hydrocarbure (fuel, gaz...).

#### **2. Principe de fonctionnement de la turbine à gaz :**

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

Les gaz chauds augmentent la vitesse du rotor compresseur / turbine à haute pression. Cela, à son tour, augmente la pression de refoulement de compresseur. Lors que la pression commence d'augmenter, le rotor de la turbine à basse pression commence à tourner et les deux rotors de turbine accélèrent à la vitesse de fonctionnement.

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



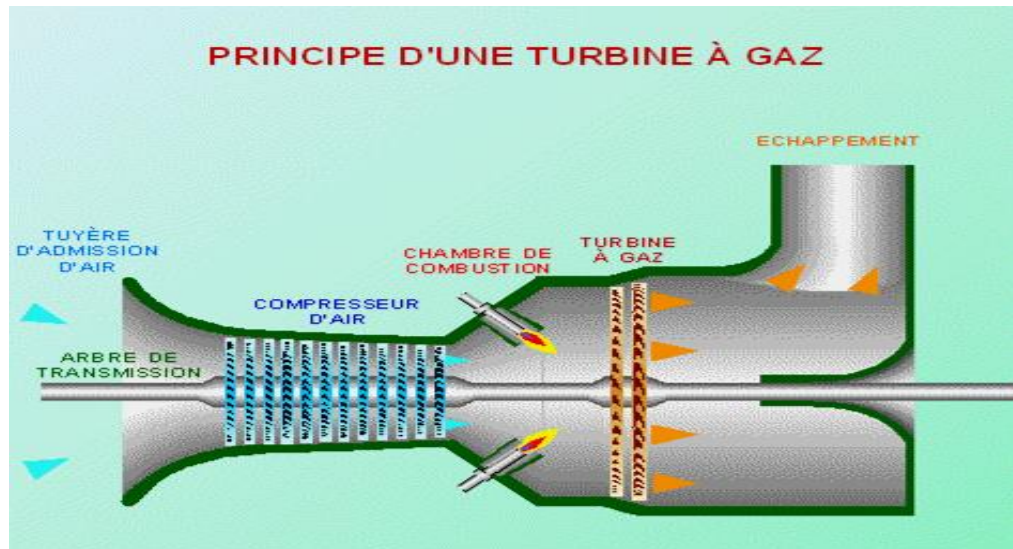


Figure .5. Schéma de fonctionnement d'une turbine à gaz

### III-1-3-composants de la turbine à gaz

#### 1. Partie auxiliaire :

La continuité et la qualité de fonctionnement de la turbine, sa durée de vie, dépendent fortement de l'état des organes de cette partie, de leur rapidité ainsi que leur temps de réponse. La partie auxiliaire se compose de :

#### 2. Système d'admission :

Le système d'admission d'une turbine à gaz a pour but de diriger l'air vers la section d'admission du compresseur axial (Fig.5), il doit assurer :

- Une bonne filtration de l'air pour le bon fonctionnement de la turbine.
- Un débit d'air admis régulier afin de produire la puissance voulue.

Le bouchage du filtre limite la quantité d'air admise (débit d'air), qui a pour conséquences une chute de puissance, et une augmentation de la consommation spécifique.

Le système d'admission comprend un filtre d'admission, une conduite, un silencieux, un coude, un caisson d'admission et accessoires. L'air entre dans le filtre, traverse la conduite, le silencieux, le coude et le caisson d'admission pour atteindre le compresseur.

Les filtres à air utilisés comportent des éléments filtrant d'une forme conique (en deux morceaux), ils sont autonettoyant, avec une grande efficacité (par rapport aux filtre classiques), et d'une durée de vie qui peut aller jusqu'à 3ans.

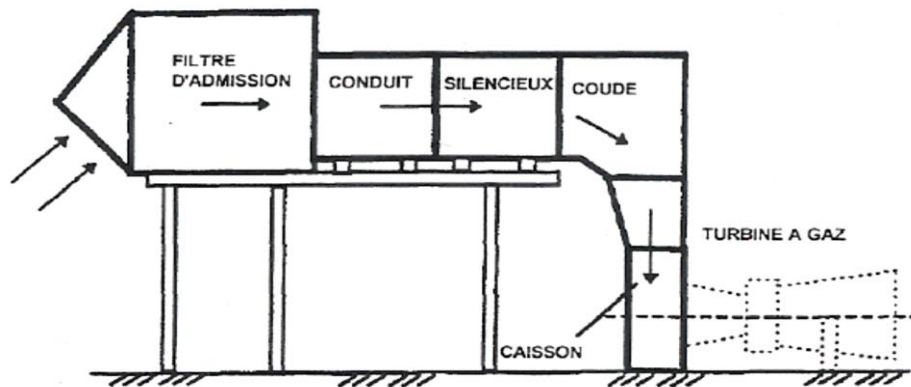


FIGURE .6.Système typique d'admission

### 3. Système de démarrage :

Le but principal du système de démarrage est d'accélérer la turbine jusqu'à la vitesse minimale d'autonomie. Le lancement dans la turbine MS5002, est assuré par une turbine dite de lancement.

Après le balayage, la flamme est ensuite enflammée, et le processus de démarrage commence l'accélération jusqu'à une vitesse de 60% de la vitesse nominale (3000tr/mn), le passage de 22% à 60% se fait dans environ 8mn. A la vitesse de 3000tr/mn, la turbine de lancement est découplée du compresseur axial et la turbine atteint la phase de son autonomie, où elle accélère jusqu'à sa vitesse nominale.

### 4. Système de l'huile de graissage :

L'objectif de ce système est d'alimenter avec l'huile les paliers, les auxiliaires intégrés (Réducteur, accouplements, les vérins hydraulique...etc.). Cette huile doit répondre aux exigences de propreté (filtration), de pression, et de température nécessaire aux différents organes où elle est envoyée.

### 5. Système d'alimentation par le combustible :

Le rôle de ce système est d'assurer l'alimentation des chambres de combustion par le combustible (le gaz naturel pour notre cas), avec la pression et le débit appropriés le long du cycle de fonctionnement de la turbine.

L'élément principal dans ce système est l'ensemble vanne de commande et arrêt/détente gaz situé dans la zone accessoire. Avec cette vanne se trouve aussi les serves vannes de commande, les manomètres et la tuyauterie de distribution aux injecteurs.

### 6. Système d'air de refroidissement et d'étanchéité :

Dans une turbine à gaz, certaines parties sont présentées à des contraintes thermiques très élevées leur refroidissement est indispensable, afin d'éviter leur détérioration. Pour cette raison, une partie de l'air frais soutirée du compresseur axial, ainsi qu'une deuxième partie aspirée de l'atmosphère sont envoyées pour le refroidissement des endroits critiques, et servir aussi à l'étanchéité (pressuriser les joints d'huile des paliers).

Les pièces refroidies sont :

- Les roues de la turbine du premier et deuxième étage ;
- La directrice du premier étage et deuxième étage ;
- Le carter du rotor de la turbine ;

Il faut ajouter, que l'optimisation des débits d'air refoulés à chaque partie est l'un des problèmes critiques affronté pendant les phases de conception et d'expérimentation d'un prototype.

En effet, un excédent d'air de refroidissement serait positif pour la durée de vie des pièces, mais négatif pour le rendement de la machine, et vice-versa. En plus, l'air de refroidissement soutiré du compresseur, ne va pas participer à la combustion, donc il va réduire le travail utile obtenu.

### 7. Dispositif d'anti-pompage :

Le fonctionnement à bas régime (faible débit), peut être la cause d'apparition du pompage. C'est un phénomène compliqué rencontré dans les compresseurs axiaux et centrifuges, il se caractérise par des oscillations importantes de débit (inversion soudaine de débit), qui se traduit par des forces alternées importantes sur les organes mécaniques, rotor, paliers, butées, ...etc. Ce phénomène est observé lors du démarrage dans le cas des turbines à gaz au niveau du compresseur axial. Il peut avoir comme conséquence de la rupture d'ailettes.

### 8. Système d'échappement :

Il a pour fonction, l'expulsion vers l'atmosphère des gaz provenant de la détente dans les roues de la turbine, il doit répondre à certaines exigences, parmi elles :

- Assurer un niveau de bruit minimal, en réduisant la turbulence des gaz sortant;
- Conformité avec les conditions de sécurité du personnel (bonne isolation thermique) ;
- voir un niveau de fiabilité et de disponibilité adéquat à ceux des éléments restants de la turbine (compresseur, chambre de combustion,...).

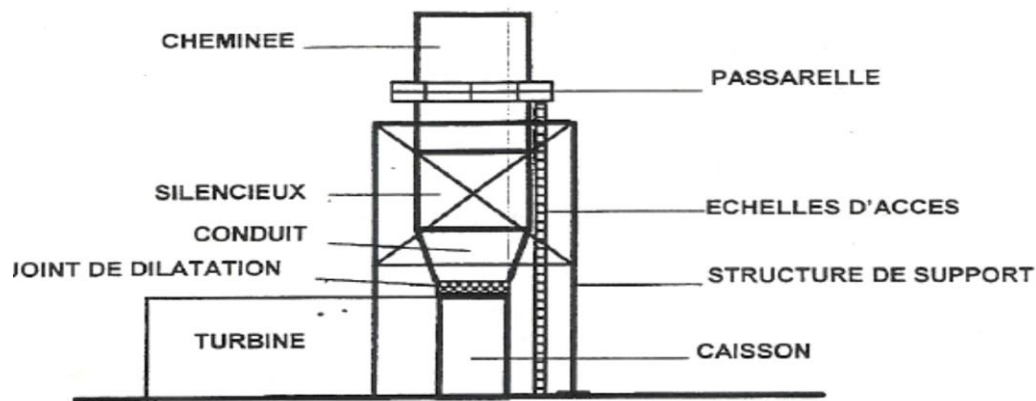


Figure .7.Principaux éléments du système d'échappement

### 9. Compresseur axial :

L'air pénètre à 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) et ainsi comprimé par étapes successives. L'aubage du rotor fournit l'énergie nécessaire à la compression de l'air dans chacun des étages et l'aubage fixe du stator le dirige de sorte à ce qu'il pénètre dans le prochain étage du rotor sous un certain angle. Les compresseurs d'air à écoulement axial ont un rendement et des taux de compression très élevés avec un nombre d'étages réduit. Le compresseur axial est composé des éléments suivants :

#### 9-1- Rotor du compresseur :

Le rotor du compresseur est un assemblage composé de 16 roues, d'un arbre fusé de boulons et de l'aubage (voir fig.7). Chaque roue comporte des rainures brochées dans lesquelles s'insèrent les aubes et son maintenues en place dans le sens axial par des entretoises, elles-mêmes bloquées à chaque extrémité des rainures.

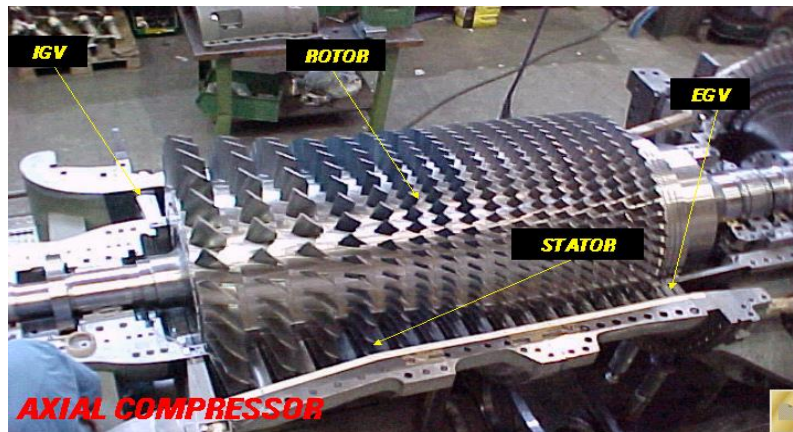


Figure .8. Carter du compresseur model 5002 et ensemble rotor de la turbine HP

### 9-2- Stator du compresseur :

Le stator de compresseur axial comprend trois sections principales :

#### A. Corps d'admission du compresseur :

Le corps d'admission a pour fonction de diriger l'air de manière uniforme dans le compresseur. Il abrite le palier N°.1 (voir fig.8) 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 et cela avec des débits d'air variables. Les IGV permettent à la turbine d'accélérer rapidement et en douceur sans pompage du compresseur évitant ainsi les pulsations qui sont dues à l'inversion du flux d'air à l'entrée du compresseur qui peuvent provoquer des détériorations de la turbine. Au démarrage les IGV sont complètement fermées ( $44^\circ$ ) pour un apport minimal d'air de purge, quant au système de soutirage du 10<sup>ème</sup> étage il est ouvert. Ensuite elles commencent à s'ouvrir (voir fig.7.) pour réguler le débit d'air selon les besoins de la turbine (à 95% de la vitesse du compresseur).

Si le système de contrôle des IGV est défectueux, l'air ne sera pas dirigé correctement vers l'entrée du compresseur ce qui peut entraîner le pompage et des vibrations au niveau de celui-ci.

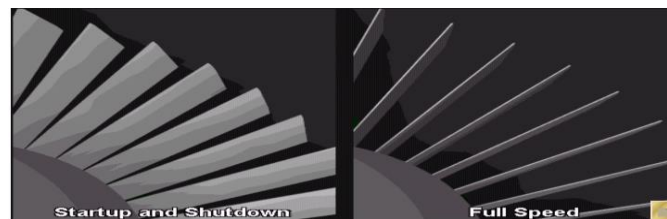


Figure. 9. Les IGV de corps d'admission Du compresseur axial.

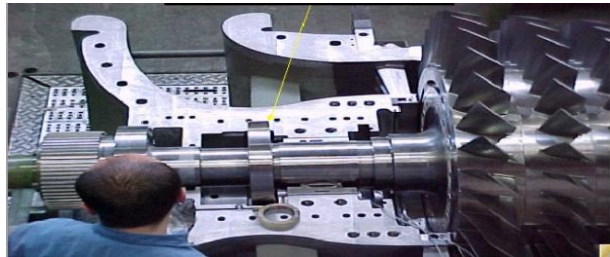
### B. Corps avant du compresseur :

Le corps avant du compresseur contient les dix premiers étages du stator du compresseur (numérotés de zéro à neuf). Le corps avant du compresseur est équipé de deux gros tourillons, fondus dans la masse, utilisés pour le levage de la turbine à gaz de son socle.

Les aubes du stator situées dans le corps avant du compresseur sont montées dans des segments demi-circulaires rainurés. L'ensemble aubes et segments du stator sont alors montés dans des rainures usinées dans la paroi du corps d'admission.

### C. Corps de refoulement du compresseur :

Le Corps de refoulement du compresseur constitue la partie finale du compresseur, c'est le corps le plus long. Il a pour fonction d'équilibrer les pompages du compresseur, de former les parois interne et externe du diffuseur, de replier le compresseur aux stators de la turbine et sert également de support à la tuyère de la turbine de première étage.



**Figure .10. Palier N° 1 de la turbine à gaz.**

Le corps de refoulement du compresseur contient les six derniers étages (de dix à quinze). Il abrite aussi le palier N°2. A la sortie du compresseur la vitesse de l'air est trop élevée pour une combustion optimale. Pour cela l'enveloppe inclut un diffuseur qui va diminuer progressivement la vitesse de l'air. Le diffuseur inclut des ailettes fixes EGV (Exit guide vanes) pour diriger le flux d'air vers les chambres de combustion.

### D. Aubages :

Les aubes du stator et rotor sont conçues suivant les théories de l'aérodynamisme (profils aérodynamiques) et disposées de sorte à avoir un taux de compression efficace. La vitesse de l'air est constante à travers le compresseur. Le taux de compression est le même d'étage à étage.

### 10-Section combustion :

La section combustion comporte les éléments suivants :



### a) Enveloppe de combustion :

L'enveloppe de combustion recouvre les chambres de combustion et les pièces de transition . Elle reçoit l'air à partir du compresseur axial et le transmet aux chambres de combustion.



Figure .11 . Enveloppe de combustion

### b) Chambres de combustion :

Les chambres de combustion sont au nombre de 12 elles sont du type à débit inversé (voir fig.10) et 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 injectés dans les chambres. L'autre partie pénètre par des trous au niveau des tubes à feu. Le mélange fuel air est allumé grâce à deux bougies du type à ressort auto rétractible et sont installées au niveau de deux chambres (N°1 et 12) de combustion. Les chambres de combustion sont aussi munies de regards qui permettent d'observer la flamme. L'allumage est nécessaire seulement au démarrage, la flamme est ensuite self-maintenue.

Les chambres de combustion sont généralement reliées par des tubes à feu croisés pour stabiliser et propager la flamme aux autres chambres de combustion. Les courants d'air rapides traversant le brûleur peuvent éteindre la flamme ; les brûleurs sont donc protégés par une enveloppe sous forme de cylindre perforé.

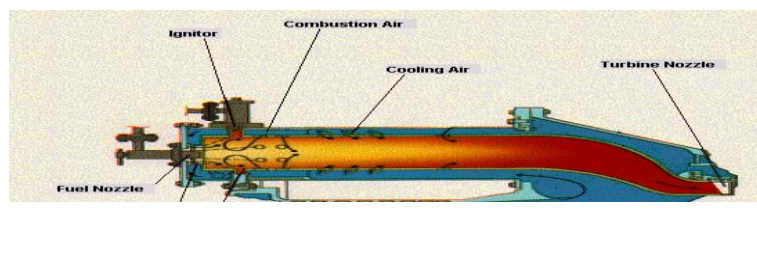


Figure .12.Chambre de combustion

### c) Brûleurs, bougies et détecteurs :

Le combustible est envoyé aux chambres de combustion par quantité mesurée à l'aide d'un injecteur. Celui-ci est monté sur le couvercle de la chambre et pénétrant dans la chemise.

La combustion du mélange de combustible et d'air est déclenchée par des bougies avec électrodes rétractiles. Deux bougies sont installées dans chacune des deux chambres de combustion (N°1 et N°12) et reçoivent l'énergie à partir des transformateurs d'allumage. Un système de capteur de flamme à ultraviolet est installé au niveau de deux chambres de combustion adjacentes. Chaque capteur contient un détecteur rempli de gaz. Ce gaz est sensible à la présence des radiations ultraviolettes émises par la flamme

### 12-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 :

#### a- Corps de turbine :

C'est l'élément structurel principal de la turbine car il contient tous les organes qui constituent la voie d'écoulement des gaz depuis les chambres de combustion à travers les roues jusqu'à l'échappement.

#### b- Roues de turbine :

La turbine comprend 2 roues :

- La roue de turbine HP qui entraîne le compresseur axial et qui est directement boulonnée sur le demi arbre arrière du rotor du compresseur de manière à former un rotor haute pression. Ce rotor HP est soutenu par deux paliers N°1 et N°2 (fig. 12) ;
- La roue de turbine BP qui entraîne la charge (compresseur centrifuge) et qui est directement boulonnée sur un arbre pour former le rotor de turbine basse pression. Ce rotor BP est soutenu par deux paliers N°3 et N°4 (voir fig. 11).

Les deux roues sont positionnées en ligne dans la turbine, mais sont mécaniquement indépendantes l'une de l'autre. Elles ont des aubes à queues longues coulées avec précision, et sont refroidies par l'air extrait du 10<sup>ème</sup> étage et par l'air de fuite d'étanchéité HP. Le volume de gaz augmente quand sa pression diminue en traversant la roue de turbine HP. Pour cela les pâles ou ailettes de la roue BP sont plus grandes que celles de la roue HP



## c- Paliers :



**Figure 13-Vue de l'ensemble du rotor du compresseur de la turbine**

La turbine à gaz possède 4 paliers portants principaux de type à patins oscillants qui supportent le rotor du compresseur axial et celui de la turbine ainsi qu'un palier de butée prévu pour supporter les charges de poussées engendrées sur les surfaces rétroques de la turbine à gaz .

### III-2-COMPRESSEUR CENTRIFUGE : [7]

Le but du compresseur est de convertir l'énergie mécanique en énergie de pression de gaz. On cherchera alors à réaliser l'équation :  $W = U \cdot F$

- (W) est le travail mécanique à convertir en énergie de pression de gaz ;
- (U) est la vitesse de translation de la paroi mobile ;
- (F) est la force appliquée par une paroi solide mobile sur le gaz ;

Dans le compresseur centrifuge, on aura besoin d'une aube pour exercer la force (F) sur l'écoulement du gaz. Cette aube doit être plus ou moins radiale afin de créer l'effet centrifuge. L'aube doit tourner autour d'un certain axe pour créer la vitesse de translation (U) du point d'application de la force (F) ; ça sera la vitesse tangentielle U.

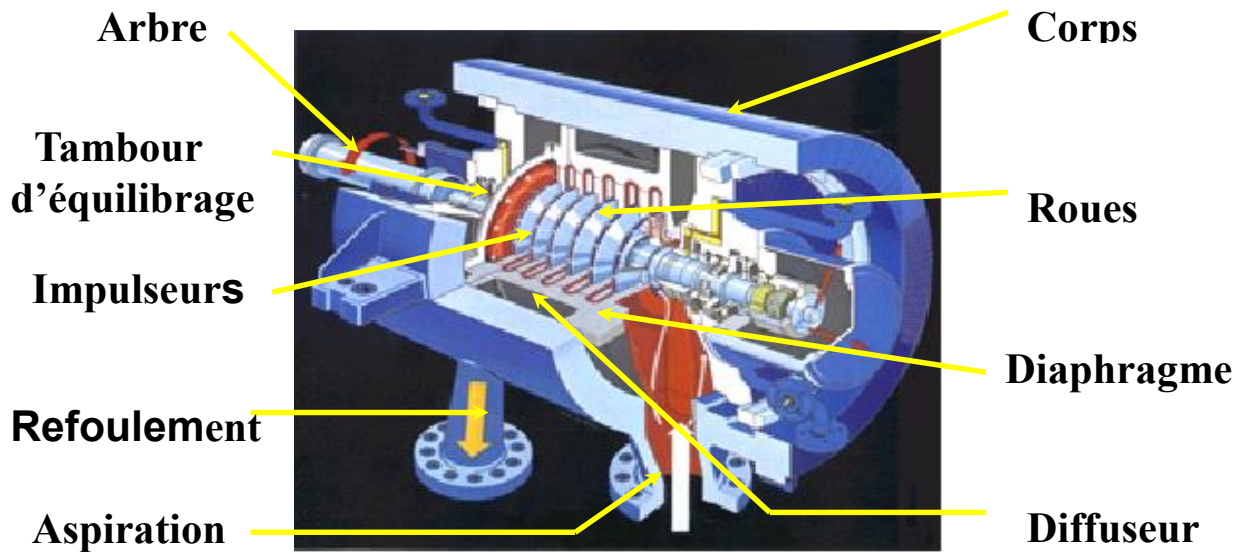


Figure.14.Vue de l'ensemble du compresseur centrifuge.

### 1. Principaux composants du compresseur centrifuge :

#### a. Corps :

Les enveloppes que sont obtenus par forgeage afin de rendre le matériau plus homogène et donc plus résistant aux pressions élevées auxquelles le compresseur doit travailler. On utilise un acier lié, ayant des caractéristiques très élevées.

Les bouches d'aspiration et de refoulement sont soudées au corps et normalement forgées du même matériau.

#### b. Diaphragme :

Ils sont divisés en quatre types : d'aspiration, intermédiaires, entre étages et de refoulement.

Le diaphragme d'aspiration a la tâche d'acheminer le gaz à l'entrée de la première roue.

Les diaphragmes intermédiaires ont la double tâche de former le diffuseur où a lieu la transformation d'énergie cinétique en énergie de pression ainsi que le canal de retour à diriger le gaz à l'entrée de la roue successive.

Le diaphragme de refoulement forme le diffuseur de la dernière roue et les diaphragmes entre étages séparent les refoulements des deux étages du compresseur à roues opposées.

#### c. Rotor :

La partie rotorique du compresseur est composée par l'arbre, les roues, le cylindre d'équilibrage, le collet de palier, le moyeu de l'accouplement d'entraînement, des manchons et des douilles intermédiaires.

### d. Etanchéités :

Les étanchéités sont situées aux deux extrémités de l'arbre, à la sortie de ce dernier du corps, ont le but d'éviter ou réduire au minimum la sortie du gaz comprimé ou l'entrée de l'air dans le compresseur. Cette étanchéité est assurée par un film d'huile.

### e. Paliers :

Les paliers sont du type à frottement et graissage forcé. Ils sont logés à l'extérieur et peuvent être inspectés sans éliminer la pression à l'intérieur du corps.

## III-3-LES BARRIERES DE SECURITE EXISTANTES DANS LES TURBOCOMPRESSEURS : [7]

Chaque compartiment équipé par différentes barrières :

### i. Le compartiment auxiliaire :

- Deux détecteurs UV/IR ;
- Deux détecteurs de température ;
- Moyens d'extinction automatique par CO<sub>2</sub> ;

### ii. Le compartiment turbine :

- deux détecteurs de fumée,
- Six détecteurs de température ;
- Moyens d'extinction automatique par CO<sub>2</sub> ;

### iii. Le compartiment compresseur :

- Deux détecteurs UV/IR ;
- Deux détecteurs de fumée ;
- Deux détecteurs de température ;
- Moyens d'extinction automatique par poudre ;

## III-4-SYSTEMES DE CONTROLE ET DE PROTECTION : [7]

### 1-Systèmes de contrôle

Les systèmes de contrôle de la turbine à gaz consistent en des ensembles ou dispositifs de composants montés sur la turbine à gaz, sur le tableau de contrôle électrique et les câbles d'interconnexions entre l'armoire de contrôle et la turbine à gaz, ces dispositifs effectuent un contrôle des différents paramètres (température, vitesse, pression,...), pour assurer le bon fonctionnement de la turbine à gaz.

### **-Système de contrôle du fuel :**

La fonction primaire du système de contrôle du fuel est de contrôler la vitesse de la turbine en charge, il comprend également :

- La fonction d'allumage.
- La fonction d'accélération.
- La fonction de contrôle limite du combustible.
- La fonction de contrôle de la température d'échappement.

### **-Système de contrôle de la directrice du premier étage :**

Afin de maintenir relativement constante la température d'échappement sous les différentes charges et suivant la température ambiante, l'angle des aubages orientables de la directrice du premier étage est ajusté automatiquement pour pouvoir contrôler la vitesse de la charge suivant le besoin.

### **-Système de contrôle de la température :**

Pour obtenir le meilleur rendement de la turbine à gaz il est souhaitable de travailler avec des températures du gaz à l'entrée de la section turbine aussi hautes que possible. Cependant, afin de travailler à l'intérieur des limites de résistance des pièces il ne faudra pas dépasser un maximum permis de température d'entrée et d'échappement. Ainsi, un système de contrôle de température est nécessaire pour contrôler la vitesse ou la charge dans le cas où la température d'admission ou d'échappement dépasse les limites prescrites.

### **2-Systèmes de protection :**

Le système de protection est constitué par un certain nombre de systèmes secondaires et primaires dont certains travaillent à chaque démarrage ou à chaque arrêt. Les autres systèmes et composants sont réservés pour des conditions de marche anormales ou des cas d'urgence demandant l'arrêt de la turbine à gaz.

### **-Système de protection de survitesse :**

Le système de protection de survitesse consiste en un système primaire et secondaire. Le système primaire est le système de protection électronique et le système de protection secondaire est le système mécanique, il comprend des masses de survitesse HP et BP. La masse de survitesse HP est assemblée dans l'arbre du réducteur des auxiliaires. La masse de survitesse BP est placée dans l'arbre de la turbine seconde étage.

### **-Système de protection de dépassement de température :**

Le système de protection de dépassement de température est l'un des systèmes de protection primaires de la turbine à gaz. Le système déclenche une alarme dès que la température dépasse la limite fixée.

### **-Système de protection et de détection des vibrations :**

Le système est constitué de plusieurs détecteurs de vibrations. Il agit pour mettre la turbine soit en alarme soit en déclenchement. Les capteurs ou détecteurs de vibrations sont répartis stratégiquement en différents points de la turbine.

### **-Système de protection et de détection de flamme :**

Le système sert pour les trois fonctions principales suivantes :

a)- Lorsque la vanne de régulation qui contrôle l'arrivée du combustible pour l'allumage est en fonctionnement et que les circuits d'allumage sont sous tension dans la séquence de démarrage, la vanne d'arrêt de combustible se déclenche si la flamme n'est pas détectée dans le temps réglé du temporisateur d'allumage (généralement 60 secondes). Et les circuits d'allumage ne sont plus sous tension. Cela permet d'éviter un excès de concentration de combustible dans la turbine et dans le système d'échappement pour éviter tout risque d'explosion dans les conduites.

b)- Lorsque la flamme est établie et détectée au moment de l'allumage dans la séquence de démarrage, la détection de la flamme est utilisée pour commander d'autres phases de la séquence de démarrage pour la montée en régime de la turbine.

c)- S'il y a une disparition de flamme après que l'allumage ait été établi, la totalité du débit de combustible à la turbine est immédiatement arrêté pour empêcher le combustible non brûlé de pénétrer dans l'échappement.

## IV. ANALYSE DES RISQUES

Tout système industriel est susceptible de générer des risques de nature variée. Gérer un risque est un processus itératif qui a pour objet d'identifier, d'analyser et de réduire au maximum le risque ou de le maintenir dans les limites acceptables. La gestion des risques est une des composantes fondamentales de la gestion d'un système. L'analyse de risques est une étape clé du processus de gestion des risques. Sa réalisation nécessite de mettre en œuvre une démarche structurée systématique.

### IV.1. DEFINITIONS :

Avant d'arriver au concept d'analyse des risques, il faut définir la notion de risque. [6]

#### IV.1.1. Risque :

Définition du «Risque » est donnée par Alain Villemeur : « Mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable et ses effets ou conséquences ».

#### IV.1.2. Facteur du risque :

Toutes conditions ou tous facteurs indiquant une augmentation du risque de développer une maladie ou d'entraîner un accident ou un décès ou des dommages matériels et financiers.

#### IV.1.3. Les caractéristiques d'un risque :

Fréquence (F) : mesure la probabilité d'occurrence de l'événement dommageable ;

Gravité (G) : mesure les conséquences du sinistre ;

Criticité (C) : indicateur de l'acuité du risque.

**CRITICITÉ = FREQUENCE × GRAVITÉ**

#### IV.1.4. Danger :

Propriété intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique de pouvoir provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement.

**IV.1.5.Situation dangereuse :**

Une situation dangereuse est une situation à risque dans laquelle le ou les facteurs de risque sont tels que la probabilité de survenu d'une lésion professionnelle, d'un dommage matériel ou d'un arrêt de production.

**IV.1.6.Dommage :**

Peut se définir comme une blessure physique ou bien une atteinte à la santé des personnes, cette définition ne se limite pas uniquement sur les dégâts sur la santé de l'être humain, mais elle englobe aussi l'atteinte aux biens ou à l'environnement.

**IV.1.7.Accident :**

Un événement non souhaité, engendrant la mort, un mauvais état de santé, une blessure ou autre perte sur le matériel.

**IV.1.8.Incident :**

Un incident est un événement non planifié causant des blessures, des dégâts matériels.

**IV.1.9.Evénement indésirable :**

Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions d'exploitation usuelles définies. Le sur remplissage ou un départ d'incendie à proximité d'un équipement dangereux peuvent être des évènements indésirables.

**IV.1.10. Evénement majeur :**

Exposition de cibles (personnes, environnement ou biens) aux effets d'un phénomène dangereux.

**IV.1.11.Sécurité du travail :**

La sécurité du travail se définit comme étant l'absence (relative) des risques d'accident.

**IV.1.12. Prévention & Protection :**

**1. Prévention :** C'est la diminution d'occurrence (ou de la fréquence) d'un événement non souhaité. La prévention est aussi appelée sécurité primaire dans certaines techniques du danger

**2. Protection :** C'est minimiser la gravité d'un l'événement non souhaité. La protection est aussi appelée sécurité secondaire dans certaines techniques du danger.

#### **IV.1.13. Analyse des risques : [6]**

L'analyse du risque est définie dans le Guide ISO/CEI 51:1999 comme « l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ».

L'analyse des risques vise tout d'abord à identifier les sources de dangers et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens.

Dans un second temps, l'analyse des risques permet de mettre en lumière les barrières de sécurité existante en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection).

Consécutivement à cette identification, il s'agit d'estimer les risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés au cours de l'analyse et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque à un niveau jugé acceptable.

Son estimation peut être effectuée de manière semi-quantitative à partir :

- D'un niveau de probabilité que le dommage survienne,
- D'un niveau de gravité de ce dommage.

Bien entendu, l'acceptation de ce risque est subordonnée à la définition préalable de critères d'acceptabilité du risque. Ainsi, la finesse dans l'estimation du risque dépend en partie de ces critères.

### **IV.2. DEMARCHE POUR L'ANALYSE DES RISQUES ASSOCIES A DES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES :**

#### **IV.2.1. Définition du système :**

L'analyse des risques est un travail qui peut s'avérer complexe et mobiliser des ressources importantes. Dès lors, il est indispensable d'identifier clairement le système à étudier et de déterminer sans ambiguïtés les limites de l'étude.

Il peut par exemple s'agir d'étudier les risques associés à une nouvelle installation devant être implantée, d'identifier les risques associés à la modification d'un procédé existant ou de passer en revue les risques à l'échelle d'un site industriel complet.

Cette définition permet notamment de limiter la description du système aux informations nécessaires et suffisantes au champ de l'étude. [9]



**IV.2.2. Définition des objectifs à atteindre :**

La définition des objectifs de l'analyse des risques est une étape essentielle qui permet notamment de définir les critères d'acceptabilité des risques.

Il peut par exemple être nécessaire de mener une analyse des risques dans l'un des buts particuliers suivants :

- Analyser les risques d'accidents de manière générale et les événements pouvant nuire à la bonne marche du procédé (pannes, incidents...),
- Analyser plus spécifiquement les risques aux postes de travail (Code du travail),
- Analyser les risques d'accidents majeurs (cas de l'étude des dangers).

Selon les objectifs poursuivis, la démarche et les outils utilisés pourront être significativement différents.

**IV.2.3. Recueil des informations indispensables à l'analyse des risques : [9]**

Le recueil des informations nécessaires à l'analyse des risques est probablement une des phases les plus longues du processus mais également une des plus importantes.

Avant de mettre en œuvre la démarche d'analyse des risques, il est généralement nécessaire de respecter les étapes suivantes :

- Description fonctionnelle et technique du système,
- Description de son environnement,
- Identification des potentiels de dangers internes et externes,
- Analyse des incidents/accidents passés.

**IV.2.3.1. Description fonctionnelle et technique du système :**

La description fonctionnelle vise notamment à collecter l'ensemble des informations indispensables pour mener l'analyse.

De manière très générale, il s'agit de traiter les points suivants :

- Identifier les fonctions du système étudié,
- Caractériser la structure du système,
- Définir les conditions de fonctionnement du système,
- Décrire les conditions d'exploitation du système. [9]

**IV.2.3.1.1. Fonctions du système :**

Des questions classiques du type « A quoi sert... ? » permettent d'identifier simplement les fonctions du système étudié. L'identification de ces fonctions permet de caractériser les défaillances possibles du système. En effet, la défaillance d'un système peut être définie comme la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise.

Notons ici que, selon le système étudié (unités de procès, stockages...),

Une défaillance du système (perte de la fonction) n'induit pas automatiquement la possibilité d'un accident majeur. En revanche, l'identification des fonctions globales du système s'avère utile pour décrire par la suite la structure du système et les fonctions de chacun de ces composants.

**IV.2.3.1.2. Structure du système :**

La définition de la structure du système vise à décrire les différents éléments qui le composent et plus précisément :

- Leurs fonctions, performances et gammes de fonctionnement,
- Leurs connexions et interactions,
- Leur localisation respective.

Dans le même temps, il faut lister les substances présentes ou susceptibles d'être présentes dans le système étudié. Cette partie sera complétée par l'identification des dangers .

Cette étape permet également de réunir les plans, schémas de principe, flow-sheets des installations et de s'assurer de leur mise à jour le cas échéant.

**IV.2.3.1.3. Conditions de fonctionnement du système :**

Cette description vise à caractériser les états de fonctionnement du système ainsi que de ses composants, soit les états suivants : arrêt, fonctionnement normal, démarrage après un arrêt court ou prolongé...

Il est ainsi primordial de décrire le mode de gestion de transition du système ou de ses composants depuis un état vers un autre. De façon générale, il faut identifier les procédures de conduite du système, les consignes spécifiques en cas d'incident,...

Cette étape doit également permettre de définir les conditions dans lesquelles se trouvent les substances mises en jeu pour ces différents états (phase, température, pression...).

**IV.2.3.1.4. Conditions d'exploitation :**

Les conditions d'exploitation regroupent les éléments qui concernent les conditions de surveillance du système (alarmes, inspections, vérification, tests périodiques) ainsi que les conditions d'intervention (maintenance préventive, corrective...).

En outre, il est important de disposer des consignes d'exploitation, c'est-à-dire les conditions à respecter pour exploiter le système.

**IV.2.3.2. Environnement du système :**

La description de l'environnement du système est importante à double titre :

- L'environnement peut être une source d'agressions pour le système,
- L'environnement constitue généralement une cible pouvant être affectée en cas d'accident.

**IV.2.3.2.1. Cibles présentes dans l'environnement :**

Afin d'apprécier la gravité d'un accident ou incident potentiel, il est indispensable de bien identifier les éléments de l'environnement qui pourraient être gravement affectés. En règle générale, il convient de repérer les cibles suivantes :

- les personnes (personnel du site concerné, populations habitant ou travaillant autour de sites industriels),
- Les installations et équipements pouvant être à l'origine d'accidents (équipements dangereux),
- Certains équipements indispensables pour maintenir le niveau de sécurité des installations (équipements de sécurité critiques comme une salle de contrôle, un réseau torche...),
- Les biens et les structures dans l'environnement des installations,
- L'environnement naturel (nappes phréatiques, cours d'eau, sols...),
- D'autres parties des installations, en fonction des objectifs particuliers de l'analyse des risques.

**IV.2.3.2.2. Sources d'agressions externes :**

Les sources d'agressions externes peuvent quant à elles être multiples. Il est difficile d'en donner un inventaire exhaustif ; néanmoins, voici quelques-unes des sources d'agressions qu'il convient généralement de repérer :

- **Les sources d'agressions sur le site étudié :**
  - Autres parties des installations,
  - Zones de circulation, de travaux...
  - Malveillance,
- **Les sources d'agressions naturelles :**
  - Conditions météorologiques extrêmes (gel, vent, neige, brouillard...),
  - Mouvements de terrain et séismes,
  - Foudre,
  - Inondations.
- **Les sources d'agressions liées à l'activité humaine autour du site étudié :**
  - Présence d'établissements industriels proches,
  - Transport de matières dangereuses sur des voies de communication proches,
  - Présence d'aéroports, aérodromes,
  - Malveillance,
  - Eléments exceptionnels (barrages...).

#### **IV.2.3.3. Identification des potentiels de dangers :**

##### **IV.2.3.3.1. Potentiels de dangers internes :**

La définition des potentiels de dangers internes doit être réalisée de la façon la plus exhaustive possible en étudiant entre autres :

- **Les dangers liés aux produits.** Il s'agit alors de qualifier les dangers (inflammabilité, toxicité...) présentés par les produits présents ou susceptibles d'être présents sur le site en quantité suffisante pour être à l'origine d'un accident majeur. Dans le cadre de cet examen, il est également indispensable d'étudier les incompatibilités entre produits.
- **Les conditions opératoires.** Il s'agit d'identifier les conditions opératoires pouvant présenter un danger intrinsèque ou augmenter la gravité d'un accident potentiel. Par exemple, il convient de repérer les installations fonctionnant à des pressions élevées ou encore les équipements intégrant des pièces tournant avec une énergie cinétique importante (compresseur par exemple).
- **Les réactions chimiques.** Pour les procédés mettant en jeu des réactions physico-chimiques, une classification des réactions permet de mettre en lumière les réactions présentant des risques d'emballement ou des réactions incontrôlées dangereuses. Il est alors important de spécifier les conditions (température, pression, mélange...) à partir de laquelle les réactions chimiques peuvent devenir dangereuses.

**IV.2.3.3.2.Potentiels de dangers externes :**

L'identification des potentiels de dangers externes doit permettre de caractériser les risques d'agressions externes sur le système.

Si parfois un examen rapide de ces potentiels de dangers externes apporte des éléments de réponse satisfaisants, dans d'autres cas, il est nécessaire de mettre en œuvre des outils spécifiques. Cela peut notamment être le cas pour :

- Les risques d'agressions sismiques,
- Les risques liés à la foudre,
- Les synergies d'accidents ou effets dominos.

Les outils permettant d'examiner ces risques ne sont pas traités dans ce document mais feront l'objet de documents spécifiques. Pour ce qui concerne les risques liés à la foudre, le lecteur pourra se reporter au rapport de l'INERIS « □-3 : Le risque foudre et les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ».

**IV.2.3.4.Analyse des incidents/accidents passés :**

L'analyse des accidents passés joue un rôle fondamental dans l'analyse des risques à de nombreux titres :

- Elle permet d'identifier a priori les incidents ou accidents susceptibles de se produire à partir :
  - Des accidents ou incidents s'étant déjà produits sur le site étudié,
  - Des accidents survenus sur des installations comparables à celles étudiées.
- Elle met en lumière les causes les plus fréquentes d'accident et donne des renseignements précieux concernant les performances de certaines barrières de sécurité.
- Elle constitue une base de travail pertinente pour l'analyse des risques en groupe de travail qui devra identifier a priori des scénarios d'accidents.

Cette analyse porte à la fois sur les incidents et accidents survenus sur les installations étudiées ou sur des installations similaires.

**IV.2.4.Définition de la démarche à mettre en œuvre : [9]**

La définition précise de la démarche d'analyse des risques à mettre en œuvre demande notamment de choisir le ou les outils les mieux adaptés, de définir le groupe de travail qui participera à la réflexion et, le cas échéant, de fixer des échelles de cotation des risques et une grille de criticité.

**IV.2.4.1.Choix des outils d'analyse des risques :**

Il existe un grand nombre d'outils dédiés à l'identification des dangers et des risques associés à un procédé ou une installation.

Quelques-uns des outils les plus fréquemment utilisés sont :

- L'Analyse Préliminaire des Risques (APR),
- L'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC),
- L'Analyse des risques sur schémas type HAZOP ou « What-if ? »,
- L'Analyse par arbre des défaillances,
- L'Analyse par arbre d'évènements,
- Le Nœud Papillon.

Ces outils pris individuellement ou combinés permettent le plus souvent de répondre aux objectifs d'une analyse des risques portant sur un procédé ou une installation.

Néanmoins, pour des problématiques particulières, il est nécessaire de faire appel à des méthodes possédant un domaine d'application spécifique. C'est le cas par exemple pour la prise en compte des effets dominos entre installations ou l'examen des erreurs humaines.

D'une manière générale, le choix de retenir un outil particulier d'analyse des risques s'effectue à partir de son domaine d'application et de ses caractéristiques.

Ici on va détailler l'Analyse des risques sur schémas de circulation des fluides (HAZOP) qui nous intéresse dans notre étude sur la turbine à gaz.

**IV.2.4.2.Constitution d'un groupe de travail :**

De manière générale, les outils d'analyse des risques sont destinés à être mis en œuvre dans le cadre de groupe de travail. Si leur utilisation par une personne seule n'est pas impossible, ils risquent néanmoins de perdre de leur pertinence. Leur intérêt réside en majeure partie dans la confrontation d'avis et de remarques de personnes ayant des expériences et des connaissances complémentaires. Cette richesse de points de vue permet généralement de tendre vers un examen le plus exhaustif possible des situations de dangers.

Au sein de l'équipe, il convient de distinguer les personnes assurant un rôle d'encadrement et d'orientation (animateur, secrétaire...) des autres membres du groupe de travail apportant une contribution uniquement technique. .

**IV.2.4.3. Evaluation semi quantitative des risques :**

Dans certains cas, une évaluation semi quantitative des risques doit être réalisée afin de hiérarchiser les risques identifiés et de les comparer à un niveau jugé acceptable par le groupe de travail.

Dans ces cas, il faut définir en amont de l'analyse des échelles de cotation des risques en terme de probabilité et de gravité ainsi qu'une grille de criticité explicitant les critères d'acceptabilité retenus par le groupe de travail.

Notons que cette évaluation semi quantitative est indispensable dans le cadre de l'analyse des risques d'accidents majeurs dans l'étude des dangers par exemple.

**IV.3. ANALYSE DES RISQUES PAR LA METHODE HAZOP :****IV.3.1. Historique et domaine d'application :**

La méthode HAZOP, pour Hasard Opérabilité, a été développée par la société Imperial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ».

Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'en identifier les causes et les conséquences, cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation.

De par sa nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas P&ID (Piping and Instrumentation Diagramme). [9]

**IV.3.2. Principe :**

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo-hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit...

L'HAZOP suit une procédure assez semblable à celle proposée par l'AMDE. L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur

l'installation à la différence de l'AMDE qui est centrée sur les composants.

Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (Conceptuelle) des dérives sont effectuées de manière systématique par la conjonction :

- De mots-clés comme par exemple « Pas de », « Plus de », « Moins de », « Trop de »
- Des paramètres associés au système étudié. Des paramètres couramment rencontrés concernent la température, la pression, le débit, la concentration, mais également le temps ou des opérations à effectuer.

<b>Mot-clé</b>	+	<b>Paramètre</b>	=	<b>Dérive</b>
----------------	---	------------------	---	---------------

Le groupe de travail doit ainsi s'attacher à déterminer les causes et les conséquences potentielles de chacune de ces dérives et à identifier les moyens existants de détecter

Cette dérive, d'en prévenir l'occurrence ou d'en limiter les effets. Le cas échéant,

Le groupe de travail pourra proposer des mesures correctives à engager en vue de tendre vers plus de sécurité.

A l'origine, l'HAZOP n'a pas été prévue pour procéder à une estimation de la probabilité d'occurrence des dérives ou de la gravité de leurs conséquences. Cet outil est donc parfois qualifié de qualitatif.

Néanmoins, dans le domaine des risques accidentels majeurs, une estimation a priori de la probabilité et de la gravité des conséquences des dérives identifiées s'avère souvent nécessaire. Dans ce contexte, l'HAZOP doit donc être complétée par une analyse de la criticité des risques sur les bases d'une technique quantitative simplifiée. Dans une première approche.

Cette adaptation semi-quantitative de l'HAZOP est d'ailleurs mentionnée dans la norme CEI :61882 « Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application ». [9]

### IV.3.3.Déroulement :

Le déroulement d'une étude HAZOP est sensiblement similaire à celui d'une AMDE. Il convient pour mener l'analyse de suivre les étapes suivantes :

- 1) Dans un premier temps, choisir une ligne ou de la maille. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifiée au cours de la description fonctionnelle.
- 2) Choisir un paramètre de fonctionnement,
- 3) Retenir un mot-clé et générer une dérive,



- 4) Vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point 5, sinon revenir au point 3,
- 5) Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive,
- 6) Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets,
- 7) Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations,
- 8) Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point 3),
- 9) Lorsque tous les mots-clés ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point 2),
- 10) Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point 1).

La démarche présentée ici est globalement cohérente avec la démarche présentée dans la norme CEI :61882 « Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application ». Notons de plus que, dans le domaine des risques accidentels, il est souvent nécessaire de procéder à une estimation de la criticité des dérives identifiées.

Enfin, comme le précise la norme CEI 61882, il est également possible de dérouler l'HAZOP, en envisageant en premier lieu un mot-clé puis de lui affecter systématiquement les paramètres identifiés.

**Tableau 2 Exemple de tableau pour l'HAZOP [9]**

Date :								
Ligne ou équipement :								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Mot Clé	Paramètre	Causes	Conséquences	Détection	Sécurités existantes	Propositions d'améliorations	Observations

**IV.3.3.1. Définition des mots-clés (colonne 2) :**

Les mots-clés, accolés aux paramètres importants pour le procédé, permettent de générer de manière systématique les dérives à considérer. La norme CEI : 61882 propose des exemples de mots-clés dont l'usage est particulièrement courant. [9]

**Tableau 3 Exemples de mots-clés pour l'HAZOP (norme CEI : 61882) [9]**

Type de déviation	Mot-Guide	Exemples d'interprétation
Négative	NE PAS FAIRE	Aucune partie de l'intention n'est remplie
Modification quantitative	PLUS	Augmentation quantitative
	MOINS	Diminution quantitative
Modification qualitative	EN PLUS DE	Présence d'impuretés Exécution simultanée d'une autre opération/étape
	PARTIE DE	Une partie seulement de l'intention est réalisée
Substitution	INVERSE	S'applique à l'inversion de l'écoulement dans les canalisations ou à l'inversion des réactions chimiques
	AUTRE QUE	Un résultat différent de l'intention originale est obtenu
Temps	PLUS TOT	Un événement se produit avant l'heure prévue
	PLUS TARD	Un événement se produit après l'heure prévue
Ordre séquence	AVANT	Un événement se produit trop tôt dans une séquence
	APRES	Un événement se produit trop tard dans une séquence

**IV.3.3.2. Définition des paramètres (colonne 3) :**

Les paramètres auxquels sont accolés les mots-clés dépendent bien sûr du système considéré. Généralement, l'ensemble des paramètres pouvant avoir une incidence sur la sécurité de l'installation doit être sélectionné. De manière fréquente, les paramètres sur lesquels porte l'analyse sont :

- La température,
- La pression,
- Le débit,
- Le niveau,
- La concentration,
- Le temps,
- Des opérations à réaliser...

La combinaison de ces paramètres avec les mots clé précédemment définis permet donc de générer des dérives de ces paramètres.

Par exemple :

- « Plus de » et « Température » = « Température trop haute »,
- « Moins de » et « Pression » = « Pression trop basse »,
- « Inverse » et « Débit » = « Retour de produit »,
- « Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide ». [9]

**IV.3.3.3. Causes et conséquences de la dérive (colonnes 4 et 5) :**

De la même façon que pour une AMDE, le groupe de travail, une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive.

En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe.

Afin de faciliter cette identification, il est utile de se référer à des listes guides. [9]

**IV.3.3.4. Moyens de détection, sécurités existantes et propositions (colonnes 6, 7 et 8) :**

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets.

Si les mesures mises en place paraissent insuffisantes au regard du risque encouru, le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier à ces problèmes ou du moins définir des actions à engager pour améliorer la sécurité quant à ces points précis. [9]

**IV.3.4.Limites et avantages :**

L'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les thermo-hydrauliques. Cette méthode présente tout comme l'AMDE un caractère systématique et méthodique. Considérant, de plus, simplement les dérives de paramètres de fonctionnement du système, elle évite entre autres de considérer, à l'instar de l'AMDE, tous les modes de défaillances possibles pour chacun des composants du système.

En revanche, l'HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances.

Par ailleurs, il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. En effet, les systèmes étudiés sont souvent composés de parties interconnectées si bien qu'une dérive survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou à l'inverse des causes dans une maille voisine et inversement. Bien entendu, il est possible a priori de reporter les implications d'une dérive d'une partie à une autre du système. Toutefois, cette tâche peut rapidement s'avérer complexe. [9]

**Conclusion :**

La réalisation d'une analyse des risques permet de connaître les risques associés à l'implantation d'une installation industrielle ou lors de son fonctionnement. La connaissance des conséquences des risques sur la population, les biens et l'environnement contribue à une meilleure maîtrise de ceux-ci. Finalement l'objectif de l'analyse est de rendre les risques hors de la zone des risques inacceptables grâce à des barrières de sécurité mise en place.

## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2

---

### VI : LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2

Pour protéger la turbine contre un éventuel incendie, ont été installés deux groupes de bouteilles contenant l'agent éteignant.

Les deux groupes bouteilles sont installés sur un skid.

Le skid est placé en dehors des bâtiments qui contiennent les turbines protégées.

Pour détecter en temps utile n'importe quelle amorce d'incendie et pour commander automatiquement la décharge des bouteilles de CO2 ont été installées deux détecteurs de gaz.

#### VI.1.GENERALITES ET CARACTERISTIQUES DU CO2 : [4]

##### 1. Caractéristique physico-chimique :

L'anhydrique carbonique est une substance composée par carbone et oxygène ayant formule chimique CO2.

A pression atmosphérique et température ambiante c'est un gaz incolore, avec odeur légèrement acre, n'est corrosif ni toxique, n'endommage pas les matériels protégés, ne laisse aucun résidu et possède des caractéristiques diélectriques élevées.

Selon la température et la pression auxquelles le CO2 est soumis, il peut exister en phase solide, liquide ou gazeuse. Les trois phases peuvent exister en même temps à la température de  $-56.6\text{C}^0$  et à la pression de  $5.1\text{ kgf/cm}^2$  (point triple).

L'anhydride carbonique a la température inférieure à celle du point triple, sublime, c'est-à-dire passe de la phase solide à la phase gazeuse directement.

A température ambiante et en tous cas inférieure à  $31\text{C}^0$ , le CO2 existe en phase liquide et gazeuse, au-dessus de la température critique le produit existe seulement en phase gazeuse

##### Caractéristique de l'anhydride carbonique :

-Formule chimique	CO2
-Poids moléculaire	44
-point triple	$-56.6\text{C}^0, 5.1\text{Kgf/cm}^2$
-Température critique	$+31.35\text{C}^0$
-Chaleur de sublimation	$-78.4\text{C}^0, 136.89\text{Kgf/cm}^2$
-Poids spécifique en phase gazeuse à $0\text{C}^0$ et à pression atmosphérique	$1.977\text{Kg/m}^3$

## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2

---

### **2. Action extinctrice :**

Le CO2 éteint par étouffement du feu du diluant le pourcentage d'oxygène présent dans l'air et par refroidissement provoqué par l'expansion rapide du gaz.

### **3. Danger au personnel :**

La présence du personnel à l'intérieur de locaux où le CO2 a été déchargé est dangereuse

Une concentration de 3.5 de produit dans le local provoque des difficultés respiratoires aux gens, même si le CO2 n'est pas toxique.

A une concentration supérieure à 9 % le CO2 provoque la perte de connaissance dans un très court délai d'exposition.

A une concentration d'environ 20 % la mort peut avoir lieu au bout de 20 à 30 min d'exposition sauf si la victime est portée au plein air et soumise à la réanimation artificielle rapidement .

La concentration normale employée pour l'extinction, le CO2 est mortelle, pendant la décharge du CO2, la visibilité à l'intérieur du local est réduite.

Après la décharge, le local devra être aéré avant d'entrer de nouveau dans le local.

### **4. Normes de sécurité :**

On devra prendre des mesures adéquates pour sauvegarder le personnel afin de qu'il ne reste pas à l'intérieur du local pendant la décharge de CO2.

Après les décharges, avant d'entrer de nouveau dans le local, il faut s'assurer d'une façon inéquivoque que le local ait été parfaitement aéré.

On conseille de tenir à disposition des appareils de sauvetage pour le personnel, tels que masques, appareils respiratoires.

### **5. Panneaux indicateurs :**

Dans les locaux protégés à CO2 il faudra installer des panneaux indicateurs invitant le personnel de quitter immédiatement la zone en cas de fuite de CO2.

### **6. Mise à la terre :**

Le groupe bouteilles ainsi que le réseau de tuyauterie du système devront être dûment mis à la terre.

## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2

---

### VI.2. DESCRIPTION DES COMPOSANTS : [4]

Normalement le CO2 est contenu dans des batteries de bouteilles en acier d'où sortent les tuyauteries qui canalisent le produit vers les buses de distribution dument disposées dans les locaux à protéger .la commande du système peut être automatique , manuelle/automatique, manuelle.la commande automatique c'est couplée à divers système de détection incendie (détecteur de flamme ,détecteur de gaz).

- Une installation fixe se compose :
  - une batterie de bouteilles de CO2.
  - Un système de déclenchement de l'ouverture des bouteilles.
  - De tuyauterie de distribution de CO2.
  - De buse d'émissions du CO2.

#### 1) Batteries bouteilles :

Le CO2 est contenu dans des bouteilles en acier spéciale qui sont réunis en deux groupes de bouteilles, l'un principale, l'autre de réserve.

Les bouteilles sont fabriquées en acier spécial conformément aux normes pour gaz comprimés.

Les deux groupes sont installés dans un skid placé à l'extérieur du bâtiment de recompression dans lequel se trouve le turbocompresseur à protéger.

Chaque groupe de bouteille contient 15 bouteilles.

Sur chaque bouteille a été installée une vanne à flux rapide qui vient actionner au moyen des commandes à main et à pression.

Le groupe de bouteilles est prédisposé avec deux bouteilles pilotes, l'actionnement desquelles fait ouvrir les vannes du groupe bouteilles, le gaz des deux bouteilles est en tout cas utilisé pour la décharge, le décharge des bouteilles pilotes est actionnée automatiquement par des commandes électriques à leur tours actionnés par le system de détection (détecteur de gaz et de flamme) ou manuellement par le poigné placé sur la centrale de commande, entre la commande électrique et la vanne de flux rapide il y'a un interconnecteur.

Sur les vannes des autres bouteilles sont installés des commandes à main et a pression actionnées par les interconnecteurs et les collecteurs de commande, par la pression du CO2 qui sort par les bouteilles pilotes.

#### 2) Command électrique :

Il est utilisé pour commander l'ouverture des vannes à flux rapide ou des vannes d'interception directionnelles.

## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO<sub>2</sub>

---

La commande électrique est garni d'un solénoïde qui quand et mis en tension attire le noyau qui libère le mécanisme déclic de commande.

La commande peut être excitée manuellement en agissant sur le poussoir de commande sur le cadre ou automatiquement sur signalisation des détecteurs d'incendie

En absence de tension c'est possible déterminer l'intervention du commande aussi manuellement en agissant sur le levier placé sur le même ou en tirant la poignée de commande à distance.

Après l'intervention, exécutés les opérations de retour à zéro sur le cadre, la commande peut être rétablie en tournant, au mayen d'un tourne vis d'environ 90<sup>0</sup> dans le sens des aiguilles d'une montre.

### 3). Interconnecteurs :

Cette disposition s'applique entre commande placés sur les bouteilles et les vannes à flux rapide.

Il permet au gaz carbonique de dérouler à travers le collecteur de commande du collecteur de récolte aux commandes à main et a pression des autres bouteilles de la batterie.

Ses autres fonctions sont :

a)Retransmit la commande d'ouverture de la commande au-dessus de la vanne a flux rapide.

b) Si une bouteille pilote se n'ouvre pas à cause de manque de fonctionnement du commande, l'interconnecteur introduit le gaz en pression dans la vanne a flux rapide de la bouteille qui se n'est pas ouverte en provoquant l'ouvrage.

### 4). Soupirlail :

Le soupirlail dans une batterie de bouteille d'un système fixe à gaz carbonique, sert à laisser décharger à l'extérieur l'éventuelle perte de CO<sub>2</sub> à l'intérieur des cols d'oie, des commandes à main et à pression et des collecteurs de commande.

Le trou centrale du soupirlail, vers la bouteille, tenu constamment fermé par une sphère et par un légère ressort fait sortir la surpression qui peut être due à une éventuelle perte ,mais il se ferme quand la batterie de bouteille se décharge.

Le soupirlail est construit en laiton et placé sur la dernière commande à main et pression bouteilles, à la partie contraire du dernier collecteur de commande.

### 5). Vanne de non-retour en collecteur :

Le gaz carbonique qui se décharge par les vannes à flux rapide se réunit dans le collecteur par des cols d'oie flexible et les derniers sont vissés aux vannes de non-retour fixées sur le tuyau collecteur.



## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO<sub>2</sub>

---

A chaque vanne de flux rapide correspond une vanne de non-retour.

Sur le nipple Q1/2 qui est soudé sur le tuyau collecteur, est vissé le corps de la vanne de non-retour en laiton qui contient une sphère d'acier et un élément transversal en laiton qui contient une sphère puisse être poussé vers le tuyau et le boucher.

En cette façon on évite l'introduction du CO<sub>2</sub> par le collecteur dans une éventuelle bouteille vide de la batterie ou la sortie du gaz carbonique de la vanne de non-retour ou par le col d'oie, quand une ou plusieurs bouteilles fuissent levés par les connexions de la batterie.

### 6). Vannes a flux rapide avec manomètres :

Il s'agit d'une vanne à décharge servocommande, construite en laiton avec tenue essai à 250Atm.

Elle incorpore un manomètre qui fournit une indication permanente de l'état de charge de la bouteille.

Sur la partie supérieure de la vanne est vissé la commande d'ouverture (manuel, à pression, pneumatique ou électrique) qui avec l'interconnexion agit sur le déclit de commande de la vanne à flux rapide qui s'ouvre en utilisant, à travers un jeu de pistons intérieurs, la même pression du gaz contenu dans la bouteille.

### 7). Système de distribution :

Le système de distribution est réalisé avec la tuyauterie en acier galvanisé qui alimente les 16 buses de décharges installées autour des compresseurs, le diamètre de cette tuyauterie est de 3. Ces tuyauteries sont normalement vides, elles partent des bouteilles et aboutissent aux buses d'émission du CO<sub>2</sub> déposées aux endroits à protéger.

Le diamètre de cette tuyauterie doit être calculé pour une compte tenu des pertes de charge, la pression du CO<sub>2</sub> soit toujours supérieure à 5.1Kg/cm<sup>2</sup> (point triple) et éviter ainsi des phénomènes de formation de neige carbonique qui pour que ne jamais atteindre une pression inférieure à 5.5 Kg/cm<sup>2</sup>.

Il faut également éviter tout accident de tuyauterie qui aurait pour effet de créer des possibilités de détente locale, donc de formation de neige carbonique.

La distribution de produit est prévue pour la saturation totale de l'ambiance.

### 8). Interrupteur a pression :

L'interrupteur à pression est utilisé, en générale, pour fournir la détection de décharge du système anti-incendie.

## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2

---

Si le système est protégé des risques différents, en général est utilisé un interrupteur a pression pour chaque ligne d'intervention afin d'avoir une détection sélectionnée.

L'interrupteur a pression est garni d'une fiche de blocage qui rendre stable la position des connexions après le fonctionnement.

Après l'intervention de système cependant le rétablissement de le même, sert a rééquiper l'interrupteur a pression, en tirant le poussoir de réarmement.

### 9). poigne de commande en boîte en verre écrasable :

Cette poigne est employée pour commander à distance la décharge du système.

Elle est assemblé au moyen d'un câble d'acier protégé par un tuyau, a les commandes électriques des bouteilles pilotes ; à chaque changement de direction a été installé une poulie de revoi.

En générale la distance entre la poigné et le commande qu'elle doit actionner ne surmonte pas 20 à 25 mètres.

La poigné est construite pour application extérieur, elle peut être installée aussi à enchâssure ; elle est protégé contre les violations par un couvercle en verre qui doit être casse après le fonctionnement, a ce fin la poigne est garnie d'un marteau réunie a la boîte par une chaînette.

### 10). Buses d'émissions du CO2 :

Elles sont de nombre de 16 buses, et elles sont montées autour du turbine.

La forme de ces buses est conique pour réaliser de façon à produire le plus possible de neige carbonique , et réservées à la protection localisée des risques non enfermés (par exemple ,une turbine dans une grande bâtiment de compression).

## **VI.3. SYSTEM DE DETECTION : [4]**

Pour signaler en temps utile n'importe quel début d'incendie et pour commander automatiquement la décharge de groupe bouteille on a prévu un système de détection qui se compose de 2 détecteurs de gaz et de détecteurs de flamme :

### **1) Détecteur de gaz infrarouge ponctuel :**

#### a-Principe physique :

L'absorption d'une radiation électromagnétique par une molécule de gaz peut prévenir non seulement de l'excitation d'un électron mais aussi de variation des énergies vibrationnelles (vibrations relatives des atomes de chaque liaison chimique).

## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2

---

L'absorption des rayonnements visibles, ultraviolet, infrarouge et X produit des variations de l'énergie électronique des molécules. L'absorption des rayonnements infrarouges provoque des modifications des états des molécules.

La loi de Lambert Beer exprime, en effet, que la fraction ( $I/I_0$ ) de intensité du rayonnement absorbé dans une cellule contenant ce gaz varie exponentiellement avec la longueur ( $l$ ) de la cuve, la concentration  $C$  du gaz dans le mélange et le coefficient d'absorbance  $a$ , soit :

$$\text{Log}(I/I_0) = a.l.c.$$

Une application non justifiée de cette loi peut conduire à des erreurs importantes :

- Le coefficient d'absorption ( $a$ ) varie avec la largeur de bande utilisé.
- Une modification de la température du gaz analysé produit un déplacement des bandes d'absorption.
- La loi ne tient pas compte de l'influence des gaz non absorbants présent dans le mélange.

La détection est basée sur la mesure de l'absorption des rayons infrarouge à travers un volume de gaz en utilisant la méthode du rayon double, le détecteur mesure l'intensité des deux rayons sur deux longueurs différentes. La concentration des gaz est établie par la comparaison des deux valeurs mesurées.

Chaque détecteur de gaz est raccordé au panneau local d'alarme incendie avec une interface 'RS-485' fournit toutes les informations relative à l'état des détecteurs de gaz telles que :

- Les alarmes.
- Le mal fonctionnement du détecteur
- La configuration et la programmation.
- Le blocage en cas de mal fonctionnement.
- L'analyse des évènements survenus.

b) Les avantages de ce type de détection sont :

- Meilleur sensibilité.
- Simplicité.
- Fiabilité.
- Mois d'entretien.

### 2) Détecteur de flamme :

Les détecteurs de flamme sont de type UV/IR et dotés d'un microprocesseur monobloc basé sur une réponse simultanée des deux unités pour actionner l'alarme de procédé.

Il détecte les rayons ultraviolets et infrarouge UV/IR et reconnaît aussi les fausses alarmes.

Le détecteur contient un phototube, qui répond aux radiations UV dans le seuil 185-260 nanomètres, et un détecteur infrarouge qui répond aussi à un changement intense d'une radiation infrarouge de 4,35 micromètre. C'est seulement quand les deux signaux sont simultanément actifs qu'une alarme est signalée. Il supporte un champ de 120 degrés de vision (horizontale et vertical) avec une distance de détection allant jusqu'à 15 mètres.

Chaque détecteur est raccordé au panneau local d'alarme incendie à l'aide d'une interface RS485 muni d'un protocole de type MODBUS.RTU.

Le réseau RS485 fournit toutes les informations concernant l'état des détecteurs de gaz dont :

- Les alarmes.
- Le mal fonctionnement du détecteur.
- La programmation.
- Le blocage en cas de mal fonctionnement.
- L'analyse des événements survenus

### IV.4. SYSTEME DE DECLENCHEMENT : [4]

Les composants de base autour desquels tous les systèmes de déclenchement sont construits se trouvent sur la soupape de cylindre contrôlée pneumatiquement.

Les formes variées de déclenchement pouvant être divisées en deux groupes principaux :

- 1) Déclenchement manuel.
- 2) Déclenchement automatique.

#### 1) Déclenchement manuel :

Le déclenchement manuel est disponible sous trois formes soit mécanique, électrique et pneumatique.

Le déclenchement manuel est obtenu en installant le déclencheur mécanique/pneumatique à un cylindre de la batterie de cylindres. Les autres cylindres sont alors équipés d'un déclencheur pneumatique avec boyau flexible à haute pression de 1/4 " raccordé en chaque cylindre.

## **CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2**

---

Le déclencheur mécanique peut être opéré directement ou via un raccordement électrique à un poste de déclenchement.

En tirant sur la poignée de déclenchement, la pression de contrôle est portée du premier cylindre vers les autres cylindres, déclenchement ainsi tout le système simultanément.

Le déclenchement électrique est effectué à l'aide d'un déclencheur monté sur le cylindre maître, ce déclencheur est équipé d'une cartouche à usage unique ne requérant qu'un courant de 1 ampère pour opérer ou encore via un déclencheur solénoïde réutilisable.

### **2) Déclenchement automatique :**

Le déclenchement automatique s'effectue via un panneau de contrôle et détecteurs d'incendie électrique. Le panneau de contrôle fournit le signal permettant le déclenchement électrique du système d'extinction dans le risque protégé.

### **VI.5. FONCTIONNEMENT DU SYSTEME CO2 : [4]**

-La séquence du système de fonctionnement commencera par l'intervention d'un ou plusieurs détecteurs de gaz ou de flamme placés autour de la turbine qui causeront une alarme incendie (acoustique et visuel) dans le tableau de commande en salle de contrôle.

-Telle signalisation sera transmise aux lampes de préalarme.

-A ce point-ci avec un délai réglable de 3 à 60 secondes un signal est envoyé aux commandes électriques placés sur les bouteilles pilotes, commencera donc la séquence de décharge rapide. Au même temps dont est émis le signal de préalarme on aura la séquence d'arrêt de toutes les unités placées dans le bâtiment de turbine.

### **VI.6.METHODES DE CALCULS : [4]**

Dans les applications industrielles, il existe deux méthodes principales de calcul. Ces méthodes connues sous les termes méthodes par immersion totale et méthodes par application locale.

Une des différences d'application de ces méthodes se situe dans le temps de décharge minimale exigée. En effet le standard NFPA 12 exige un temps de décharge minimal de 30 secondes pour les applications locales, ou une application rapide de l'agent est souhaitée et de 1 minute pour les immersions totales.

En plus, il existe aussi deux façons différentes de calculer les applications locales. Dépendamment de la configuration du risque, ces systèmes peuvent être calculés soit par

## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2

---

la méthode dite du taux de volume (rate of volume) pour des risques tridimensionnels, soit par la méthode dite du taux de surface (rate of area) pour les surfaces planes.

De façon générale, dans immersion locales, la méthode de calcul par taux de volume est plus efficace que celle par taux de surface mais tous dépend de la configuration du risque à maîtriser.

### **Méthode du taux par volume :**

Cette méthode est utilisée lorsque le risque à protéger est de forme irrégulière.

Dans cette méthode, le temps de décharge complet du système est fixé à 30sec (le même cas pour la protection anti-incendie de turbine à protéger, si pourquoi on utilise cette méthode pour le calcul.

### **Données de projet :**

1) Volume de turbine à protéger (volume assumé) :

$$V = L * H * I (m^3)$$
$$V = 5,7 * 3,6 * 2,9 = 60 (m^3)$$

2) type d'application = application locale.

3) type d'application = taux par volume.

4) standard appliqué = NFPA 12 :

- Duré de décharge = 30 secs.

- Taux de décharge recommandé = 16 kg / min/ m<sup>3</sup>.

5) la charge des bouteilles = 45,35 kg.

6) le code d'orifice est 3,5.

## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2

---

### VI.7.LE CALCUL :

1-Le calcul de quantité nécessaire pour obtenir l'extinction :

La quantité de CO2 nécessaire = taux de décharge x volume assumé x durée de décharge.

$$q'_n = TD \times V \times DE$$

$$q'_n = 16 \frac{kg}{M^3} \times 60M^3 \times 30sec \times 1 min/60sec.$$

$$q'_n = 480 \text{ kg de } CO_2$$

Lorsque est la turbine situé dans un endroit non fermable, il faut compenser les pertes de CO2 qui auraient un effet sur la concentration finale selon l'article 2-211 du NFPA 12. (donc le facteur de compensation vapeur est 1,4).

La quantité de CO2 requise :

$$q'_n = TD \times V \times DE \times 1,4$$

$$q'_n = 480 \times 1,4 = 672 \text{ kg de } CO_2$$

$$q'_n = 672 \text{ kg de } CO_2$$

2-calcul du nombre de bouteilles (N) :

$$N = \frac{\text{la quantité du } CO_2 \text{ à stockée}}{\text{la charge du bouteille}}$$

$$N = \frac{672 \text{ kg}}{45,35 \text{ kg}} = 14,81 \cong 15 \text{ bouteilles}$$

Le nombre de bouteilles nécessaire pour le stockage est =15

3-calcul de nombre de buses :

a) Calcul de débit total de CO2

$$Q = \frac{\text{la quantité du } CO_2 \text{ installée}}{\text{durée de décharge du bouteille}}$$

$$Q = \frac{q'}{t} = \frac{672}{30} = 1344 \text{ kg/min}$$

$$Q = 1344 \text{ kg/min}$$

## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO<sub>2</sub>

---

b) Les buses utilisés dans l'installation sont des buses à 4 trous dont le diamètre de chaque trou est de 2,78 mm donc la section de chaque trou est 6,07 mm<sup>2</sup>.

La section de la buse est de 6,07 x 24,28 mm<sup>2</sup>.

c) Calcul de la section d'orifice équivalent des diffuseurs :

Selon la norme NFPA (article 12), pour des pressions supérieures à 750 Psia,

Il n'y a pas de changement dans les paramètres de décharges (débit des orifices),

C'est pour quoi on prend le débit des orifices pour des pressions supérieures à 750 Psia

Le tableau 1.9.5.3 (NFPA 12) indique la quantité pratique de CO<sub>2</sub> débitée par le diffuseur à une pression 750 Psia (51,7 bars), soit 3,258 kg/min/mm<sup>2</sup>.

Donc pour une pression de 2500 Psia on considère qu'on a la même valeur

qui 3,258 kg/min/mm<sup>2</sup>.

D'où la section d'orifice équivalent des diffuseurs

$$S = \frac{1344 \text{ kg/min}}{3,258 \text{ kg/min/mm}^2} = 412,5 \text{ mm}^2$$

Donc le nombre des buses :

$$n = \frac{412,5}{24,28} = 16,989 ,$$

Le nombre des buses = 17

### INTERPRETATION DU RESULTAT :

Dans le cas réel le nombre des buses est de 16.

La différence à une buse près peut être expliquée par l'approximation du traitement des

P > 750 de la même manière que si P = 750 Psia.



## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2

---

**Tableau .4. 1.9.5.3**

Pression (psia)	Débit des orifices (Kg/min/mm <sup>2</sup> )
325	0.760
350	0.830
375	0.908
400	0.985
425	1.063
450	1.140
475	1.224
500	1.309
525	1.397
550	1.488
575	1.590
600	1.706
625	1.840
650	1.995
675	2.174
700	2.403
725	2.706
750	3.258

## CHAPITRE VI LUTTE CONTRE L'INCENDIE-INSTALLATION FIXE A CO2

---

### VI.8.LES ANOMALIES ET LES INCONVENIENTS DE CETTE

#### INSTALLATION A CO2 : [4]

- D'après les données théoriques fournies dans la documentation de ces bouteilles, leur taux de remplissage est de l'ordre de 68.cette situation peut engendrer des décharges accidentelles en été.
  - La protection contre le soleil et les vents de sable des bouteilles de CO2 placées à l'extérieur est insuffisant, à certains moments dans la journée, elles sont exposées directement au soleil pour une période non négligeable.
  - La non disponibilité du système de contre poids pour chaque bouteille afin de connaitre le poids sur le site.
  - La difficulté de recharge des bouteilles en cas de décharge parce qu'ils sont mal montées.
  - Le CO2 est stocké dans des conditions dangereuses (la pression de stockage est 176 Bar).
  - Cette installation peut être soumise à des décharges accidentelles ce qui se fait une perte très importante de CO2.
  - Généralement le CO2 est utilisé pour protéger des endroits fermés est considère comme non valable du point de vue efficacité et économie pour les endroits non fermés.
  - La non disponibilité de la station de commande a azote pour la commande manuelle de système.
- \*Dans cette installation il prend en considération le combustible est l'huile qui demande pour l'extinction de ce type de combustible (huile) 34 % de CO2 selon NFPT 12 par contre le gaz est plus souvent dans la turbine par des fuites par exemple et pour l'extinction de ce type de combustible (gaz) il faut 37% de CO2 selon la même norme (NFPA 12).
- Par conséquence si on a un incendie causé par une fuite de gaz on ne peut pas obtenir l'extinction avec 34 % de CO2.
- \*Dans cette installation on a 672 Kg de CO2 dans la batterie principale et 672 Kg dans la batterie réserve .Par conséquence 1 Kg de CO2 coute 31 dinars ce qui fait un cout totale de 41.664,00 DA.
- Pour éviter tous les inconvénients de cette installation à CO2 à haute pression avec une application locale. On propose un autre système d'extinction à poudre.

## CONCLUSION GENERALE

---

### CONCLUSION GENERALE :

L'application de la méthode HAZOP sur le système permis d'identifier quelques déviations, ses causes et conséquences sur le turbocompresseur, l'homme et l'environnement.

L'objectif global de mon travail ici c'est l'analyse des risques liée au fonctionnement du système (turbocompresseur), j'ai utilisé la méthode HAZOP, que je jugé très efficace est applicable aux installations industrielles comme le centre de compression du gaz et l'application de la méthode exige un groupe d'analyse cohérent et compréhensible ainsi que l'analyse prend un temps important.

Pour l'extinction.

Même si on réussirait l'extinction, il pourrait substituer un danger d'inflammation (déflagration) en cas ou parallèlement l'écoulement du produit n'a pas été maîtrisé

Cette notion essentielle ne doit jamais être oubliée

La lutte contre les feux de gaz conduit pratiquement aux dispositions suivantes :

- Eviter l'échauffement des appareils sous pression à gaz à fin d'empêcher une rupture dont les conséquences serait graves.
- Arrêter l'écoulement accidentel et si cela est impossible réfléchir aux conséquences de l'extinction.

En tout cas, supprimer les sources auxiliaires de combustion même très éloignées.

Toutes les décisions prises doivent être inspirées par un solide bon sens et une large connaissance des problèmes pétroliers.

Les feux de gaz sont souvent si graves que les seules mesures réellement efficaces sont celle de la prévention, les ignorer ou les négliger serait se rendre gravement coupable

En fin on peut dire que la sécurité et la prévention de l'incendie forment en réalité un tout, en effet, la sécurité du matériel est l'un des objets de la prévention contre l'incendie. Aussi, n'est-il pas surprenant de voir que dans les industries ou les notions de sécurité sont très étudiés, les pertes par l'incendie sont relativement réduites. Justement les industries de transport de gaz obligées de prendre des mesures pour la protection du matériel sont parmi celles qui ont les meilleurs résultats du point de vue sécurité du personnel.

## Bibliographie

1. Manuel d'exploitation de procédé
2. PII plan interne d'intervention-CC5 Kenanda
3. Manuel de formation DNV Energy version 7
4. Document système feu et gaz CC5 Kenanda
5. Fichier de présentation du champ de CC5 Kenanda, 2000
- 6 .INERIS : "Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle", Direction des risques accidentels, mai 2003 ;
7. Fichier du Centre De Formation Hassi R'mel : «Turbo compresseur »
8. Rapport DNV Application HAZOP Sur une TG dans CC5.
9. BUREAU d'assurance du canada : "Introduction à la gestion du risque" ,2009
10. [www.ineris.com](http://www.ineris.com).