



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : **Électromécanique**

Spécialité : *Maintenance industrielle*

Par : Abdelhak Allaaeddine et Belbachir Abderrezak Ali

Thème

**ETUDE DE LA MAINTENANCE SUR LA TURBINE A
GAZ MS5002B (L'AMDEC)**

Soutenu publiquement le : 21/06/2018

Devant le jury :

S. Benouna	M.A.	Univ. Ghardaïa	Président
F. Akermi	M.A	Univ. Ghardaïa	Examineur
M. Zitani	M.A	Univ. Ghardaïa	Examineur
Mouats Sofiane	M.A	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2017/2018

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Dieu, notre créateur, qui nous a donné la force et la persévérance pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

Aussi, nous tenons à remercier infiniment :

- *Nos chers parents pour leurs soutiens au long de nos études.*
- *Mr. Mouats Sofiane notre encadreur qui nous a accordé son soutien, son aide indéfectible et surtout sa patience et sa gentillesse.*

Nos remerciements vont aussi à :

- *Ramdhan qui nous a aidé beaucoup pour effectuer le stage pratique.*
- *Tous nos amis de stage qui nous ont donné la force et l'ambiance du travail collectif.*
- *Ainsi que l'ensemble du personnel de la Direction de Oued Noumer, en particulier, l'équipe de maintenance et l'équipe d'exploitation : Mohammed, Tfiéch,*

On a l'honneur et le plaisir de remercier également : Bou taïba, Djouher, Chus, Slímane.

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Les niveaux de gravité et leur définition.</i>	26
<i>Tableau 2 : Les niveaux de fréquence et leur définition.</i>	27
<i>Tableau 3 : Les niveaux de non détectabilité et leur définition.</i>	27
<i>Tableau 4 : Les niveaux de la criticité et leur définition.</i>	28
<i>Tableau 5 : Caractéristiques de la turbine MS5002b.</i>	34
<i>Tableau 6 : Inspections typiques de système de combustion.</i>	50
<i>Tableau 7 : Inspections typiques de la veine des gaz chauds.</i>	51
<i>Tableau 8 : Inspections typiques de révision générale.</i>	53
<i>Tableau 9 : modes de contrôle des paramètres importants.</i>	54
<i>Tableau 10 : : Sous-système 1 : Compresseur axial.</i>	59
<i>Tableau 11 : Sous-système 2 : Section combustion.</i>	60
<i>Tableau 12 : Sous-système 3 : Section turbine.</i>	61
<i>Tableau 13 : Sous-système 4 : Groupe de virage.</i>	62
<i>Tableau 14 : Grille de cotation « Fréquence »</i>	63
<i>Tableau 15 : Grille de cotation « Gravité »</i>	63
<i>Tableau 16 : Grille de cotation « Détection »</i>	64
<i>Tableau 17 : Sous-système 1 : Compresseur axial.</i>	65
<i>Tableau 18 : Sous-système 2 : Section combustion.</i>	65
<i>Tableau 19 : Sous-système 3 : Section turbine.</i>	66
<i>Tableau 20 : Sous-système 4 : Groupe de virage.</i>	67
<i>Tableau 21 : Analyse PARETO</i>	68
<i>Tableau 22 : Les 3 catégories de criticité.</i>	70

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la direction de Oued Noumer.	1
Figure 2 : Direction d'Oued-Noumer.	3
Figure 3 : Les types de maintenance.	14
Figure 4 : Exemple de découpage d'un système.	24
Figure 5 : La turbine a gaz type MS5002B.	31
Figure 6: Différentes sections d'une turbine a gaz	33
Figure 7 : Filtre de type conventionnel.	35
Figure 8 : Filtre de type Autonettoyant.	36
Figure 9 : Compresseur axial.	36
Figure 10 : Rotor du compresseur.	37
Figure 11 : Inlet Guide Vanes (IGV).	38
Figure 12 : Différentes positions des IGV - état d'arrêt et vitesse maximal.	38
Figure 13 : : Le corps de refoulement du compresseur.	39
Figure 14 : Pièce de transition.	41
Figure 15 : Bougie et détecteur de flamme.	41
Figure 16 : : Tuyère 1ère étage.	43
Figure 17 : Tuyère 2ème étage et mécanisme de variation.	43
Figure 18 : Roues de la turbine.	44
Figure 19 : Le palier de la turbine.	45
Figure 20 : L'échappement de la turbine.	46
Figure 21 : Les auxiliaires de la turbine.	47
Figure 22 : Les composants de la turbine à gaz.	56
Figure 23 : Décomposition fonctionnelle du système.	57
Figure 24 : Décomposition structurelle de la turbine à gaz type (MS5002B).	58
Figure 25 : diagramme de Pareto pour la criticité.	69

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Signification
ONR	Oued noumer.
GPL	Gaz de pétrole liquéfié.
HP	Haut pression.
MP	Moyenne pression.
BP	Bas pression.
MTBF	Moyenne de temps de bon fonctionnement.
MTTR	Moyenne de temps de réparation.
MUT	Moyenne temps entre défaillances.
R(t)	Fonction de fiabilité.
f(t)	Densité de probabilité.
F(t)	Fonction de défaillance.
TBF	Temps de bon fonctionnement.
AMDEC	Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité.
DP	Pression différentielle.
IGV	Aubage directeur d'admission.
CI	Combustion inspection.
TBC	Revêtement de Protection Thermique.
HPGI	Hot gas path inspection.
MI	Major inspection.

TABLE DES MATIERES

❖	Introduction générale	X
I.	Présentation de l'entreprise et leur domaine d'activité	1
I.1	Introduction	1
I.2	Généralité :	1
I.2.1	Situation géographique :	1
I.2.2	Gisements :	2
I.2.3	Date de début de construction :	2
I.2.4	Date de démarrage :	2
I.2.5	Département maintenance	3
I.2.6	Données techniques :	4
I.3	Description général des installations :	4
I.3.1	Unité de traitement de brut et de gaz :	4
I.3.2	Unité 30 (unité de compression) :	6
I.3.3	Unité d'extraction du GPL :	7
I.3.4	Unité de séparation d'Ait Kheir :	9
II.	Généralité sur la maintenance et définition de L'AMDEC	14
II.1	Introduction :	14
II.2	Définition de la maintenance :	14
II.3	Types de maintenance :	14
II.3.1	Maintenance corrective :	14
II.3.2	La maintenance palliative :	15
II.3.3	La maintenance curative :	15
II.3.4	Maintenance préventive :	15
II.3.4.1	Maintenance préventive systématique :	15
II.3.4.2	Maintenance préventive conditionnelle	15
II.3.4.3	Maintenance préventive prévisionnelle :	16
II.4	La fiabilité :	16
II.4.1	Analyse de la fiabilité à partir de la loi exponentielle :	16
II.4.2	Le principe de la distribution exponentielle :	16
II.4.3	Analyse de la fiabilité à partir de la loi Weibull :	17
II.4.4	Analyse de la fiabilité à partir de la méthode ABC-loi de PARETO :	17
II.4.4.1	Définition :	17
II.4.4.2	But de la méthode ABC :	18
II.4.4.3	Présentation de la loi de PARETO :	18
II.4.5	Analyse de la fiabilité à partir de la méthode AMDEC :	18
II.5	Présentation de la méthode AMDEC :	18
II.5.1	Définition :	18
II.5.2	Historique et domaine d'application :	19
II.5.3	Objectifs de l'AMDEC :	19
II.5.4	Les types de l'AMDEC :	19

II.5.4.1	AMDEC machine :	19
II.5.4.2	AMDEC produit :	20
II.5.4.3	AMDEC processus :	20
II.5.4.4	AMDEC organisation :	20
II.5.4.5	AMDEC service :	20
II.5.4.6	AMDEC sécurité :	20
II.5.5	Avantages et inconvénients de l'AMDEC :	20
II.5.5.1	Avantages de la méthode AMDEC :	20
II.5.5.2	Inconvénients de la méthode AMDEC :	20
II.5.6	Les aspects de la méthode AMDEC :	21
II.5.6.1	L'aspect qualitatif :	21
II.5.6.2	L'aspect quantitatif :	21
II.5.7	AMDEC machine (en détail) :	21
II.5.7.1	Définition :	21
II.5.7.2	Les intérêts :	22
II.5.7.3	Cas d'application :	22
II.5.7.4	AMDEC prévisionnelle :	22
II.5.7.5	AMDEC opérationnelle :	23
II.5.8	Les démarches pratiques de l'AMDEC machine :	23
II.5.8.1	Initialisation :	23
II.5.8.2	Analyse fonctionnelle :	23
II.5.8.3	Analyse des défaillances :	24
II.5.8.4	Evaluation de la criticité :	26
II.5.8.5	Calcul de la criticité ($C = G * F * D$) :	27
II.5.8.6	Synthèse :	28
II.5.8.7	Hierarchisation des défaillances :	28
II.5.8.8	Les actions :	28
II.6	Conclusion :	29
III.	Etude descriptive de turbine a gaz (MS5002B).....	31
III.1	Introduction :	31
III.2	Définition :	31
III.3	Pourquoi on utilise les turbines à gaz ?	32
III.4	Description et composantes de la turbine à gaz :	32
III.4.1	Caractéristiques de la turbine à gaz MS5002B :	34
III.4.2	La section d'aspiration :	34
•	Type conventionnel	35
III.4.3	Le compresseur axial :	36
III.4.4	Le rotor du compresseur :	37
III.4.5	Le stator du compresseur :	37
III.4.5.1	Le corps d'admission :	37
III.4.5.2	Le corps avant compresseur :	38
III.4.5.3	Le corps de refoulement :	39
III.4.6	La section de combustion :	39
III.4.6.1	L'enveloppe de combustion :	40

III.4.6.2	Les chambres de combustion :	40
III.4.6.3	Pièces de transition :	40
III.4.6.4	Brûleurs, bougies et détecteurs :	41
III.4.7	La section turbine :	41
III.4.7.1	Le corps de la turbine :	42
III.4.7.2	Tuyère 1ère étage :	42
III.4.7.3	Tuyère 2ème étage :	43
III.4.7.4	Roues de turbine :	43
III.4.8	La section d'échappement :	45
III.4.8.1	Le plenum (Cadre d'échappement) :	45
III.4.8.2	Le caisson d'échappement :	45
III.4.9	Les auxiliaires de la turbine :	46
III.5	Principe de fonctionnement :	48
III.6	Conclusion :	48
IV.	Maintenance appliquée sur les turbines à gaz (MS5002B) :	50
IV.1	La maintenance systématique (les inspections à l'arrêt) :	50
IV.1.1	Une inspection du système combustion (CI) : chaque 8000h de fonctionnement :	50
IV.1.2	Inspections de chemin des gaz chauds (HPGI) : chaque 16000h de fonctionnement :	51
IV.1.3	Révision générale (MI) :	52
IV.2	La maintenance conditionnelle (inspection en fonctionnement) :	53
IV.3	Conclusion :	54
V.	Application de l'AMDEC sur la turbine à gaz (MS5002B) :	56
V.1	Constitution de la presse :	56
V.2	Application de la démarche AMDEC :	56
V.2.1	Initialisation	56
V.2.2	Décomposition fonctionnelle :	57
V.2.3	Décomposition structurelle :	58
V.2.4	Analyse AMDEC :	63
V.2.5	Application de l'analyse PARETO :	67
V.2.5.1	Diagramme PARETO :	69
V.2.6	Interprétation des résultats de l'analyse :	69
V.2.7	Actions d'amélioration :	70
V.2.7.1	Recommandations :	70
❖	Conclusion générale	71
❖	Références bibliographiques	73

INTRODUCTION GENERALE

❖ Introduction générale :

Depuis quelques années, les entreprises industrielles sont confrontées à des variations de marché très rapides et à une concurrence très vive. Pour résister, rester compétitives et garder leurs clients, ces derniers sont obligés à s'adapter aux exigences de leurs donneurs d'ordre. Pour cela ils doivent assurer l'amélioration de la production qualitativement et quantitativement en assurant la sûreté de fonctionnement des dispositifs de fabrication, alors les concepteurs de maintenance pensent toujours à construire des systèmes fiables de très hautes performances, en cherchant des solutions techniques afin d'augmenter la disponibilité et la fiabilité des équipements de production.

L'objectif ambitieux étant la recherche des zéros : zéro défaut, zéro panne, zéro stock, zéro délai.

Récemment, le service maintenance, il a dû se réorganiser en fonction des objectifs de la production pour fiabiliser le fonctionnement des équipements et augmenter la productivité. Il n'est plus considéré comme un centre de coûts mais bien comme un centre de profits, il est devenu un des fournisseurs du service production.

Avec la mise en place du juste à temps, de la qualité globale et compte tenu des coûts très élevés des machines modernes, les pertes de production ont des répercussions économiques souvent importantes. L'amélioration de la disponibilité de l'outil de production dévient donc une priorité de l'entreprise et en particulier du service maintenance.

Pour réaliser cet objectif le service maintenance de l'entreprise Sonatrach (Oued Noumer) a mis en place un plan de maintenance préventive systématique et conditionnelle ainsi que des indicateurs de performance tel que le taux de disponibilité des machines et le taux de respect de la maintenance préventive.

Ainsi pour satisfaire à ses objectifs, nous allons mettre en place une méthode d'analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticité (AMDEC) de la turbine à gaz, qui est un équipement indispensable pour la production afin d'améliorer leur disponibilité et réduire au maximum les pannes.

Afin de bien mener le travail, nous nous sommes fixés un plan de travail élaboré en cinq chapitres :

- ❖ Le premier chapitre nous présentons l'entreprise et son domaine d'activité ;

- ❖ Le deuxième chapitre nous abordons des généralités sur la maintenance et la sûreté de fonctionnement et AMDEC en particulier ;
- ❖ Le troisième chapitre on donne des généralités et une étude descriptive sur la turbine à gaz type (MS5002B) pour notre étude ;
- ❖ Le quatrième chapitre est dédié a la maintenance et les méthodes d'inspection appliquée sur la turbine à gaz type (MS5002B) ;
- ❖ Le cinquième chapitre est consacré à l'évaluation de la sûreté de fonctionnement et l'application de la méthode (AMDEC) et la proposition des recommandations pour réduire la criticité.

CHAPITRE I :

Présentation de l'entreprise et leur domaine d'activité

I. Présentation de l'entreprise et leur domaine d'activité

I.1 Introduction

L'Algérie est au centre de certains enjeux internationaux, l'énergie et de concurrents bien connus sur la scène internationale.

Le pétrole et le gaz Algériens suscitent commentaires et analyses des experts et agences internationales.

Hassi R'mel est une région à un gisement de plus de 3500 Km² ; 70 Km du nord au sud et 50 km de l'est à l'ouest, à une altitude de 720 m environ.

Le gisement de Hassi R'mel contient du gaz naturel, riche en condensât (91g/m³) et en GPL (37g/m³). Les principaux champs sont : Hassi R'mel, Djebel Bissa, Oued Noumer, Ait Kheir, et Makouda.

Le champ OUED NOUMER est l'un des champs les plus importants en Algérie, depuis sa découverte, ce champ a connu un important développement afin d'exploiter le maximum de ce gisement et optimiser le rendement en produit finis :

Pétrole, brut, GPL, condensât et gaz sec.

I.2 Généralité :

I.2.1 Situation géographique :

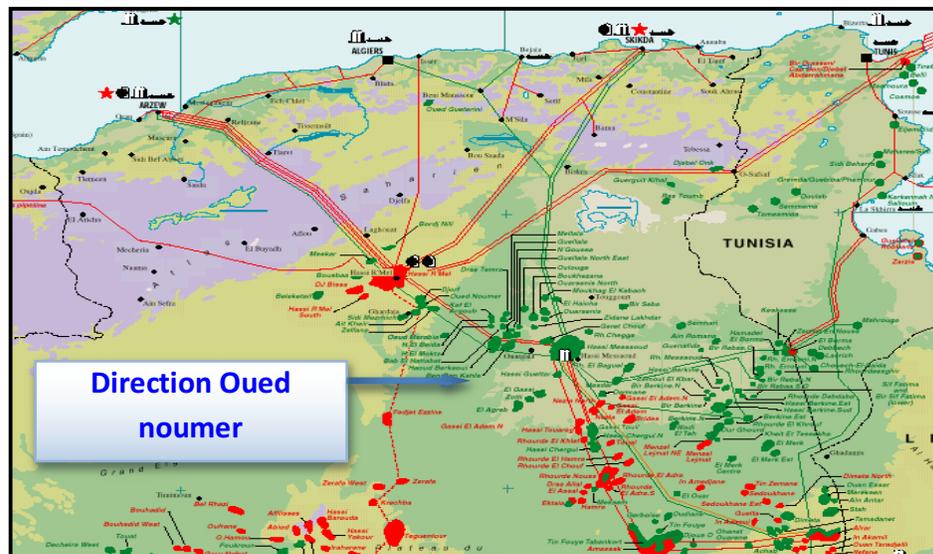


Figure 1 : Situation géographique de la direction de Oued Noumer.

Le site d'OUED NOUMER est situé à 685km au sud d'Algérie, à 220km à l'ouest nord du champ pétrolier de Hassi Messaoud sur l'axe routier reliant Ghardaïa à Ouargla, à 140km au sud de champ gazier de Hassi R'mel, et environ de 45km de la ville de Ghardaïa et de 20km de la ville de Zelfana.

I.2.2 Gisements :

Le champ d'OUDE NOUMER se compose de 7 structures :

- OUED NOUMER (ONR).
- AIT KHIER (ATK).
- SIDI MAZEGHICHE (SMZ).
- MAKOUDA (MKD).
- TRIEFIS (TRF).
- GALB EL DJMEL (GED).
- DJORF (DJF).

I.2.3 Date de début de construction :

- Première unité de séparation.....1970
- Nouvelle unité de séparation de brute et de récupération des gaz.....1983
- Unité d'extraction de GPL.....1993

I.2.4 Date de démarrage :

- Première unité de séparation (démarrage des champs ONR /ATK) ...1972
- Nouvelle unité de séparation de brute et de récupération de gaz1986
- Unité d'extraction de GPL.....1996

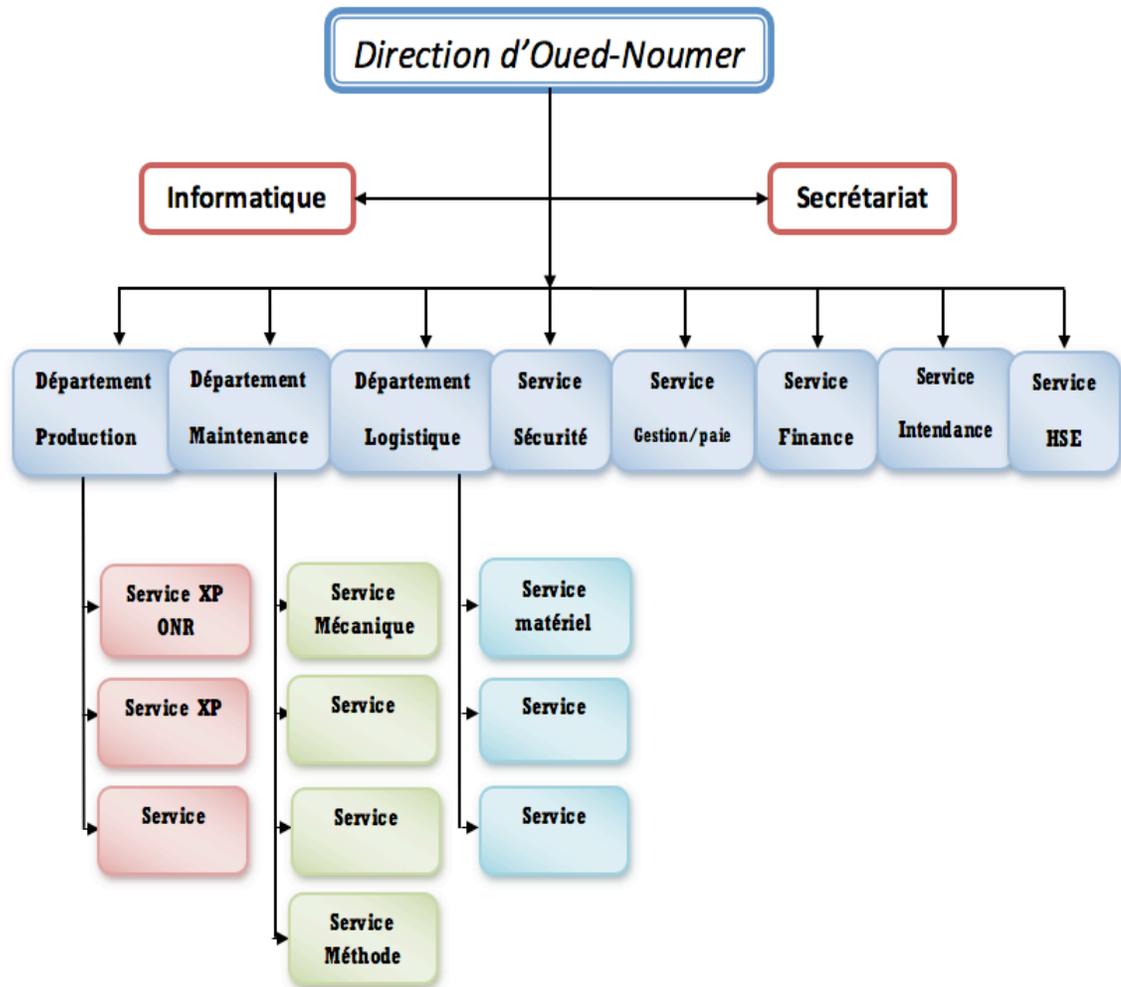


Figure 2 : Direction d'Oued-Noumer.

I.2.5 Département maintenance

Il comprend les sections suivantes :

➤ **Section méthode :**

Cette section est responsable pour gérer la situation de toutes les fonctions par un programme de Data-Stream.

❖ **Section mécanique :**

Cette section est essentiellement responsable du bon fonctionnement des machines tournantes.

➤ **Section instrumentation :**

Cette section est concernée par la partie commande de toutes les installations ou plus exactement de la maintenance des systèmes de commande de tous les équipements.

➤ **Section électricité :**

Cette section est responsable de toutes les opérations concernant l'électricité (moteurs électrique, éclairages, réseau Ets). Le personnel de cette section exécute les travaux essentiels :

I.2.6 Données techniques :

L'unité se compose de :

- 01 Unité de séparation de brut en 3 étages avec deux fours de stabilisation.
- 04 Bacs de stockage de brut de 5000m³ chacun et 1 bac de dessalage de 480m³.
- 02 pompes d'expédition (électrique a piston).
- 03 Turbo compresseurs.
- 01 Unité de déshydrations avec tamis moléculaire.
- 01 Unité de récupération de GPL et fractionnement.
- 02 Sphères de stockage de GPL de 530 m³ chacun.
- Et Plusieurs unité de lutte contrôle l'incendie :
- 02 Unité de compression d'air.
- 02 Générateurs d'électricité de 1000kw chacun.
- 01 Unité de production d'azote.

Des lignes de transfert de produit :

- | | |
|-----------------------------------|------------|
| ➤ 01 Gazoduc 20" (ONR pipe 48>>) | de 11,5km. |
| ➤ 01 Gazoduc 16" (ONR SC\ATK) | de 15km. |
| ➤ 02 Oléoducs 08" (ONR pipe 28>>) | de 12Km. |
| ➤ 01 Oléoducs 12" (ONR pipe 28>>) | de 12Km. |
| ➤ 01 Oléoducs 08" (ONR LR1) | de 12Km. |

I.3 Description général des installations :

I.3.1 Unité de traitement de brut et de gaz :

Cette unité a pour but de séparer le gaz associé de l'huile brute. Cette séparation s'effectue en trois (03) étages, travaillant à des pressions décroissantes, de façon à dégager le plus possible l'huile brute, avant de la stocker.

Afin d'améliorer la stabilisation de l'huile, deux (02) fours de stabilisation permettent d'ajuster la tension de vapeur Reid (TVR) de l'huile pour éviter un dégazage dans les bacs de stockage.

Les gaz de séparation des trois étages sont récupérés et comprimés dans l'unité de compression.

❖ **Séparateur HP (20B01) :**

le séparateur reçoit à partir du manifold existant du centre, le mélange (gaz, huile, eau), provient des puits de ONR.

La pression de séparation déclinera dans le temps, de 15 à 12 bars absolus, l'eau de gisement décantée est expédiée sous régulation de niveau, vers le bournier, le gaz HP efflué est expédié sous régulation de pression vers le ballon 20B02, l'huile brute est envoyée sous régulation de niveau dans le séparateur MP 20B03.

❖ **Four de stabilisation (20F01 A/B) :**

Les deux fours de stabilisation sont identiques, chacun étant dimensionné pour assurer 50% de service.

La puissance des fours a été dimensionnée de manière à pouvoir évacuer aux bacs de stockage, un mélange stabilisé (l'huile, condensats), de TVR très faible.

L'aimantation des deux fours est constituée de :

- **L'huile brute de séparateur 20B01.**
- **L'huile brute d'ATK.**
- **Les condensats récupérés au niveau de l'unité de production de GPL.**

Le mélange se réchauffe à une température donnée (voisine de 65 °C) est envoyé au séparateur MP 20B03.

❖ **Séparateur MP (20B03) :**

Le séparateur 20B03 d'une pression de service 3 bars absolus, reçoit les effluents chauds des fours de stabilisation ; L'eau de gisement éventuelle est décantée, puis expédiée au bournier sous

régulation de niveau, l'huile est envoyée sous régulation de niveau au séparateur BP, le gaz MP efflue est expédié sous régulation de pression vers l'unité de compression.

❖ **Séparateur BP (20B04) :**

Le séparateur BP d'une pression de service 01 bar est alimenté par l'huile efflue du séparateur MP, il est installé à une hauteur de 10 mètres, sur une structure métallique, L'eau de gisement éventuelle, est décantée, puis expédiée aux bacs de stockage, le gaz BP efflue (1 bar) est expédié sous régulation de pression vers l'unité de compression.

❖ **Séparateur HP de gaz (20B02) :**

Le séparateur HP de pression de service 15 bars est alimenté par :

- **Le gaz efflue du séparateur HP du brut (20B01) ;**
- **Le gaz HP issu de l'unité de compression (sortie compresseur 31K01) ;**
- **Le gaz venant du ATK dans une pipe de 30 ".**

L'eau de gisement éventuelle est décantée, puis expédiée au borbier sous régulation de niveau.

I.3.2 Unité 30 (unité de compression) :

Les installations de compression des gaz sont de conception strictement identique (unités 031/032/033).

Chaque unité comprend essentiellement (exemple031) :

- **Compresseur 031 K01 comprenant un étage BP et un étage MP.**
- **Compresseur 031K02 comprenant un étage MP et un étage HP.**
- **Une turbine à gaz 031KG01 avec son auxiliaire.**

Le gaz BP venant du 20B04 arrive en alimentation du 31B01 à une pression d'environ 1 bar absolu, le gaz sort du séparateur filtre 31B01 se dirigeant vers l'aspiration du 1er étage du 31B02, le gaz MP venant du 20B03 arrive en alimentation du 31B0 à une pression d'environ 3 bars absolus, le gaz sort du séparateur filtre 31B02 se dirigeant vers l'aspiration du 2ème étage du 31K01, le gaz HP issu de 31K01 est le produit de compression des gaz MP et BP est dirigé principalement vers le séparateur filtre 31B03, puis il est dirigé vers l'aspiration 1er étage du 31K02 (3ème étage de la compression), le gaz sort du compresseur à une pression de 45 bars absolus, et il se dirige vers le séparateur filtre 31B04. Après son refroidissement dans les

aéro-réfrigérants 31A02 et 31A01, le gaz est dirigé vers l'aspiration 2ème étage du 31K02, le gaz HP sort du 31K02 à une pression de 100 bars absolus, puis il se dirige directement vers l'unité de GPL.

I.3.3 Unité d'extraction du GPL :

- Les installations d'extraction sont implantées à proximité de l'unité de compression existante.
- Le complexe est formé de six unités de procédés et de quatre unités auxiliaires.

a) Unité 100 (pré refroidissement et déshydrations) :

Le but de cette unité est de sécher le gaz de procédé et de contrôler la pression et la température à l'entrée de l'unité.

b) Unité 200 (Récupération du GPL) :

Le gaz sec provenant de l'unité 100 est réparti en deux courants, dans l'un est refroidi par l'échangeur 20E01 par le gaz de tête de dééthaniseur 40C01 et l'autre est refroidi par échangeur de chaleur avec le gaz traité provenant l'échangeur 20E03.

Les liquides (la partie inférieure après séparation du gaz de processus) sortant des séparateurs 20B08 et 20B06 sont envoyés directement au dééthaniseur et le gaz provenant du 20B06 est envoyé au Turbo-Expander 20KE01 on obtient une réduction simultanée de pression et de température alimentant le séparateur 20B07 à une température de -50°C et de pression 30 bars, les liquides froids sortants du séparateur 20B07 passent par l'échangeur 40E03, le gaz traité sortant du séparateur 20B07 est envoyé aux échangeurs 20E03 et 20E02 pour augmenter la température par suite il est comprimé par le compresseur 20K01 entraîné par le Turbo-Expander 20KE01, le gaz ressort du compresseur à une pression de 47 bars puis il est refroidi à 60°C dans l'aéroréfrigérant 20A01 pour qu'il se dirige vers la compression à l'aide de la turbine SOLAR.

c) Unité 300 (compression) :

Le but de cette unité est de comprimer le gaz traité jusqu'à la pression de refoulement (~ 80 bars environ), de le refroidir à une température inférieure à 60°C et enfin de l'envoyer au gazoduc, à ATK ou, en cas de nécessité, à la torche.

d) Unité 400 (Fractionnement du GPL) :

Le but de cette unité est d'enlever le méthane et l'éthane absorbés dans le liquide condensé dans l'unité 200 et de fractionner le liquide ainsi récupérer en GPL et condensat.

e) Unité 400 (Huile thermique) :

Un système d'huile chaude est prévu comme source et chaleur pour les besoins de bouillonnement des colonnes 40C02 et 40C01, et échangeurs pour le chauffage de gaz de régénération, afin de déshydrater les tamis moléculaires qui se trouvent dans les réacteurs après leur service (adsorption).

f) Unité 500 (Stockage et expédition du GPL) :

Cette unité est composée :

- **Sphères de capacité de 350m².**
- **Pompes d'expédition de GPL (50P01A/B/C)**

1. Pour les 02 pompes peuvent expédier la production du jour et la 3eme étant en réserve.
2. Pour le GPL de OUDE NOUMER est envoyée dans les pipes vers HASSI R'ME.

g) Unité 600 (Huile Diathermique) :

Cette unité a le but de chauffer et de faire circuler l'huile diathermique pour fournir la chaleur à la régénération des tamis moléculaires et aux bouilleurs.

La chaleur de l'huile est fournie par la récupération sur le gaz de décharge de la turbine 30-KT-01 et l'utilisation du four 60-F-01.

h) Unité 700 (Méthanol) :

Le système méthanol qui est injecté dans les conduites, les vannes et l'équipement en cas de formation d'hydrates pour dégivrage principalement en hiver.

Le méthanol est stocké dans le réservoir 70B01 et il est injecté dans le processus par les pompes 70P02.

i) Unité 800 (Système air et gaz inerte) :

Cette unité fournit à l'installation :

- **L'air de service (pour le nettoyage)**
- **L'air instrument (pour le fonctionnement des vannes de contrôle)**
- **Le gaz inerte « l'azote » (pour le refroidissement).**

Ce système est formé par :

- Compresseur d'air 80-K-01
- Séparateur 80-B-01
- Sécheur 80-W-01 (déshydrateur).
- Accumulateur d'air instrument 80-B-02.
- Compresseur 80-K-02 pour augmenter la pression dans l'accumulateur d'azote.

I.3.4 Unité de séparation d'Ait Kheir :

L'unité se compose des équipements suivants :

- Injection de méthanol
- Injection d'eau de dessalage et de lavage
- Séparateur HP 11-B-01
- Batterie production
- Batterie test (hors service)
- Scrubber (piège à liquide)
- Stockage et expédition brut
- Injection d'inhibiteur de corrosion
- Installation auxiliaires

a) Injection de méthanol :

Celle-ci est assurée par deux pompes doseuses, l'injection se fera par temps froid (la période hivernale ou froide).

b) Injection d'eau de dessalage et de lavage :

Les deux pompes 700PM04 A et 700PM04 B assurent le dessalage et le débouchage quotidien des installations en service, à cet effet deux bacs de capacité maximale de stockage d'eau de 75 m³ chacun sont installés à proximité des pompes.

c) Séparateur HP 011 B 01 :

Les fluides des champs Ait Kheir et Sidi Mezghich à leur arrivée au manifold se véhiculent via le collecteur principal au séparateur tri-phasique 11-B-01 pour une séparation primaire. Les deux collecteurs 12" brut et 30" gaz acheminent le gaz et le brut séparément vers le centre de production d'Oued Noumer.

d) Batterie production :

Deux séparateurs de production brut HP 702-B S101 et BP 702-B S201 sont installés en série et parallèlement au séparateur HP 11-B-01, utilisés en cas d'indisponibilité du dit séparateur ou la batterie test.

e) Batterie test (hors service) :

Deux séparateurs de production brut HP 702-B S301 et BP 702-B S401 sont installés en série pour évaluer les débits (huile-eau-gaz) des puits producteurs.

f) Scrubber (piège à liquide) :

Le gaz instrument utilisé pour la gestion des vannes automatiques de l'unité de séparation provient des scrubbers HP 702-B S501 et BP 702-B S502 où il subit un séchage.

g) Stockage et expédition brut :

Les quantités de brut stockées dans le bac R1 de capacité 1000 m³ à la suite des opérations de test ou d'entretien des puits sont expédiées par pompes 706-PM-02 A et 706-PM-02 B vers le centre de production d'Oued Noumer via le collecteur 12" brut ATK-ONR.

h) Injection d'inhibiteur :

Une injection de produit chimique est nécessaire pour protéger les deux collecteurs 12" brut et 30" gaz ATK-ONR contre la corrosion, celle-ci est assurée par deux pompes doseuses.

i) Station de réinjection :

La récupération des gaz associés par l'unité de compression et leur fractionnement dans l'unité GPL d'Oued Noumer donnent naissance à trois produits finis à savoir condensat, GPL et gaz sec ou gaz de la réinjection.

La station de réinjection d'Ait Kheir de capacité maximale journalière 4.500.000 Nm³/J a été mise en service en juillet 1991.

Deux natures de gaz circulent à travers les installations : fuel gaz (gaz de démarrage et de fonctionnement) et gaz de procédé.

Le gaz combustible (fuel gaz) est utilisé uniquement pour le démarrage et le fonctionnement de la turbine à gaz. Ce gaz provient du séparateur d'entrée 2-V-01. Il est délivré à une pression de 19 bars absolus dont le débit est évalué par un calculateur par installation d'un orifice sur la ligne fuel gaz. La consommation journalière moyenne est de l'ordre 154.000 Nm³/J environ.

La compression du gaz (gaz procédé) de 73 bars absolus à 523 bars absolus est effectuée en quatre phases de compression par trois compresseurs centrifuges. Les compresseurs sont entraînés par une turbine à gaz.

A. Phase I "1ère étage" : Le gaz après avoir été comprimé par le compresseur ou par l'unité de récupération des gaz associés (URGA) d'ONR (gaz riche) et après avoir subi un traitement dans l'unité GPL (extraction GPL et condensat) le gaz sec subit une compression au niveau de l'unité 300 et est expédié vers la station de réinjection d'Ait Kheir via le pipe 16" ONR-ATK.

Le dit gaz est reçu dans le séparateur d'entrée 2-V-01 à la pression de 73 bars absolus et une température de l'ordre de 30°C environ suivant la période (été ou hiver) ; le gaz passe ensuite au travers du séparateur filtre 2-V-02 et est alors dirigé vers l'aspiration 1ère étage du compresseur basse pression. Le gaz sort du compresseur à une pression de 128 bars absolus et une température de 79°C.

B. Phase II "2ème étage" : Le gaz est dirigé vers le séparateur filtre 2-V-03 après refroidissement dans l'aéroréfrigérant 2-EA-01 A/B (refoulement 1er étage) et est aspiré à la pression de 127 bars absolus et une température de 60°C. Il est refoulé à 207 bars absolus et 104°C par le dit compresseur basse pression.

C. Phase III 3ème étage : Après être passé à travers clapet inter-étage, le gaz est dirigé vers le séparateur filtre 2-V-04 après refroidissement dans l'aéroréfrigérant 2-EA-02 A/B

(refoulement 2eme étage) et est aspiré à la pression de 205 bars absolus et une température de 60oC. Il est refoulé à 307 bars absolus et 95oC par le compresseur moyenne pression.

D. Phase IV "4ème étage" : Le gaz est dirigé vers le séparateur filtre 2-V-05 après refroidissement dans l'aéroréfrigérant 2-EA-03 A/B (refoulement 3eme étage) et est aspiré à la pression de 305 bars absolus et une température de 60oc. Il est refoulé à la pression et température finale de respectivement 523 bars absolus et 108oC par le compresseur HP BCL 306 C pour être ensuite refroidi dans l'aéroréfrigérant 2-EA-04 (refoulement 4ème étage) à la température de 80oC et enfin réinjecté dans le gisement via les puits injecteur

CHAPITRE II :
Généralité sur la maintenance et
définition de L'AMDEC

II. Généralité sur la maintenance et définition de L'AMDEC

II.1 Introduction :

La maintenance a été considérée longtemps comme un mal nécessaire. Dans beaucoup de domaines industriels, cette vision est toujours présente.

Dans ce chapitre, nous présentons les types de maintenance qui interviennent dans l'analyse des données de vie utilisées dans une étude de fiabilité, et l'application de la maintenance sur la turbine à gaz (MS5002B).

II.2 Définition de la maintenance :

C'est l'ensemble des activités destinées à maintenir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise dans des conditions définies. Ces activités ont une combinaison d'activité technique, administrative et de managements. Les deux grandes familles de la maintenance sont la maintenance corrective et la maintenance préventive.

II.3 Types de maintenance :

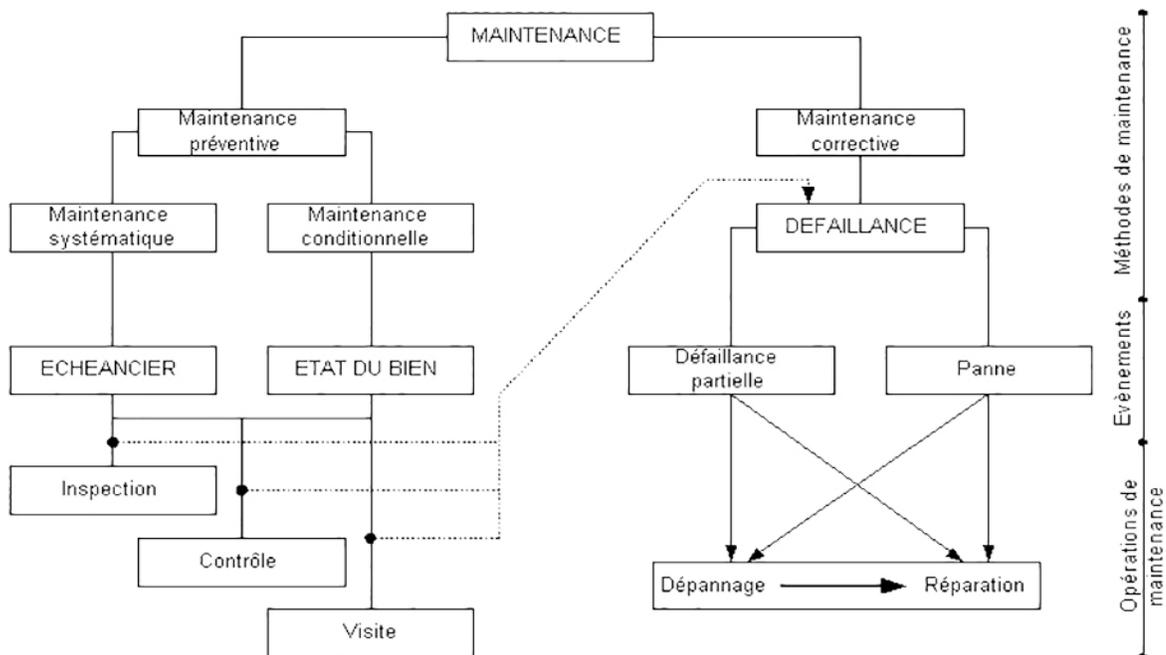


Figure 3 : Les types de maintenance.

II.3.1 Maintenance corrective :

C'est l'ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins Provisoirement. Ces activités comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, la remise en état avec ou sans modification, le contrôle du bon fonctionnement.

II.3.2 La maintenance palliative :

Elle représente l'activité de la maintenance corrective destinée à un bien afin d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise, appelée couramment dépannage. Cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'action curatives.

II.3.3 La maintenance curative :

Elle représente l'activité d'une maintenance corrective ayant pour objectif de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent. Ces activités peuvent être des réparations, des modifications ou aménagement ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances.

II.3.4 Maintenance préventive :

C'est la maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Les correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (maintenance systématique) et/ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (maintenance conditionnelle).

Les types de maintenance préventive que l'on peut mettre en œuvre sont au nombre de trois : maintenance préventive systématique, conditionnelle et prévisionnelle.

II.3.4.1 Maintenance préventive systématique :

C'est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'usage sans contrôle préalable de l'état de bien.

II.3.4.2 Maintenance préventive conditionnelle

C'est la maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien

Et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent.

II.3.4.3 Maintenance préventive prévisionnelle :

On la définit par la maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions.

II.4 La fiabilité :

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps déterminées.

II.4.1 Analyse de la fiabilité à partir de la loi exponentielle :

Cette loi repose sur l'hypothèse $\lambda = \text{constante}$, dans ce cas de défaillance aléatoire émergent sous l'action de cause diverse et indépendante par la position suivante, dite de vieillesse, pendant laquelle un ou plusieurs modes de défaillances prédominantes apparaissent (fatigue, corrosion, etc.).

L'électronique se prête bien à l'utilisation de la loi exponentielle, dès lors que les composants sont déterminés. La plupart des analyses des défaillances prévisionnelles de fiabilité et de maintenabilité repose sur les hypothèses exponentielles.

II.4.2 Le principe de la distribution exponentielle :

- **Fonction fiabilité :**

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

- **Densité de probabilité :**

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

- **Fonction de réparation :**

$$F(t) = 1 - R(t)$$

- **Espérance mathématique :**

$$E(t) = \frac{1}{2}$$

II.4.3 Analyse de la fiabilité à partir de la loi Weibull :

La loi de Weibull est une loi continue à trois paramètres, utilisée en fiabilité, plus particulièrement en mécanique d'expérimentations.

Ses caractéristiques :

- **Fonction de densité :**

$$f(x) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}}$$

$$(t - \gamma) > 0$$

1. β : Paramètre de forme
2. η : Paramètre d'échelle
3. γ : Paramètre de position ou d'origine

- **Fonction de répartition :**

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}}$$

- **Espérance mathématique :**

$$E(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} t f(t) dt = \gamma + \eta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

II.4.4 Analyse de la fiabilité à partir de la méthode ABC-loi de PARETO :

II.4.4.1 Définition :

La méthode ABC est une méthode objective et efficace de choix, basée sur la connaissance d'une période antérieure. Les résultats se présentent sous forme d'une courbe dite courbe ABC.

II.4.4.2 But de la méthode ABC :

- Suggérer objectivement un choix, c'est-à-dire classer par ordre d'importance des éléments (produits, machines, pièces, opérations) en fonction d'un critère de valeur retenu (unité de coût, heures, etc..).
- Faire apparaître les causes essentielles d'un phénomène.
- Hiérarchiser les causes d'un problème.
- Evaluer les effets d'une solution.
- Mieux cibler les actions à mettre en œuvre.

II.4.4.3 Présentation de la loi de PARETO :

Un économiste italien, Vilfredo Pareto, en étudiant la répartition des impôts constata que 20% des contribuables payaient 80% de la recette de ces impôts. D'autres répartitions analogiques sont peut être constatées, ce qui a permis d'en tirer la loi des 20-80 ou la loi de Pareto. Cette loi peut s'appliquer à beaucoup de problèmes, c'est un outil efficace pour le choix et l'aide à la décision.

II.4.5 Analyse de la fiabilité à partir de la méthode AMDEC :

L'Association française de normalisation (AFNOR) définit l'AMDEC comme étant une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système. La méthode consiste à examiner méthodiquement les défaillances potentielles des systèmes (analyse des modes de défaillance), leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble (les effets). Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, soit la criticité, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies.

II.5 Présentation de la méthode AMDEC :

II.5.1 Définition :

L'AMDEC est l'acronyme de l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et leur criticité. C'est une méthode de prévention pour une meilleure gestion de la maintenance. Grâce à cette méthode d'amélioration continue, le responsable va pouvoir identifier les problèmes qui peuvent survenir et mieux les poser pour les résoudre. L'AMDEC permet d'identifier, de rationaliser les problèmes potentiels pour ensuite les résoudre. Il est donc d'autant plus important

qu'il faut sans cesse renouveler l'expérience pour arriver à une détection convenable mais qui ne sera jamais complète. L'intérêt économique est d'anticiper des problèmes au sein d'une entreprise. En effet, cela entre dans le cadre de la limitation des risques, pour un intérêt bien compris par de nombreuses entreprises qui utilisent l'AMDEC.

II.5.2 Historique et domaine d'application :

L'AMDEC a été créée aux États-Unis par la société Mc Donnell Douglas en 1966 Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la NASA et le secteur de l'armement sous le nom de FMEA pour évaluer l'efficacité d'un système. Dans un contexte spécifique, cette méthode est un outil de fiabilité. Elle est utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. À la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs automobiles.

La méthode a fait ses preuves dans les industries suivantes : spatiale, armement, mécanique, électronique, électrotechnique, automobile, nucléaire, aéronautique, chimie, informatique.

II.5.3 Objectifs de l'AMDEC :

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception afin de :

- Evaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement d'un moyen de production.
- Réduire les temps d'indisponibilité après défaillance : prise en compte de la maintenabilité dès la conception, amélioration de la testabilité, aide au diagnostic, amélioration de la maintenance corrective.

II.5.4 Les types de l'AMDEC :

II.5.4.1 AMDEC machine :

Elle se focalise sur un moyen de production afin de diminuer le taux de rebuts, le taux de panne et analyse de la conception des équipements de production pour améliorer leur disponibilité.

II.5.4.2 AMDEC produit :

Elle permet de verrouiller la conception des produits, ceci consiste à étudier les plans et caractéristiques d'un produit afin de détecter préventivement les situations qui peuvent conduire à une fonction non ou mal réalisée.

II.5.4.3 AMDEC processus :

Elle permet de valider la gamme de contrôle d'un produit afin qu'elle réponde aux spécifications définies, elle consiste à rechercher dans un processus de fabrication l'ensemble des situations qui peuvent conduire à un produit défectueux.

II.5.4.4 AMDEC organisation :

Elle s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système de production, le système personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

II.5.4.5 AMDEC service :

Elle s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service corresponde aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillance.

II.5.4.6 AMDEC sécurité :

Elle s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci.

II.5.5 Avantages et inconvénients de l'AMDEC :**II.5.5.1 Avantages de la méthode AMDEC :**

La maîtrise des risques à l'aide de la méthode AMDEC permet de mener des actions préventives, c'est-à-dire de résoudre les problèmes avant que ceux-ci ne se présentent. Si cette méthode est suivie tout au long du cycle de vie du produit, la production en sera améliorée et débarrassée de problèmes majeurs.

II.5.5.2 Inconvénients de la méthode AMDEC :

L'AMDEC nécessite une connaissance poussée de la question à étudier. En général, un

brainstorming avec plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire. Pour cela, il faut donc qu'une équipe puisse se mettre d'accord sur les modes de défaillance étudiés. Cette méthode est, de ce fait, lourde à mettre en place.

II.5.6 Les aspects de la méthode AMDEC :

II.5.6.1 L'aspect qualitatif :

Elle consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe.

II.5.6.2 L'aspect quantitatif :

Elle Consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles-ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant facilite la recherche et la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou diminuer complètement les causes des défauts potentiels.

II.5.7 AMDEC machine (en détail) :

II.5.7.1 Définition :

Ces techniques d'analyses qui ont pour but d'évaluer et de garantir la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des machines par la maîtrise des défaillances. Elles ont pour objectif final l'obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et équipements industriels. Leurs rôles n'est pas de remettre en cause les fonctions de la machine mais plutôt d'analyser dans quelle mesure ces fonctions peuvent ne plus être assurées correctement. En particulier :

- Définir un système de surveillance : détection des anomalies, alarme, signalisation...
- Optimiser les stocks de pièces de rechange.
- Être en place une maintenance conditionnelle : suivi vibratoire, analyse des huiles, ...
- Construire les aides au diagnostic.

II.5.7.2 Les intérêts :

Le groupe qui procède à l'AMDEC recherche essentiellement des solutions pour être mise en place par la maintenance elle-même en particulier :

- Réduire le nombre de défaillances.
- Prévention des pannes.
- Fiabilisation de la conception.
- Amélioration de la fabrication, du montage, de l'installation.
- Optimisation de l'utilisation et de la conduite.
- Amélioration de la surveillance et des tests.
- Amélioration de la maintenance préventive.
- Détection précoce des dégradations.
- Réduire les temps d'indisponibilité après défaillance.
- Prises-en compte de la maintenabilité dès la conception.
- Amélioration de la testabilité.
- Amélioration de la maintenance corrective.
- Amélioration de la sécurité.

II.5.7.3 Cas d'application :

• L'AMDEC machine est particulièrement destinée aux constructeurs (AMDEC Prévisionnelle) et aux utilisateurs de machines (AMDEC opérationnelle).

II.5.7.4 AMDEC prévisionnelle :

En phase de conception, pour vérifier certains points particuliers (élément nouveau, spécifiques ou complexe) dont on connaît mal le comportement. Elle permet l'amélioration de la conception, la validation d'une solution technique par rapport à un cahier des charges ou une exigence spécifique, la mise en place des dispositions d'assurance qualité, la préparation d'un plan de maintenance. On la met en pratique quand les composants sont définis, avant que les plans de détail ne soient figés.

II.5.7.5 AMDEC opérationnelle :

Elle est utilisée en période d'exploitation, pour améliorer le comportement d'un matériel critique et pour mettre au point le plan de maintenance d'une nouvelle installation ou pour optimiser des actions de maintenance (choix, procédure, stocks).

L'AMDEC machine est essentiellement destinée à l'analyse des modes de défaillance d'éléments matériels (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques, électroniques.). Elle peut aussi s'appliquer aux fonctions de la machine.

II.5.8 Les démarches pratiques de l'AMDEC machine :

II.5.8.1 Initialisation :

- **But :** L'initialisation de l'AMDEC machine est une étape préliminaire à ne pas négliger. Elle est menée par le responsable de l'étude avec l'aide de l'animateur, plus précisée avec le groupe de travail. Elle consiste à poser clairement le problème, définir le contenu et les limites de l'étude à mener et à réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement.

- **Démarches**

1-Définition du système à étudier.

2-Définition de la phase de fonctionnement 3- Définition des objectifs à atteindre.

4- Constitution du groupe de travail. 5- Etablissement du planning.

6- Mise au point des supports de l'étude.

II.5.8.2 Analyse fonctionnelle :

- **But :**

Il ne s'agit pas dans cette étape de faire l'analyse critique de l'adéquation des fonctions de la machine au besoin, mais seulement d'identifier les éléments à étudier et les fonctions à assurer. C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour analyser ensuite les risques de dysfonctionnement. Elle facilite l'étape ultérieure d'analyse des défaillances. Elle permet également au groupe de travail d'utiliser un vocabulaire commun. Elle peut être menée de manière plus ou moins détaillée selon les besoins.

- **Découpage du système**

Le système se décompose en blocs fonctionnels, sous une forme arborescente. Descendre d'un niveau conduit souvent à augmenter la finesse et le détail de l'étude AMDEC et par suite à en allonger très nettement la durée.

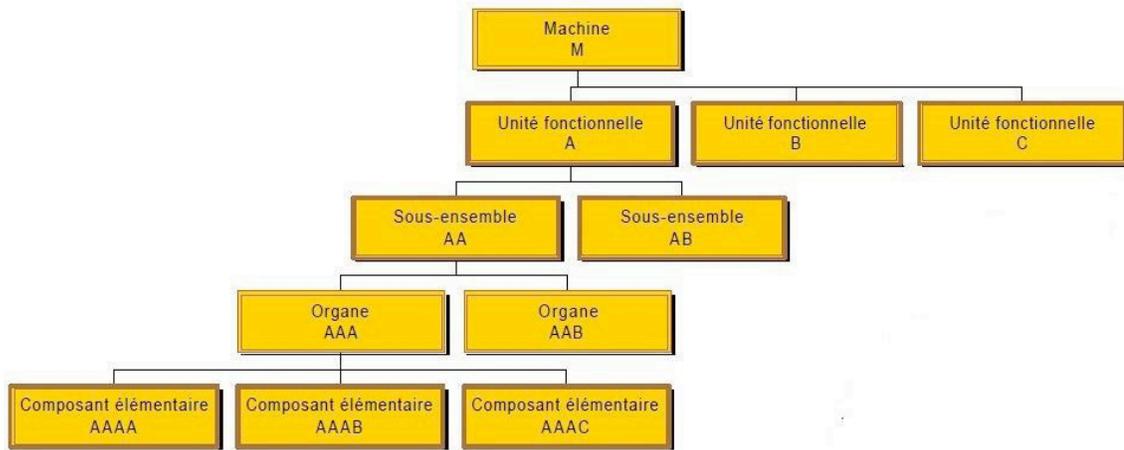


Figure 4 : Exemple de découpage d'un système.

- **Identification des fonctions des sous-ensembles**

Faire l'inventaire des milieux environnant des sous-ensembles auxquels appartiennent les éléments étudiés, dans la phase de fonctionnement retenue. Chaque milieu environnant doit être précisé par ses caractéristiques.

- **Identification des fonctions des éléments**

Il s'agit des fonctions élémentaires à assurer par chaque élément, chaque fonction doit être décrite par ses caractéristiques techniques ou performances. Le diagramme fonctionnel d'un sous-ensemble est presque le même avec le précédent sauf pour le sous-ensemble (représenté par ces différents organes).

II.5.8.3 Analyse des défaillances :

Par défaillance on entend simplement qu'un produit, un composant ou un ensemble

- Ne fonctionne pas
- Ne fonctionne pas au moment prévu
- Ne s'arrête pas au moment prévu
- Fonctionne à un instant non désiré

- Fonctionne, mais les performances requises ne sont pas obtenues

a) Modes de défaillances

Le mode de défaillance est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, un processus ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications. Voici quelques exemples pour illustrer cette définition :

- Déformation
- Vibration
- Coincement
- Desserrage
- Corrosion
- Fuite
- Perte de performance
- Court-circuit
- Flambage
- Ne s'arrête pas
- Ne démarre pas
- Dépasse la limite supérieure tolérée, etc.

b) Causes de défaillances

Une cause de défaillance est évidemment ce qui conduit à une défaillance. On définit et on décrit les causes de chaque mode de défaillance considérée comme possible pour pouvoir en estimer la probabilité, on déceler les effets secondaires et prévoir des actions correctives pour corriger.

c) Effets de défaillances

Les effets d'une défaillance sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et

les effets de la défaillance sur l'utilisateur final du produit ou du service.

II.5.8.4 Evaluation de la criticité :

❖ Les critères :

L'évaluation de la criticité se fait selon 3 critères principaux :

- la gravité
- la fréquence
- la non-détection

La définition de ces critères doit être absolument rigoureuse pour ne laisser aucune place à l'interprétation afin que quiconque les utilise de manière identique. Généralement, chaque critère reçoit un indice sur une échelle qui varie de 1 à 4 en fonction de son importance. Cependant, il est tout à fait logique de se détourner de cet ordinaire et augmenter ou diminuer le découpage selon ses propres besoins ou objectif. Ainsi une entreprise qui privilégierait la fiabilité pourrait découper le finement le critère « fréquence » en 5,6, ou 7 niveaux ou même plus.

a) Critère G (gravité)

Le critère de gravité évalue le risque pour l'utilisateur ainsi que pour le système et le service rendu. A chacun des effets d'une défaillance correspond un indice de gravité. Le critère de gravité, comme celui de fréquence, doit être très précis dans ses définitions, la sévérité et la gravité étant des notions subjectives.

Niveau	Définition
1	Mineure: défaillance ne provoquant pas l'arrêt de production supérieur à 5 minutes. Aucune dégradation ni production défectueuse
2	Moyenne : défaillance provoquant un arrêt de 5 à 30 minutes et nécessitant une réparation se site.
3	Importante : défaillance provoquant un arrêt de 30 à 60 minutes et/ou nécessitant le remplacement d'un matériel défectueux.
4	Grave : défaillance provoquant un arrêt supérieur à 1 heure et/ou impliquant des risques potentiels pour la sécurité des personnes et des biens.

Tableau 1 : Les niveaux de gravité et leur définition.

b) Critère F (fréquence)

Le critère de fréquence indique le niveau de probabilité d'apparition d'une défaillance,

donc, de la fiabilité en quelque sorte. La définition des niveaux de fréquence doit être précise comme le montre le tableau III.2. Se limiter à des termes tels que : faible, possible, certaine, ou forte consiste à prendre le risque d'écarts d'interprétation entre les différents lecteurs ou utilisateurs de l'analyse.

Niveau	Définition
1	Faible : Moins de 1 fois par semestre.
2	Possible : En moyenne 1 fois par mois.
3	Certaine : En moyenne 1 fois par semaine.
4	Forte : Possible 1 fois par jour

Tableau 2 : Les niveaux de fréquence et leur définition.

c) Critère D (non-détection)

Le critère D est l'indice de non détectabilité. Il s'évalue à partir du mode de défaillance par une note estimée allant de 1 (dégradation élémentaire) à 4 (défaillance soudaine).

Niveau	Définition
1	Elémentaire : Défaillance possible à éviter.
2	Aisée : Apparition d'une défaillance avec recherche et action corrective évidente.
3	Moyenne : Apparition d'une défaillance, recherche et action corrective menées par un technicien de maintenance
4	Délicate : Défaillance difficilement détectable et nécessite le démontage et un technicien spécialisés

Tableau 3 : Les niveaux de non détectabilité et leur définition.

II.5.8.5 Calcul de la criticité ($C = G * F * D$) :

La criticité s'obtient en faisant le produit des indices des critères précédents. Cette valeur de criticité s'établit souvent sur une échelle de 1 à 64 ($4 * 4 * 4$), elle permet de connaître à partir de ses propres critères d'évaluation le caractère critique de chacune des causes de défaillance potentielle pour chacun des composants d'un système.

Dans le cadre d'une conception, ces indices de criticité mettent en évidence la faiblesse de certains points appelant ainsi à une amélioration. Mais dans le cadre de l'exploitation d'un système, les indices de criticité élevés orientent les actions à mettre en œuvre (modification, type de maintenance, conduite ...) dans le but d'éviter un événement fâcheux.

Il est possible et même souhaitable de ne pas tenir compte uniquement des valeurs importantes de l'indice C pour engager une action. Un indice isolément très élevé, généralement un indice de 4 pour le critère G peut à lui seul conduire à une décision, alors que l'indice C n'est pas particulièrement important.

Niveau	Définition
$C < 9$	Faible : Aucun problème particulier. Surveillance habituelle.
$9 < C < 25$	Acceptable : Nécessite une surveillance particulière et/ou une révision de la politique de maintenance.
$C > 25$	Forte : Surveillance accrue. Remise en cause de la maintenance. Eventuellement, arrêt pour amélioration.
$C = 64$	Dangereuse : Révision de la politique de maintenance et/ou modification du système. (Arrêt si sécurité est menacée).

Tableau 4 : Les niveaux de la criticité et leur définition.

II.5.8.6 Synthèse :

Cette étape consiste à effectuer un bilan d'étude et à fournir les éléments permettant de définir et lancer, en toute connaissance de cause, les actions à effectuer. Ce bilan est essentiel pour tirer vraiment parti de l'analyse.

II.5.8.7 Hiérarchisation des défaillances :

Pour la hiérarchisation des défaillances selon les niveaux atteints par les critères de criticité, on utilise des représentations graphiques ou des divers classements.

a) Liste des points critiques :

Cette liste permet de recenser les points faibles de la machine et les éléments les plus critiques pour le bon fonctionnement du système.

b) Liste des recommandations :

Cette liste permet de recenser, voire de classer par ordre de priorité, les actions préconisées. On utilise souvent une grille dans laquelle on peut faire apparaître les critères de coût et de difficulté de mise en place des actions à entreprendre.

II.5.8.8 Les actions :

La finalité de l'analyse AMDEC, après la mise en évidence des défaillances critiques, est de définir des actions de nature à traiter le problème identifié.

Les actions sont de 3 types :

1. **Actions préventives** : on agit pour prévenir la défaillance avant qu'elle ne se produise, pour l'empêcher de se produire. Ces actions sont planifiées. La période d'application d'une action résulte de l'évaluation de la fréquence.
2. **Actions correctives** : lorsque le problème n'est pas considéré comme critique, on agit au moment où il se présente. L'action doit alors être la plus courte possible pour une remise aux normes rapide.
3. **Actions amélioratrices** : il s'agit en général de modifications de procédé ou de modifications technologiques du moyen de production destinées à faire disparaître totalement le problème. Le coût de ce type d'action n'est pas négligeable et on le traite comme un investissement.

Les actions, pour être efficaces, doivent faire l'objet d'un suivi :

1. Plan d'action.
2. Désignation d'un responsable de l'action.
3. Détermination d'un délai.
4. Détermination d'un budget.
5. Révision de l'évaluation après mise en place de l'action et retours des résultats.

II.6 Conclusion :

L'AMDEC est une méthode de prévention qui peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit dans le but d'éliminer, le plus en amont possible, les causes des défauts potentiels. C'est là un moyen de se prémunir contre certaines défaillances étudier leurs causes et leurs conséquences. La méthode permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (gravité, fréquence, non-détection). Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

CHAPITRE III :
Etude descriptive de turbine a gaz
(MS5002B)

III. Etude descriptive de turbine a gaz (MS5002B)

III.1 Introduction :

Les turbines sont connues comme étant des appareils dans lesquels a lieu un échange d'énergie entre un rotor tournant autour d'un axe a vitesse constante et un fluide en écoulement permanent.

Selon le type de fluide utilisé, dit fluide actif ou fluide moteur, on a affaire à une turbine hydraulique, une turbine à vapeur ou une turbine à gaz. Cette dernière est actionnée par un moteur, une turbine à détente ou autre moyen au moment de son démarrage.

Les turbines à gaz au niveau de Oued Noumer sont de type (MS5002B) à deux arbres. Elles sont utilisées pour entraîner des compresseurs centrifuges multi étages.

III.2 Définition :

Une turbine à gaz, appelée aussi turbine à combustion, est une machine motrice tournante à écoulement continu qui pressurise de l'air, le mélange à un combustible et le brûle dans des chambres de combustion pour transformer l'énergie contenue dans ce combustible (hydrocarbure) en énergie mécanique de rotation disponible sur un arbre afin d'entraîner une machine, alternateur pour la production d'électricité, compresseur, ..etc. C'est une véritable unité autonome qui suffit elle-même.

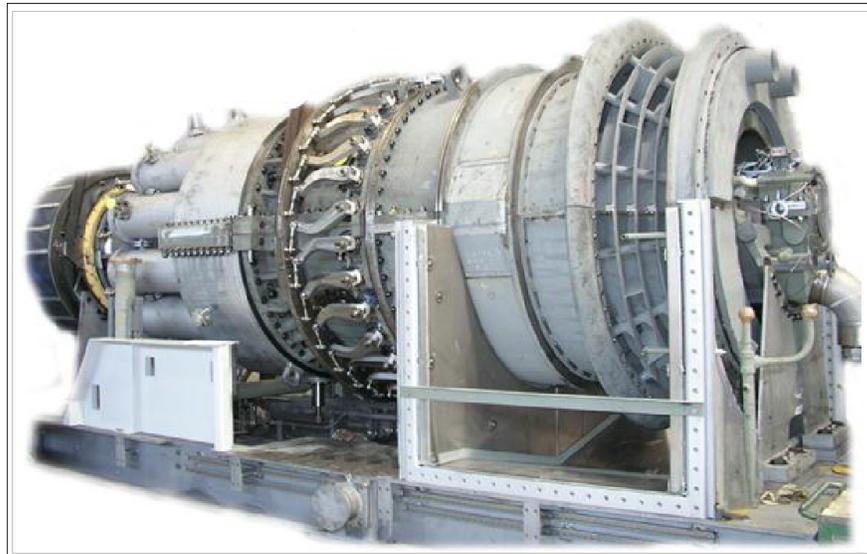


Figure 5 : La turbine a gaz type MS5002B.

III.3 Pourquoi on utilise les turbines à gaz ?

Les turbines à gaz offrent beaucoup d'avantages :

- a. Leur démarrage est assez rapide par rapport aux turbines à vapeur (15 à 30 minutes par rapport à ~ 6 heures) ce qui les rend très attractives pour des utilisations de démarrage d'urgence et des démarrages intermittents.
- b. Les turbines à gaz sont très compactes ce qui donne un bon choix pour les endroits distants (offshore).
- c. Les turbines à gaz sont d'une très grande disponibilité (48000 heures pour une MI).
- d. Haute fiabilité et grande disponibilité.
- e. Coûts de fonctionnement inférieurs.
- f. Utilise du carburant propre et d'autres carburants renouvelables (gaz naturel, gaz de décharge...)
- g. Réduction des émissions.
- h. Flux de chaleur d'échappement de haute qualité utilisation dans d'autres processus (eau chaud, production de chaleur industrielle...)
- i. Large gamme de blocs de modules de puissance.
- j. Réduit les coûts de construction.

III.4 Description et composantes de la turbine à gaz :

La présente section du chapitre décrit les différents systèmes, composantes et sections de la turbine à gaz qu'on peut les répartir comme suit :

- La partie d'aspiration.
- Le compresseur axial.
- La section de combustion.
- Les turbines.
- La partie d'échappement.

La partie des auxiliaires et le système de protection anti-incendie. La figure suivante résume ces sections et composantes :

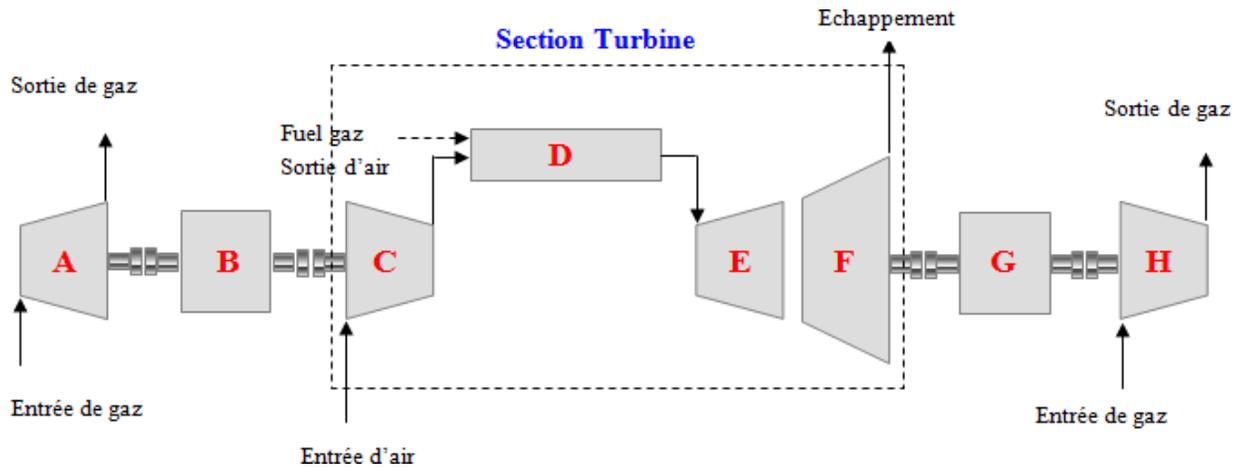


Figure 6: Différentes sections d'une turbine a gaz

- **A** : Turbine de lancement.
- **B** : Réducteur.
- **C** : Compresseur axial.
- **D** : Chambres de combustion.
- **E** : Turbine HP.
- **F** : Turbine BP.
- **G** : Multiplicateur.
- **H** : Compresseur centrifuge BCL.

III.4.1 Caractéristiques de la turbine à gaz MS5002B :

PARTIE	CARACTERISTIQUES	
Section compresseur	Type du compresseur	Ecoulement axial, série lourd
	Nombre des étages du compresseur axial	16
	Plan de joint	Bride horizontale
	Type d'aubes directrices d'entrée	Variable
	Pression à l'admission	1 bar
	Pression de refoulement	7 bars
Section turbine	Nombre des étages de la turbine	02
	Plan de joint	Bride horizontale
	Directrice du premier étage	Fixe
	Directrice du deuxième étage	Variable
Section de combustion	Type	12 multiples foyers à feux inverses
	Configuration des chambres	Concentrique autour du compresseur
	Combustible	Gaz naturel
	Bougies d'allumage	02, types a électrode d'injection-ressort auto rétractant
	Détecteur de flamme	Deux, type ultraviolet
Les Paliers	Nombre des paliers	04
	Lubrification	Sous pression

Tableau 5 : Caractéristiques de la turbine MS5002b.

III.4.2 La section d'aspiration :

Les turbines à gaz consomment une grande quantité d'air pour la combustion et le refroidissement des pièces internes. Une faible quantité de cet air est également dirigée vers le système d'étanchéité des paliers afin d'éviter les fuites d'huile. L'air étant aspiré à l'atmosphère par le compresseur, toutes les impuretés qu'il contient passent dans la turbine à gaz pour ressortir à l'échappement. Ces impuretés peuvent provoquer une détérioration ou encrassement des ailettes du compresseur d'air par l'effet de la corrosion et modification du profil (réduction du rendement). Ils ont aussi des actions corrosives sur les parois de la chambre de combustion et les ailettes de la turbine ce qui rend indispensable une

filtration de l'air. On peut distinguer deux types de filtres :

- **Type conventionnel** : Il est constitué d'un pré filtre et d'un filtre cubique. Ces filtres peuvent être démontés et lavés facilement. La figure suivante montre un filtre de type conventionnel.

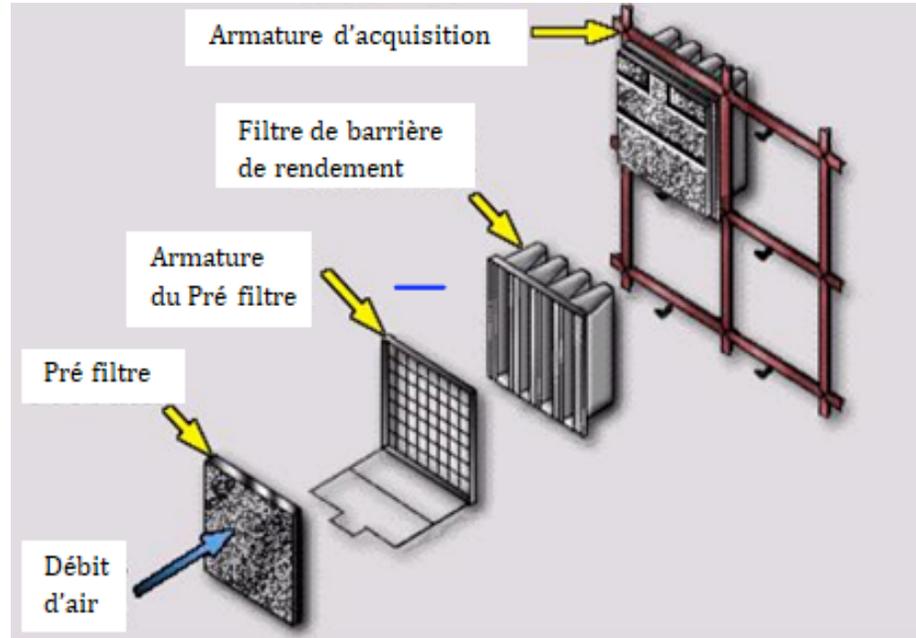


Figure 7 : Filtre de type conventionnel.

- **Type autonettoyant** : Ce système contient des cartouches de filtres haut rendement nettoyés dans des intervalles de temps réguliers par des jets d'air comprimé pendant le fonctionnement de la turbine. La régénération s'effectue automatiquement par pulsions sous forme de cycles réglés par la pression différentielle (DP). La figure suivante montre un filtre autonettoyant.



Figure 8 : Filtre de type Autonettoyant.

III.4.3 Le compresseur axial :

Le compresseur axial est un équipement mécanique permettant de fournir la quantité d'air nécessaire pour la combustion des gaz dans la turbine (en fonction de la charge à fournir) et aussi d'alimenter en air divers circuits de refroidissement.

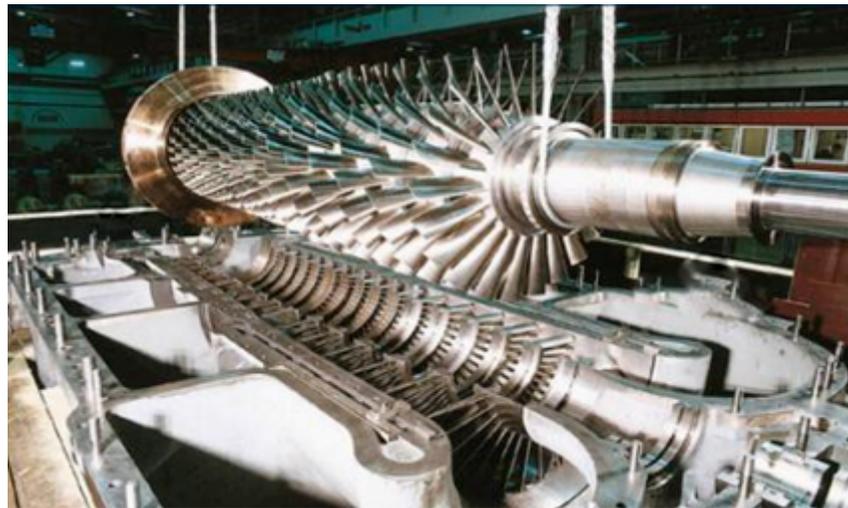


Figure 9 : Compresseur axial.

L'air pénètre et s'écoule dans le sens de l'axe de l'arbre du compresseur axial 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.

III.4.4 Le rotor du compresseur :

Le rotor du compresseur se compose d'une série de 16 étages d'aubes orientables fixées par des boulons sur un arbre fusé. Chaque étage 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. Le nombre d'étages de compression est lié à la structure de la turbine à gaz et, surtout, au taux de compression à obtenir.



Figure 10 : Rotor du compresseur.

III.4.5 Le stator du compresseur :

III.4.5.1 Le corps d'admission :

Le corps d'admission a pour fonction de diriger l'air de manière uniforme dans le compresseur. Il soutient également le palier N°1, ainsi que l'aube 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 valeurs variables ce qui permet à la turbine d'accélérer rapidement et en douceur, sans pompage (pulsation) du compresseur. Au démarrage les IGV sont complètement fermées (45°) pour un apport minimal d'air de purge. Ensuite elles commencent à s'ouvrir pour réguler le débit d'air selon les besoins de la turbine (à 95% de la vitesse du compresseur).



Figure 11 : Inlet Guide Vanes (IGV).

La figure suivante montre les positions des IGV pendant le démarrage, l'arrêt et le fonctionnement normal.

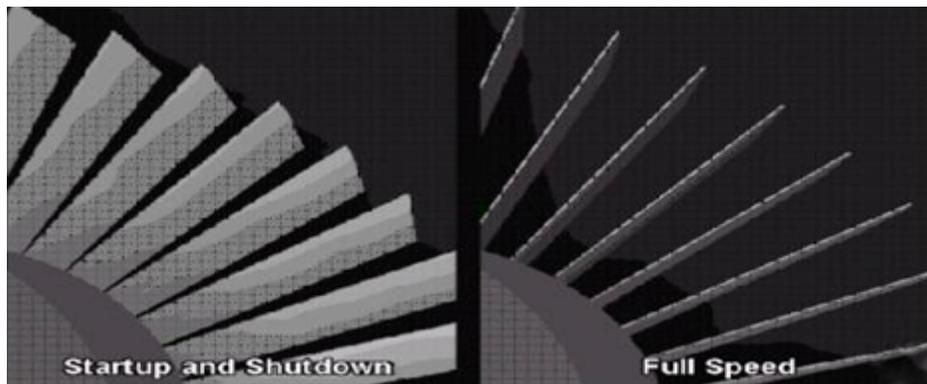


Figure 12 : Différentes positions des IGV - état d'arrêt et vitesse maximale.

III.4.5.2 Le corps avant compresseur :

Le corps avant du compresseur contient les dix premiers étages du stator du compresseur (numérotés de zéro à neuf). Il transfère également les charges structurales du corps adjacent au support avant qui est boulonné et maintenu par une cheville à la bride avant du corps. Ce 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 sont montées dans des segments demi-circulaires rainurées. L'ensemble aubes et segments sont alors montés dans des rainures usinées dans la paroi du corps d'admission

où une longue clavette de blocage est montée afin d'empêcher ces ensembles de tourner dans les rainures du stator.

III.4.5.3 Le corps de refoulement :

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 internes et externes du diffuseur, de relier le compresseur aux stators de la turbine et sert également de support à la directrice de la turbine du premier étage.

Le corps de refoulement du compresseur contient les six derniers étages (de dix à quinze). Il soutient 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. La figure suivante représente le corps de refoulement du compresseur axial.



Figure 13 : : Le corps de refoulement du compresseur.

III.4.6 La section de combustion :

La section combustion comporte les éléments suivants :

- ❖ L'enveloppe de combustion.
- ❖ Les chambres de combustion.
- ❖ Ensembles de pièces de transition.
- ❖ Brûleurs.

- ❖ Bougies.
- ❖ Détecteurs de flamme.
- ❖ Tubes à feux croisés.
- ❖ Garnitures et joints.

III.4.6.1 L'enveloppe de combustion :

L'enveloppe de combustion est une enceinte soudée qui recouvre les 12 chambres de combustion et les pièces de transition. Elle reçoit l'air de refoulement du compresseur axial et le transmet aux chambres de combustion. Elle est montée dans la partie arrière du refoulement du compresseur.

III.4.6.2 Les chambres de combustion :

La chambre de combustion est la partie où de l'énergie est introduite dans la turbine à gaz. Elles ont la forme de cylindres individuels ou tubes à feu et sont installées à l'intérieur de l'enveloppe de combustion. 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. Les chambres de combustion sont aussi munies de regards qui permettent d'observer la flamme. Elles sont généralement reliées par des tubes à feu croisés pour stabiliser et propager la flamme aux autres chambres de combustion.

Les formes des chambres de combustion sont étudiées pour remplir les conditions suivantes:

- ❖ La durée de vie la plus longue possible.
- ❖ Avoir un encombrement minimal.
- ❖ Garantir un bon allumage et une stabilité de la flamme.
- ❖ Assurer une combustion la plus complète possible.
- ❖ Eviter le dépôt de carbone sur les brûleurs et les parois, ainsi que des fumées.
- ❖ Réduire les pertes de charges.

III.4.6.3 Pièces de transition :

Les pièces de transition relient les chambres de combustion à l'ensemble de tuyère du premier étage. Les gaz chauds qui résultent de la combustion sont dirigés vers l'ensemble de tuyère du

premier étage via les pièces de transition.

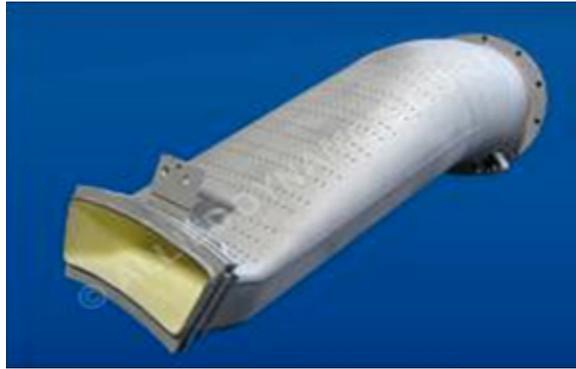


Figure 14 : Pièce de transition.

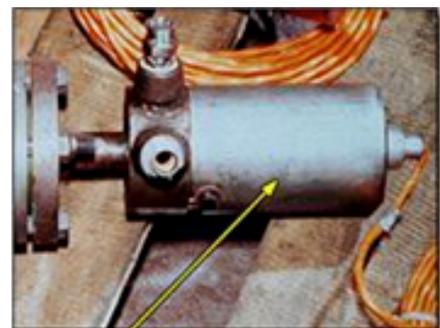
III.4.6.4 Brûleurs, bougies et détecteurs :

Le combustible est envoyé aux chambres de combustion par quantités mesurée à l'aide d'un injecteur. Celui-ci est monté sur le couvercle de la chambre et pénétrant dans la chemise. La combustion est déclenchée par deux bougies installées dans chacune des deux chambres de combustion (N°9 et N°10) avec électrodes rétractiles et reçoivent l'énergie à partir des transformateurs d'allumage et les autres chambres sont allumés à travers les tubes d'interconnexions.

Pendant la séquence de lancement il faut envoyer une indication de présence ou absence de flamme au système de commande, pour cette raison un système de détection de flamme est utilisé (capteur 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.



Bougie



Détecteur de flamme

Figure 15 : Bougie et détecteur de flamme.

III.4.7 La 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 :

- Corps de turbine.
- Tuyère 1ère étage.
- Roue de turbine 1ère étage (roue HP).
- Tuyère 2ème étage (aubage réglable ou directrice).
- Roue de turbine 2ème étage (roue BP).

III.4.7.1 Le corps de la 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.

III.4.7.2 Tuyère 1ère étage :

Les gaz chauds à haute pression quittent les chambres de combustion et passent par une pièce de transition et sont dirigés vers les aubes de la roue HP via la tuyère 1^{ère} étage.

La tuyère est fabriquée par des alliages spéciaux (à cause des températures les plus élevées des gaz chauds) et comprend les segments d'aube directrice montés dans une bague de retenue, soutenue dans la veine des gaz chauds par un dispositif de fixation.

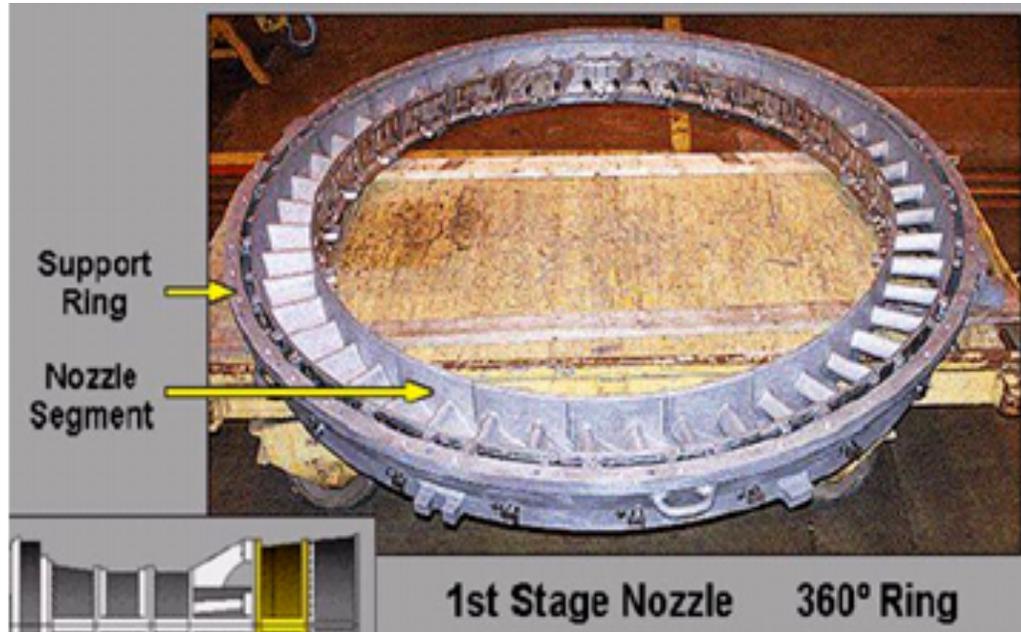


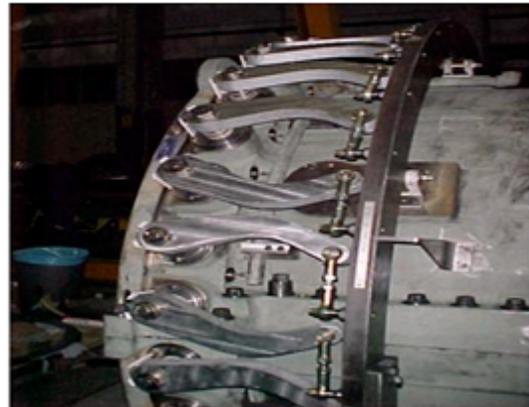
Figure 16 : : Tuyère 1ère étage.

III.4.7.3 Tuyère 2ème étage :

La tuyère du second étage se compose d'aubes formant une directrice a angles variables dans l'espace circulaire de la veine des gaz chauds. Elle est insérée juste avant la roue BP. Ces aubes peuvent être variées en même temps grâce à un mécanisme qui comporte une bague de commande qui tourne sous l'action d'un cylindre hydraulique.



Tuyère 2^{ème} étage



Mécanisme de variation

Figure 17 : Tuyère 2ème étage et mécanisme de variation.

III.4.7.4 Roues de turbine :

La turbine à gaz comprend 2 roues :

- **La roue de turbine HP** : Elle entraîne le compresseur axial et elle 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.
- **La roue de turbine BP** : Elle entraîne la charge (compresseur centrifuge) et elle 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.

Les 2 roues sont positionnées en ligne dans la turbine, mais sont mécaniquement indépendantes l'une de l'autre. Elles ont des aubes a queues longues coulées avec précision, et sont refroidies par l'air extrait du 10ème 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.

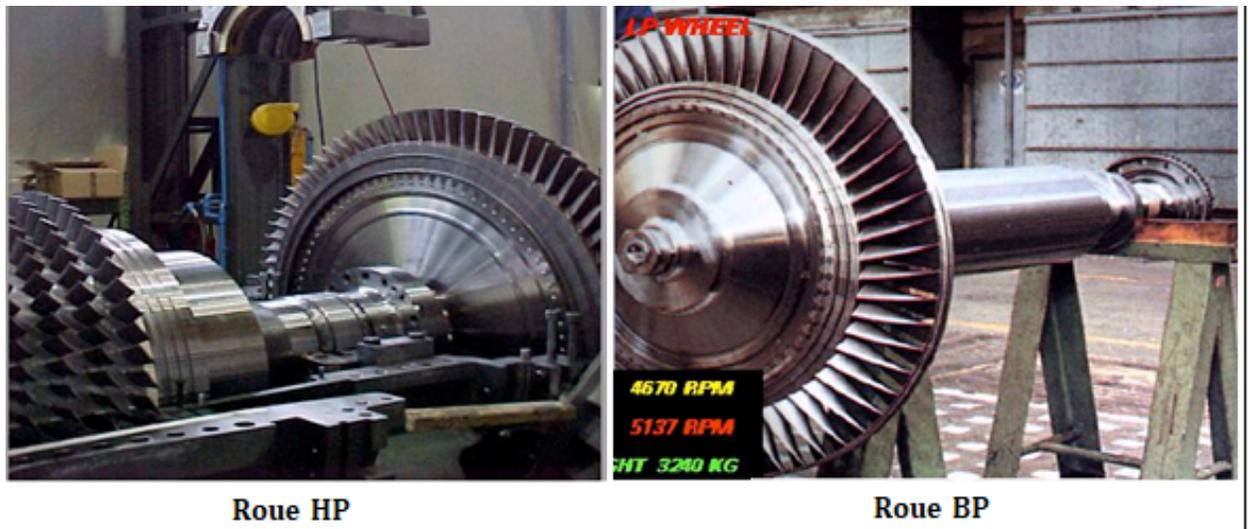


Figure 18 : Roues de la turbine.

- **Les paliers** : La turbine à gaz possède 4 paliers principaux de type à patins oscillant qui supportent le rotor du compresseur axial et celui de la turbine ainsi qu'un palier de butée prévus pour supporter les charges de poussée engendrées sur les surfaces rotoriques de la turbine à gaz :
 - ❖ **Palier N°1** : se trouve dans le corps d'admission du compresseur axial.
 - ❖ **Palier N°2** : se trouve dans le corps de refoulement du compresseur axial.

- ❖ **Paliers N°3 et 4** : supportent le rotor de turbine BP.



Figure 19 : Le palier de la turbine.

III.4.8 La section d'échappement :

III.4.8.1 Le plenum (Cadre d'échappement) :

C'est une structure dans laquelle les gaz d'échappement de la turbine sont évacués avant d'être libérés dans l'atmosphère. Il est situé à l'extrémité arrière de la base de la turbine et renferme le châssis d'échappement, le diffuseur.

III.4.8.2 Le caisson d'échappement :

Il a la même forme que le plenum mais il est destiné à décharger puis libérer vers atmosphère les gaz d'échappement. Il comporte le cadre d'échappement et les silencieux et est reliés par des joints de dilatation au plenum. La cheminée doit être assez élevée pour permettre un refroidissement progressif des fumées et le dégagement de celle-ci dans des endroits sécurisés.



Figure 20 : L'échappement de la turbine.

III.4.9 Les auxiliaires de la turbine :

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

- Les systèmes de commande comprennent généralement les dispositifs nécessaires à la commande de la turbine pour le démarrage normal, le fonctionnement et la mise en charge. Ils comprennent également les fonctions de commande de vitesse, de température, commande de lancement et commande de combustible.
- Les systèmes de protection sont ceux nécessaires à assurer la protection pour un lancement et une mise à l'arrêt normaux ainsi qu'à éviter des incidents en cas de mauvais fonctionnement ou de conditions anormales ou d'urgence. Ces conditions anormales peuvent être le résultat d'un défaut mécanique ou d'une défaillance dans le système de commande.

Ces systèmes comprennent :

- **Système de gaz combustible** : Ce système sert à envoyer le combustible gazeux aux chambres de combustion de la turbine à la pression et aux débits appropriés pour satisfaire à toutes les exigences de lancement et de bon fonctionnement de la turbine.
- **Système d'huile de graissage** : Ce système sert d'une part à réduire le frottement des différents paliers qui supportent le moteur, et d'autre part, à refroidir ces paliers.
- **Système d'huile hydraulique et de commande** : Ce système a des fonctions

nombreuses et comprennent entre autre l'alimentation en huile haute pression pour la commande des vannes, la directrice du deuxième étage, le fonctionnement du système de déclenchement hydraulique de protection de la turbine.

- **Système d'huile d'étanchéité** : Ce système est fourni pour empêcher la fuite de gaz comprimé a partir de l'intérieur du compresseur a travers le passage de l'arbre.
- **Système d'air d'étanchéité et de refroidissement** : La plupart de l'air comprimé est utilisée pour la combustion et une partie de cet air est retiré du compresseur du 10ème étage et utilisé comme air de refroidissement, l'autre partie provient du refoulement du compresseur et sert d'air de pressurisation. Une autre partie provient de l'air ambiant. Les différentes parties de la turbine qui doivent être refroidies sont :
 - ❖ Faces avant et arrière des roues de turbines HP et BP.
 - ❖ Tuyère 1ère étage et sa bague de retenue.
 - ❖ Enveloppe du rotor de turbine.
 - ❖ Châssis d'échappement.
 - ❖ Entretoises de support de corps cylindrique intérieur.
- **Système de protection anti-incendie** : Le CO2 est fourni à partir des cylindres à haute pression à un système de distribution qui dirige le CO2 à travers des conduites aux injecteurs de décharge situés au niveau des divers compartiments du bloc de la turbine.



Figure 21 : Les auxiliaires de la turbine.

III.5 Principe de fonctionnement :

D'abord, le rotor de la turbine HP atteint 20% de la vitesse de rotation nominale grâce à un dispositif de lancement (turbine à détente). L'air aspiré de l'atmosphère dans le compresseur est envoyé à l'aide de tuyaux à la chambre de combustion où le combustible est livré sous pression. L'air est mélangé avec du fuel gaz à l'intérieur des chambres de combustion où il est allumé à l'aide d'une étincelle de haute tension.

Après l'allumage, le combustible continuera d'être injecté dans les chambres et crée une flamme (combustion continue). les gaz chauds sont acheminés vers la roue HP, la détente de ces gaz chauds à haute pression produit le travail nécessaire pour l'entraînement de la roue HP et par la suite le compresseur axial qui à son tour fait augmenter la pression de refoulement du compresseur. Les gaz détendus dans la roue HP sont véhiculés à travers la directrice du second étage vers la roue BP où ils subissent une autre détente ; le rotor de la turbine de basse pression (BP) commence à tourner et entraîne par la suite le compresseur centrifuge (la charge), et tous les deux rotors de la turbine vont accélérer jusqu'à la vitesse d'exploitation.

Les produits de la combustion se détendent d'abord à travers la roue HP en suite à travers la roue BP ; la rotation de l'arbre du compresseur entraîne les auxiliaires avec lui. A la détente BP, les gaz chauds font tourner l'arbre de puissance (ainsi que la charge) avant d'être évacuer à l'atmosphère. Le rotor tourne en sens contraire aux aiguilles d'une montre quand vu de l'extrémité en entrée.

III.6 Conclusion :

Au cours de ce chapitre nous avons mis en évidence les différentes composantes ainsi que le principe de fonctionnement de la turbine à gaz, afin de mieux expliquer son système de commande.

CHAPITRE IV :

Maintenance de la turbine à gaz

(MS5002B)

IV. Maintenance appliquée sur les turbines à gaz (MS5002B) :

IV.1 La maintenance systématique (les inspections à l'arrêt) :

Elle nécessite le démontage de la turbine à différents degrés :

IV.1.1 Une inspection du système combustion (CI) : chaque 8000h de fonctionnement :

Une inspection du système combustion réclame un temps d'arrêt relativement court de la turbine à gaz afin de vérifier l'état des éléments suivants :

- Brûleur.
- Chambre de combustion (chemise, chapeau, douille d'écoulement).
- Tubes d'interconnexion.
- Bougies d'allumage.
- Détecteurs de flammes.

Elément	Objet de l'inspection	Actions potentielles
Chemise de combustion Chapeau de combustion	Corps étrangers Usure anormale	Réparer/remettre en état <u>Chambres de combustion</u> Criques/Erosion/Usure Réparation TBC <u>Pièce de transition</u> Usure
Brûleur Pièce de transition	Fissures Trous refroidissement obstrués	Réparation TBC Déformation <u>Brûleurs</u>
Tubes d'interconnexion Vanne de purge Clapets anti-retour	Condition TBC Oxydation/Corrosion/Erosion Traces de température excessive locale	Obturation Usure/Erosion <u>Tubes d'interconnexion</u>
Bougies d'allumage	Perte de petites particules intérieures	Usure/Températures excessive
Détecteurs de flammes Conduits de combustible aux brûleurs	Jeux Inspection au boroscope	

Tableau 6 : Inspections typiques de système de combustion.

TBC : Revêtement de Protection Thermique. Protection extérieure des chambres de combustion et des pièces de transition.

Le boroscope se compose d'un générateur de lumière, d'un conducteur de lumière flexible et d'un appareil optique rigide avec lentille haute qualité.

IV.1.2 Inspections de chemin des gaz chauds (HPGI) : chaque 16000h de fonctionnement :

Le but de ce niveau d'inspection est d'examiner les pièces de la turbine les plus soumises aux contraintes par les températures élevées du système des gaz de combustion ; cette visite comprend essentiellement :

- Directrices, tous les étages.
- Aubes du rotor, tous les étages.
- Anneaux de protection extérieurs, tous les étages.

Elément	Objet d'inspection	Action potentielle
Système de combustion Directrices, tous les étages	Voir le tableau 1 Corps étranges	Voir le tableau 1 Réparer/remettre en état
Aubes, tous les étages	Usure anormale	<u>Directrices</u> Réparation par soudure
Anneau de protection extérieure	Fissures Les trous de refroidissement sont obstrués	Revêtement de restitution
Joints à labyrinthes	Etat de revêtement	<u>Aubes</u> Dévetissage et nouveau revêtement
Thermocouple de l'espace de roue	Oxydation/Corrosion/Erosion	Durée de vie résiduelle après fluage
Carter d'échappement de turbine	Traces de la température excessive locale Perte de petites particules intérieures	
Aubes ⁽¹⁾ de refoulement compresseur axial IGV ⁽²⁾	Distorsions et déformation Jeux	

Tableau 7 : Inspections typiques de la veine des gaz chauds.

Note :

- a) Inspection au boroscope, accès au carter intermédiaire de la turbine.
- b) Inspection visuelle directrice ou au boroscope du caisson d'admission.

IV.1.3 Révision générale (MI) :

C'est une révision générale qui est faite chaque 32000 h de fonctionnement, le but d'une révision générale est d'examiner toutes les pièces intérieures du stator et du rotor, de l'admission de la chambre des filtres jusqu'aux systèmes d'échappement y compris le réducteur de charge et la machine conduite.

Élément	L'objet d'inspection ⁽¹⁾	Action potentielle
Système de combustion Veine des gaz chauds	Voir le tableau 1 Voir le tableau 2	Voir le tableau 1 Voir le tableau 2 Réparer/Remettre en état
Aubes du compresseur Roues de la turbine Queues d'aronde des aubes	Corps étrangers Usure anormale Fissures	<u>Directrices aubes</u> Détérioration du revêtement Signe de frottement Fissures
Zone supportée de l'arbre ⁽²⁾	Traces de fuite intérieure	Dommmages dus à des corps étrangers Durée de vie
Paliers Joints à labyrinthes	Oxydation/Corrosion/Erosion Perte de petites particules intérieures	résiduelle au fluage <u>Anneaux de protection du stator</u> ⁽³⁾
Système d'admission Système d'échappement D'autres systèmes auxiliaires	Distorsions et déformations Jeux	Fissures Oxydation Erosion <u>IGV</u> Usure des douilles Dommmage dû à des corps étrangers <u>Paliers et joints</u> Marquage Usure <u>Aubes du compresseur</u> Corrosion Erosion Frottement Dommmages dus à des corps étrangers

Tableau 8 : Inspections typiques de révision générale.

- Méthodes principales d'inspection : visuelle, par ressuage, par les ultrasons.
- Y compris les zones adjacentes aux joints à labyrinthes.
- Anneaux de protection extérieure, concentrique aux diamètres extérieurs des aubes.

IV.2 La maintenance conditionnelle (inspection en fonctionnement) :

Elle comprend la somme des observations faites durant le fonctionnement de l'unité. Des données en opération devant-être enregistrées pour permettre d'évaluer les performances de

l'équipement, les besoins d'entretien et d'intervention lorsque ces relevés indiquent des alarmes qui vont déclencher la turbine par la suite.

Le tableau suivant montre les paramètres importants à contrôler ainsi que leurs modes de contrôle.

Les paramètres	Mode de contrôle			
	I	E	S	P
-Vitesse de rotation de la turbine HP et BP	+			
- Température à l'échappement.	+		+	+
-Température à l'entrée de la turbine	+	+	+	+
- Vibration au niveau des paliers	+	+	+	+
- Risque de pompage	+		+	+
- Filtre à air			+	
- Température sortie du compresseur	+		+	
- Contrôle présence de la flamme			+	+
- Haute température des paliers	+		+	+
- Température d'huile de graissage	+		+	+

Tableau 9 : modes de contrôle des paramètres importants.

I : indication ; **E** : enregistrement ; **S** : signal d'alarme ; **P** : protection

IV.3 Conclusion :

Il est vivement recommandé de faire marcher le groupe à charge nulle pendant quelque minutes chaque mois pour assécher l'humidité qui se serait accumulée à l'intérieur des conduites et autres composants en raison des variations de température et d'humidité atmosphérique. Cela permettra aussi de faire ré-circuler le lubrifiant, recouvrant ainsi les pièces mobiles d'une huile de graissage qui les protégera de la corrosion.

CHAPITRE V :

Application d'AMDEC sur la turbine a gaz (MS5002B)

V. Application de l'AMDEC sur la turbine à gaz (MS5002B) :

V.1 Constitution de la presse :

La figure présente les composants de la turbine à gaz :

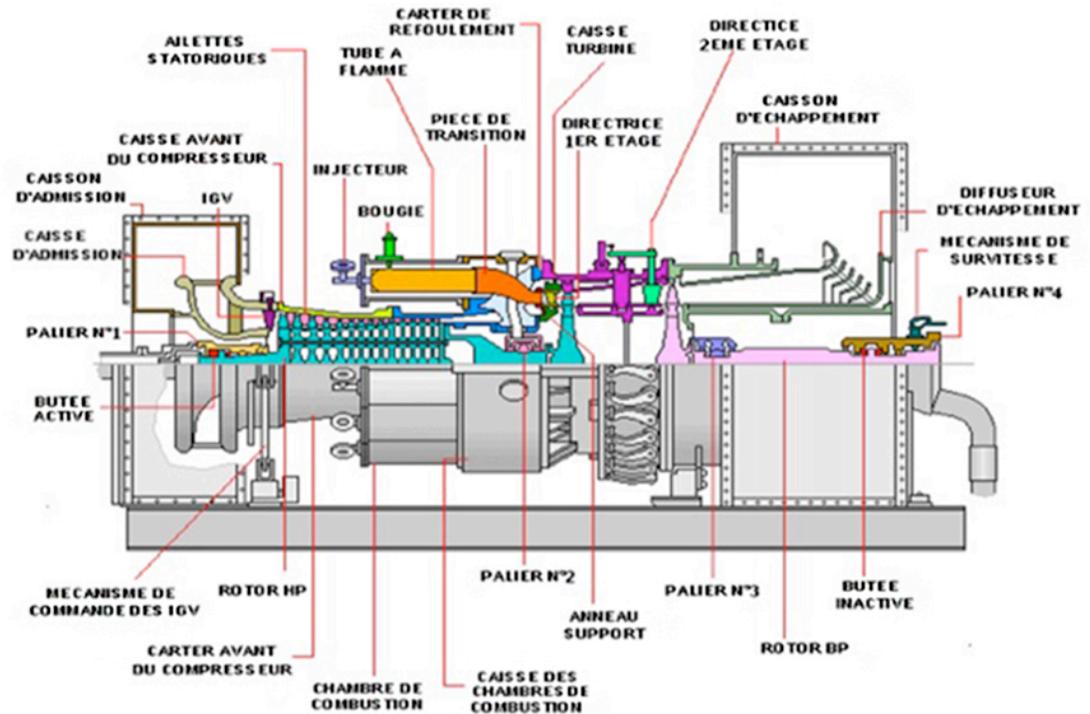


Figure 22 : Les composants de la turbine à gaz.

V.2 Application de la démarche AMDEC :

V.2.1 Initialisation

L'étude porté sur la turbine à gaz, elle est constituée essentiellement d'une turbine de lancement, un compresseur axial, chambres de combustion et la roue HP et BP.

L'objectif est de mettre au point le plan de maintenance de cette turbine et proposer des actions correctives afin d'éviter le dysfonctionnement et par suite la diminution du rendement.

V.2.2 Décomposition fonctionnelle :

Dans un premier lieu on a décomposé fonctionnellement le système :

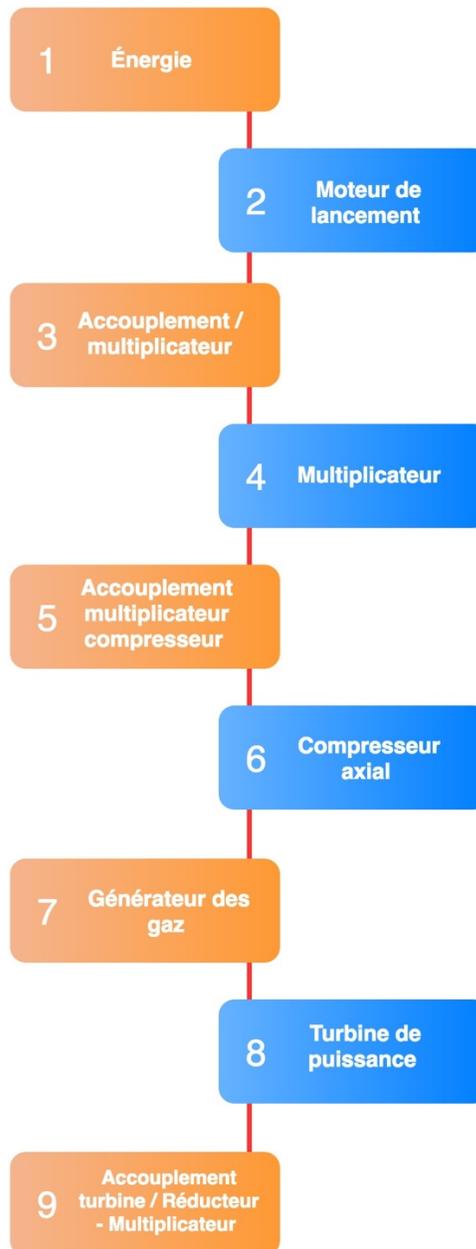


Figure 23 : Décomposition fonctionnelle du système.

V.2.3 Décomposition structurelle :

L'AMDEC est une méthode de réflexion créative qui repose essentiellement sur la décomposition fonctionnelle de système en éléments simples jusqu'au niveau des composants les plus élémentaires, Le découpage arborescent a été réalisé selon trois sous-systèmes. Chaque sous-système est décomposé jusqu'aux organes les plus élémentaires.

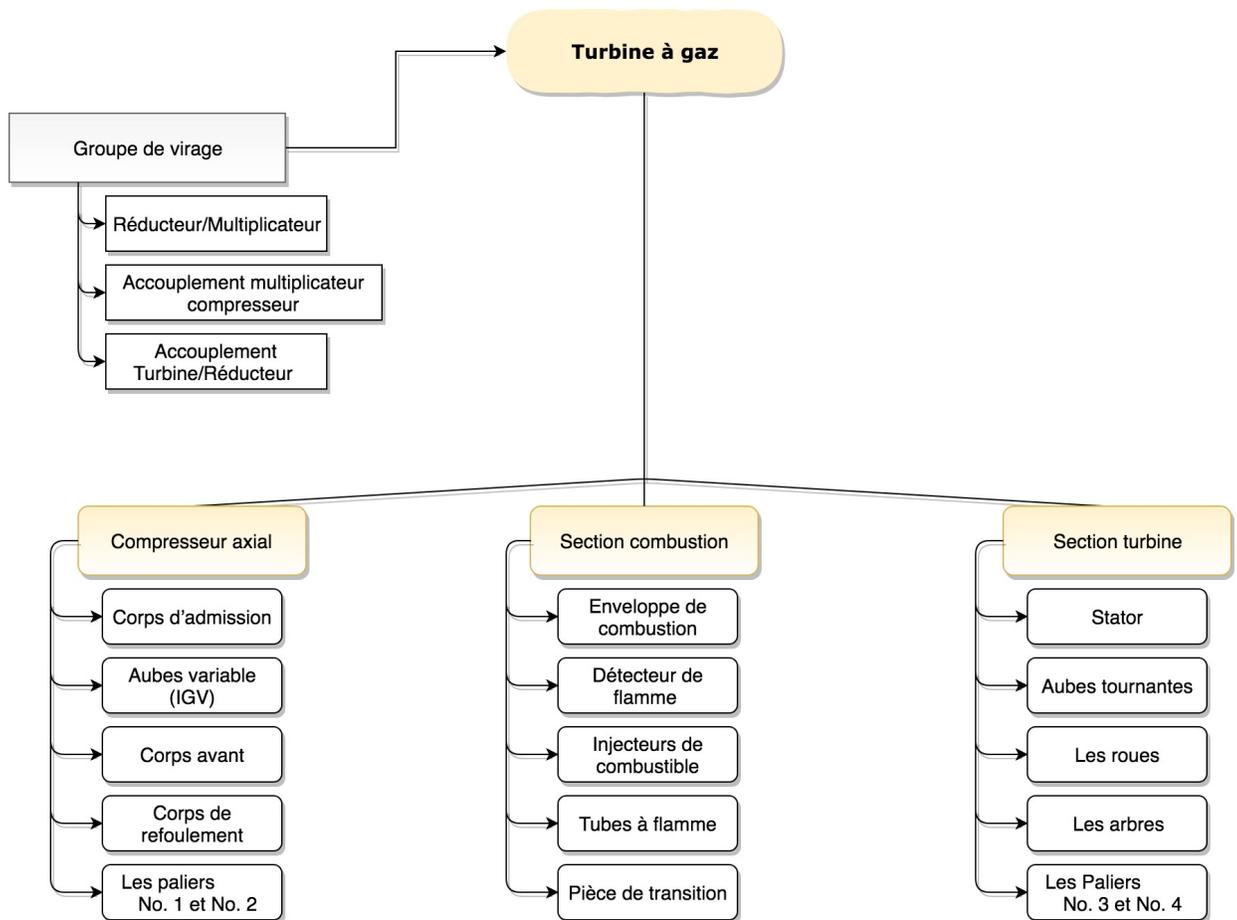


Figure 24 : Décomposition structurelle de la turbine à gaz type (MS5002B).

Après avoir fini la décomposition structurelle et fonctionnelle de la turbine à gaz, nous allons maintenant appliquer l'AMDEC pour chaque élément de cette turbine.

❖ **Sous-système 1 : Compresseur axial.**

Date de l'analyse: 02/05/18	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ			
	Système : Turbine à gaz		Sous-systèmes 1 : Compresseur Axial	
Elément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
Corps d'admission	Diriger l'air de manière uniforme dans le compresseur	- Usure - Rupture	- Corrosion	Mauvaise filtration d'air
Aubes variable (IGV)	Permettre à la turbine d'accélérer rapidement et en douceur, cela avec des débits d'air variables	- Corrosion - Erosion	- Mauvaise filtration d'air - Mauvais fonctionnement de système hydraulique	Pompage de compresseur
Corps avant	Transférer les charges des dix premiers étages du stator du compresseur et fixation les aubes du stator	- Cassure - Fissure	- Fatigue - Mauvaise conception	Pompage de compresseur
Corps de refoulement	Equilibrer le pompage de compresseur, former les parois du diffuseur et relier le compresseur aux stators de la turbine de 1ère étage (roue HP)	- Cassure - Fissure	- Fatigue - Mauvaise conception	Pompage de compresseur
Les paliers No. 1 et No. 2	Soutienne le rotor du compresseur/turbine de haute pression et assurer le graissage	- Usure - Cassure	- Fatigue - Mauvais alignement - Mauvais graissage	- Vibration -Echauffement - Blocage de rotor HP

Tableau 10 : : Sous-système 1 : Compresseur axial.

❖ **Sous-système 2 : Section combustion.**

Date de l'analyse: 02/05/18	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ			
	Système : Turbine à gaz		Sous-systèmes 2 : Section combustion.	
Elément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
Enveloppe de combustion	Renfermer les chambres de combustion + la pièce de transition et transférer l'air de refoulement	- Usure - Déformation	- Echauffement local - Fatigue	Mauvaise combustion
Détecteur de flamme	Envoyer l'indication de présence ou absence de flamme au système de commande	- Défectueux	- Chocs - Vibrations - Echauffement local	La turbine ne démarre pas
Injecteurs de combustible	Emettre une quantité mesurée de fuel gaz dans la chemise de combustion	- Grippage - Usure	- Fatigue - Echauffement local	Mauvaise combustion
Tubes à flamme	Relier les 12 chambres de combustion et permette la propagation de la flamme	- Flambage - Usure	- Echauffement - Corrosion - Fatigue	Mauvaise combustion
Pièce de transition	Transformer les gaz chauds à la directrice de 1ère étage (roue HP)	- Fissures - Gonflage	- Fatigue - Mauvaise conception	- Echauffement local - Basse vitesse HP

Tableau 11 : Sous-système 2 : Section combustion.

→ **Sous-système 3 : Section turbine.**

Date de l'analyse: 02/05/18	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ			
	Système : Turbine à gaz		Sous-systèmes 3 : Section turbine.	
Élément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
Stator	Former la structure de la turbine à gaz	- Usure - Déformation	- Pompage de compresseur - Fatigue	Mauvais fonctionnement
Aubes tournantes (Nozzles)	Former tuyère à angle variable pour commander la vitesse de la roue BP	- Corrosion - Rupture	- Mauvaise filtration de gaz combustible - Echauffement	Mauvais fonctionnement de la roue BP
Les roues	Renfermer les aubes, assurer la rotation des rotors et assurer l'équilibrage des rotors	- Usure - Rupture	- Fatigue - Mauvaise refroidissement	Pompage de compresseur
Les arbres	Former les rotors de turbine (rotor HP, rotor BP/charge) et assurer l'accouplement	- Érosion - Fissure - Jeux du bout	- Mauvais graissage - Mauvais alignement	- Pompage de compresseur - Mauvais fonctionnement
Paliers No.3 et No.4	Soutiennent le rotor de basse pression/charge de turbine et assurer le graissage	- Usure - Cassure	- Fatigue - Vibration - Mauvais alignement	- Echauffement - Blocage de rotor BP

Tableau 12 : Sous-système 3 : Section turbine.

○ **Sous-système 4 : Groupe de virage.**

Date de l'analyse: 02/05/18	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ			
	Système : Turbine à gaz		Sous-systèmes 4 : Groupe de virage.	
Élément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet
Accouplement multiplicateur compresseur	Transmettre la puissance du moteur lancement au compresseur	- Rupture - Echauffement	- Desserrage des vis d'assemblage - Surcharge - Fatigue - Désalignement	- Mauvaise transmission - Usure des paliers - Usure des dents d'engrenages - Dégradation de fonctionnement de compresseur - Vibrations
Accouplement turbine/Réducteur	Transmettre la puissance de la turbine au réducteur	- Rupture - Echauffement	- Desserrage des vis d'assemblage - Surcharge - Fatigue - Désalignement	- Mauvaise transmission - Usure des paliers - Usure des dents d'engrenages - Dégradation de fonctionnement de compresseur - Vibrations
Multiplicateur /Réducteur	Multiplier et réduire le couple transmis et reçu	- Détérioration de dents - Endommagement des roulements	- Manque de lubrifiant - Fatigue - vibrations	- Vibrations - Mauvais fonctionnement

Tableau 13 : Sous-système 4 : Groupe de virage.

V.2.4 Analyse AMDEC :

L'analyse AMDEC a été faite pour chaque élément. L'évaluation de la criticité « C » a été réalisée par les trois indicateurs suivants :

- **F** : la fréquence d'apparition d'une défaillance ;
- **G** : la gravité de la défaillance ;
- **N** : la probabilité de non détection de la défaillance.

La valeur de « C » est obtenue par le produit des 3 notes.

$$C = F \times G \times N$$

• Fréquence

Fréquence d'occurrence		Définition
Très faible	1	Défaillance rare : moins d'une défaillance par an
Faible	2	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trimestre
Moyenne	3	Défaillance fréquente : moins d'une défaillance par mois
Forte	4	Défaillance très fréquente : moins d'une défaillance par semaine

Tableau 14 : Grille de cotation « Fréquence »

• Gravité

Niveau de Gravité		Définition
Mineure	1	Arrêt de production <30min Aucune dégradation notable.
Significative	2	Arrêt de production de 30 min à 1h. Remis en état de courte durée ou petite réparation.
Moyenne	3	Arrêt de production de 1h à 3h : changement de matériel défectueux.
Majeure	4	Arrêt de production de 2h à 6h : intervention importante sur les sous ensemble.
Catastrophique	5	Arrêt de production plus de 6h : intervention lourde nécessite des moyens coûteux, problèmes de sécurité du personnel.

Tableau 15 : Grille de cotation « Gravité »

- **Détection**

Niveau de non détection		Définition
Evidente	1	DéTECTABLE à 100% : Détection certaine de la défaillance/ Signe évident d'une dégradation/ Dispositif de détection automatique (alarme)
Possible	2	DéTECTABLE : Signe de la défaillance facilement détectable mais nécessite une action particulière (visite)
Improbable	3	Difficilement détectable peu exploitable ou nécessitant une action ou des moyens complexes (démontage)
Impossible	4	Indétectable : Aucun signe de défaillance

Tableau 16 : Grille de cotation « Détection »

Nous allons maintenant continuer l'application de l'AMDEC on calcule la F, G, N, pour chaque élément de cette turbine.

- **Sous-système 1 : Compresseur axial.**

Date de l'analyse: 02/05/18	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
	Système : Turbine à gaz			Sous-systèmes 1 : Compresseur axial.		
Élément	Détection	Fonction				Action Corrective
		F	G	D	C	
Corps d'admission	Faible débit d'air	1	4	3	12	- Nettoyage ou changement de filtre - Changer les Corps d'admission
Aubes variable (IGV)	Mark VI	1	4	3	12	- Nettoyage ou changement de filtre - Vérifier le système à l'huile hydraulique
Corps avant	Mark VI	1	4	3	12	- Changement des corps avant - Nouvelle conception

Corps de refoulement	Mark VI	1	3	3	9	- Changement des corps de refoulement - Nouvelle conception
Les paliers No. 1 et No. 2	- Bruit - Mark VI	3	3	3	27	- Vérifier le système de graissage - Changement des paliers et Contrôler la qualité des nouveaux paliers

Tableau 17 : Sous-système 1 : Compresseur axial.

- **Sous-système 2 : Section combustion.**

Date de l'analyse: 02/05/18	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
	Système : Turbine à gaz				Sous-systèmes 2 : Section combustion.	
Elément	Détection	Fonction				Action Corrective
		F	G	D	C	
Enveloppe de combustion	- Thermocouple - Mark VI	1	2	4	8	- Redressement - Changer l'enveloppe de combustion
Détecteur de flamme	Mark VI	1	4	4	16	- Changer le détecteur de flamme
Injecteurs de combustible	Fuite de gaz	1	2	3	6	- Traitement de la tige - Remplacement l'injecteur de combustible
Tubes à flamme	- Thermocouple - Mark VI	2	4	4	32	- Changer les tubes à flamme
Pièce de transition	- Thermocouple - Mark VI	2	3	3	18	- Changement la pièce de transition - Nouvelle conception

Tableau 18 : Sous-système 2 : Section combustion.

1. Sous-système 3 : Section turbine.

Date de l'analyse: 02/05/18	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
	Système : Turbine à gaz			Sous-systèmes 3 : Section turbine.		
Élément	Détection	Fonction				Action Corrective
		F	G	D	C	
Stator	- Bruit - Mark VI	1	2	4	8	- Redressement - Vérifier le stator
Aubes tournantes (Nozzles)	Mark VI	1	4	4	16	- Nettoyage ou changement de filtre - Changer les aubes tournantes
Les roues	- Bruit - Mark VI	1	2	4	8	- Vérifier le système de refroidissement - Changer les roues
Les arbres	- Bruit - Mark VI	1	3	4	12	- Vérifier le système de graissage et le système de refroidissement
Paliers No.3 et No.4	- Bruit - Mark VI	1	4	4	16	- Vérifier le système de graissage - Changement des paliers

Tableau 19 : Sous-système 3 : Section turbine.

❖ **Sous-système 4 : Groupe de virage.**

Date de l'analyse: 02/05/18	AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
	Système : Turbine à gaz			Sous-systèmes 4 : Groupe de virage.		
Elément	Détection	Fonction				Action Corrective
		F	G	D	C	
Accouplement multiplicateur compresseur	- Visuel - Echauffement	3	3	1	9	- Réalignement - Serrage de système de fixation - Changement d'accouplement
Accouplement turbine/Réducteur	- Visuel	3	3	1	9	- Réalignement - Serrage de système de fixation
Multiplicateur /Réducteur	Echauffement -Bruit -Mark VI	4	3	2	24	- Changement des engrenages - Changement des roulements - Assurer une bonne lubrification

Tableau 20 : Sous-système 4 : Groupe de virage.• **Note :**

Mark VI c'est un logiciel de commande relié à la salle de contrôle avec le câblage électrique, il détecte les différents anomalies de la turbine à gaz comme (la chute de pression, manque d'huile de lubrification, détecteur de fumer, défaut de sonde etc...).

V.2.5 Application de l'analyse PARETO :

On va faire l'analyse PARETO en se fixant pour l'instant sur la recherche des éléments critiques, qui rendent le système défaillant et qui diminuent la disponibilité de la turbine à gaz.

Pour bien sélectionner les composants critiques dans la turbine à gaz, on va réagir sur les résultats de l'analyse faite pour chaque élément basé sur la criticité « C ».

N	Classification	Criticité	Cumulé des criticité	%Cumulé
1	Tubes à flamme	32	32	12.59
2	Les paliers No. 1 et No. 2	27	59	23.22
3	Multiplicateur/Réducteur	24	83	32.67
4	Pièce de transition	18	101	39.76
5	Détecteur de flamme	16	117	46.06
6	Aubes tournantes	16	133	52.36
7	Paliers No.3 et No.4	16	149	58.66
8	Corps d'admission	12	161	63.38
9	Aubes variable (IGV)	12	173	68.11
10	Corps avant	12	185	72.83
11	Les arbres	12	197	77.55
12	Corps de refoulement	9	206	81.10
13	Accouplement multiplicateur compresseur	9	215	84.64
14	Accouplement turbine/Réducteur	9	224	88.18
15	Enveloppe de combustion	8	232	91.33
16	Stator	8	240	94.48
17	Les roues	8	248	97.63
18	Injecteurs de combustible	6	254	100

Tableau 21 : Analyse PARETO.

V.2.5.1 Diagramme PARETO :

À partir des données du tableau on a pu déduire le diagramme représenté sur la figure suivante :

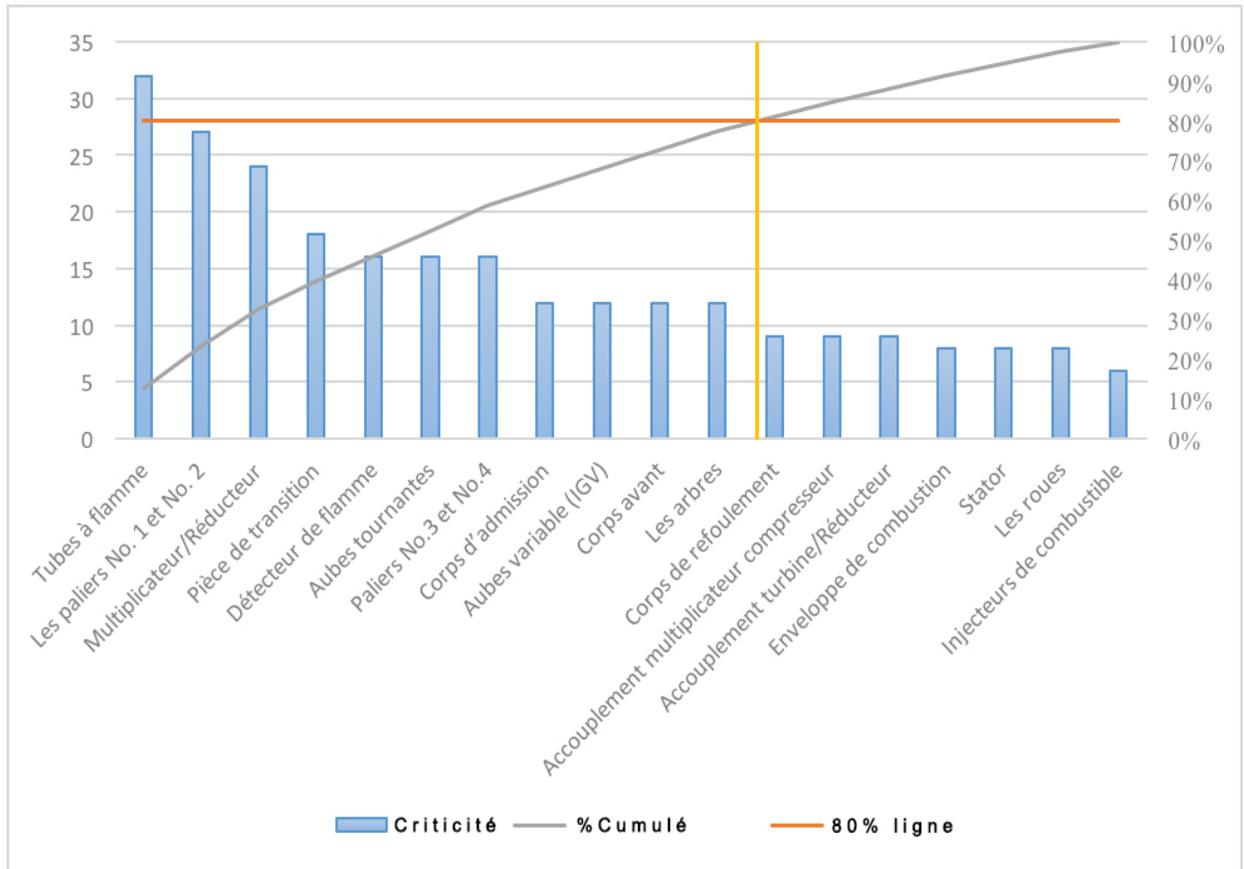


Figure 25 : diagramme de Pareto pour la criticité.

V.2.6 Interprétation des résultats de l'analyse :

Ce travail a montré la faisabilité de conduire une méthode d'analyse dysfonctionnelle. Cette approche est basée sur l'analyse AMDEC. La mise en œuvre d'une telle démarche montre sa contribution dans la réduction des défaillances. En effet elle permet :

- de définir les exigences de sûreté de fonctionnement de manière précise ;
- d'identifier les fonctions critiques pour le système ;
- de définir la politique de maintenance pour le système et ses composants.

La criticité des conséquences de différentes fonctions critiques pour le système, a été appréciée selon des échelles de probabilité et de gravité. Au niveau de la fiabilité du système, nous avons identifié les composants sur lesquels une attention particulière doit être portée.

L'exemple traité dans le cadre de ce travail a été développé suivant une méthode logique et structurée. Elle a permis de mieux maîtriser le système étudié tout en identifiant les maillons faibles.

D'après le tableau n21 et la représentation graphique n25, on a considéré 3 catégories de criticité selon le tableau suivant :

Catégories	Niveau de criticité
1	$1 \leq C < 12$ Criticité négligeable
2	$12 \leq C < 16$ Criticité moyenne
3	$16 \leq C \leq 32$ Criticité élevée

Tableau 22 : Les 3 catégories de criticité.

On a choisi la valeur 12 comme seuil de criticité. Les éléments dont la criticité supérieure ou est égale à 16 sont regroupés dans le tableau. C'est sur ces éléments qu'il faut agir en priorité en engageant des recommandations appropriées.

V.2.7 Actions d'amélioration :

- Pour l'amélioration de la disponibilité de la turbine à gaz MS5002B, il faut concentrer les actions de maintenance sur la 1ère catégorie en appliquant une maintenance systématique (contrôle, nettoyage, lubrification, ...) et maintenance conditionnelle (capteurs, ...).
- Pour la 2ème catégorie il faut appliquer une maintenance préventive systématique (changement des équipements périodiquement). Pour le reste d'équipements on peut appliquer une maintenance corrective.

V.2.7.1 Recommandations :

- Pour les tubes à flamme il faut appliquer une maintenance préventive systématique alors on peut diminuer la fréquence de 2 à 1 alors la criticité devient 16 au lieu de 32.
- Il faut vérifier le niveau d'huile et sa circulation dans le circuit d'huile de lubrification quotidiennement pour diminuer la fréquence des pannes de paliers 1 et 2 alors on peut diminuer la criticité de 27 à 09.

❖ Conclusion générale :

L'évaluation de performance des systèmes industriels est un élément essentiel du pilotage des entreprises .la sûreté de fonctionnement rend compte de l'aptitude des systèmes à remplir sa mission et à résister aux défaillances matérielles, ainsi qu'aux agressions de son environnement.

Dans notre travail, nous avons appliqué la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) pour déterminer les paramètres critiques qui caractérisent le degré de défaillance des équipements dans la turbine à gaz. Ceci permet de bien es organes par le choix correct du type de maintenance à appliquer.

Nous avons relevé quatre facteurs essentiels de la fiabilité:

1. Le taux de défaillance: c'est une fonction du temps dans chaque phase de la vie de l'équipement.
2. Le recueil des données de fiabilité qui est souvent difficile: il dépend essentiellement de l'organisation et de la gestion de la maintenance afin de bien suivre l'exploitation des équipements.
3. Les défaillances ont des origines particulières et différentes.
4. La méthode d'analyse des défaillances dans les systèmes devient de plus en plus, complexe et variée.

Cette étude a présenté des résultats qui auront tous leur sens lorsque les actions à la fois correctives et préventives seront mises en œuvre et dans un bref délai afin de mesurer l'impact des changements et de recorriger les valeurs de criticité.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

❖ Références bibliographiques :

Documentation interne de Oued noumer.

AFNOR. (1999). *Comment Réussir votre Maintenance*. AFNOR.

Centre de d développement d'application des techniques pétrolières. (2001). *Manuel de maintenance*. NAFTOGAZ.

D. BOTTEL, C. H. (1987). *Guide de la maintenance*. Edition NATHAN.

Document de l'entreprise. (1987). *Manuel d'utilisation de la turbine à gaz MS 5002b*. Florence : Pignone Nuovo.

G, Z. (2007). *Diagnostic des défaillances (théorie et pratique pour les systèmes industriels)*.

M.RABAH. (2003). *Cours turbine à Gaz*. école nationale polytechnique.

Maintenance industrielle - Fonction maintenance (Vol. NF). (2002). AFNOR.

Raczon, F. (1999). *Cours d'Opération et d'Entretien et Manual d'instructions pour l'opérateur*. Algérie. Caterpillar Company.

T, A. (01/10/2006). *Introduction au diagnostic des défaillances*. Paris : Laboratoire A2SI-ESIEE-Paris.

❖ Résumé:

De nos jours, la maintenance joue un rôle primordial dans l'amélioration de la disponibilité des équipements et l'accroissement de leur productivité.

Les turbines à gaz ont des rôles très importantes dans l'industrie des hydrocarbures pour produire de l'énergie, Néanmoins ces machines sont soumises à des mécanismes de dégradations major. Dans ce sens, Nous présentons dans le cadre de notre projet de fin d'études une analyse des différentes pannes d'une turbine à gaz industrielle utilisée dans une station pétrolière et d'instaurer une politique de maintenance.

L'importance de la maintenance et l'application de son programme permettant la préservation du bon état de fonctionnement de l'installation, Pour mener une étude structurée de base scientifique, nous avons fait appel principalement à l'AMDEC pour l'analyse des modes de défaillances. Ensuite, en se basant sur les résultats de l'AMDEC, des actions préventives ont été proposées pour l'ensemble des éléments. Ces actions sont à mettre en application pour un meilleur fonctionnement et une durée de vie optimale.

Mots clés: maintenance, disponibilité, panne, turbine à gaz, AMDEC.

❖ Abstract:

Nowadays, the maintenance is critical in improving the availability of equipment and increasing productivity.

Gas turbines have very important roles in the oil and gas industry to produce energy, but these machines are subject to major degradation mechanisms. In this sense, we present as part of our end-of-studies project an analysis of the various failures of an industrial gas turbine used in an oil station and establish a maintenance policy.

The importance of the maintenance and the application of its program allow the preservation of the good state of functioning of the equipment, to carry out a structured study of scientific basis, we appealed mainly to the FMEA for analysis of modes of failure. Then, based on the results of the FMEA, preventive actions were proposed for all elements. These actions are to be implemented for best operation and maximum life.

Keywords: maintenance, availability, failure, gas turbines, FMEA

