



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

ANALYSE DES RISQUES LIES AU SYSTEME TURBOALTERNATEUR
AU NIVEAU DE LA SOCIETE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE « SPE »
UNITE DE TIARET
(APPLICATION DES METHODES AMDEC ET HAZOP)

Présenté et soutenu publiquement par :

ALI BOUMEDIENE Oussama

DIAF Bilal

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Dr BENATIA Nouredine	MAA	Univ d'Oran 2	Président
Pr LOUNIS Zoubida	PR	Univ d'Oran 2	Encadreur
Dr TALHI Mama	MAA	Univ d'Oran 2	Examineur

Juin 2017

Dédicaces

On dédie ce mémoire

A nos parents pour leur amour inestimable, leur confiance, leur soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su nous l'inculquer.

A nos sœurs ainsi qu'à nos frères pour leur tendresse, leur complicité et leur présence malgré la distance qui nous sépare.

Aux personnes sans lesquelles on n'aurait jamais eu accès aux différents documents qui nous ont permis de rédiger ce travail.

A toute nos familles ainsi qu'à nos amis

Oussama&Bilal

Remerciements

Nous tenons à remercier notre encadreur professeur **LOUNIS Zoubida** notre encadreur, à l'Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle de l'Université d'Oran 2, de nous avoir accueillies dans son équipe et d'avoir accepté de diriger ce travail. Sa rigueur scientifique, sa disponibilité et ses qualités humaines nous ont profondément touchées.

Nous tenons à remercier sincèrement les membres du jury qui nous font le grand honneur d'évaluer ce travail.

Nous tenons aussi à remercier toute l'équipe de la station de la production d'électricité de Tiaret pour nous avoir accueilli et assuré le bon déroulement du stage et l'élaboration de ce mémoire.

Ce mémoire a nécessité, l'aide et le soutien de plusieurs personnes travaillant à la station, donc nous aimerions remercier tous particulièrement et à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes :

- Mr DAHMANI Mohamed, responsable HSE pour son accueil, son aide et ses informations.
- Mr GRAICHI Amine, ingénieur en sécurité pour les différentes informations et le temps qu'il nous a consacré.
- Mr BRICK Houssine ingénieur en électromécanique pour son aide précieuse.

Ainsi que tout le reste de l'équipe de la SPE de Tiaret y compris le département des ressources humaines pour leur aide et leur affectation.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à tous nos professeurs de IMSI et tous les camarades pour leurs encouragements et pour l'ambiance agréable tout au long de ce parcours.

Résumé

L'énergie électrique est un facteur essentiel de développement et de l'évolution des sociétés humaines, que ce soit sur le plan de l'amélioration des conditions de vie ou sur le plan du développement des activités industrielles.

Pour la production de l'énergie électrique et son expédition vers leurs clients de façon permanente et pour des fins d'utilisation interne; les industries de production de l'énergie électrique ont besoin des grandes machines qui produisent une énergie importantes; comme le turboalternateur.

Notre étude est basée sur l'analyse des risques sur le turboalternateur de la société de production d'électricité de Tiaret.

L'objectif de cette étude est d'effectuer une analyse de risque fonctionnelle par la méthode AMDEC pour comprendre le fonctionnement de chaque composant du Turboalternateur ainsi que d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du Turboalternateur.

Aussi une analyse dysfonctionnelle par la méthode HAZOP pour avoir une idée sur les déviations relatives au système et leurs conséquences.

Une série de recommandations et de propositions sont présentées dans les conclusions de notre travail afin de renforcer la prévention et de réduire le risque sur le turboalternateur.

Mots clefs : analyse des risques, centrale thermique, production de l'électricité, turboalternateur, HAZOP, AMDEC.

Abstract

Electric energy is an essential and main point in development and evolution of human societies and on both better condition and development of industrial actuaries.

To product this force, expeditions towards costumers and business part should be regular in order to get final interne uses.

Factories concerned need high and modern machines and meaningful; method to product an important and smart energy such us turbo generator.

So, our study is based on analyzing the different effect of this product and its influence on our society of Tiaret.

The aim of this study is done according to the FMEA method that consists on the unroll known of the function of each that composes this energy its causes and effects as far as the HAZOP is followed

By the end of our research, we have the opportunity to provide you with a list of suggestion, advice and command to know how this method is harmful or helpful in order to prevent the negative side.

Key words: Analyzing the bad effects, analyzing the negative aspect, Electricity production, HAZOP, FMEA.

الملخص:

الطاقة الكهربائية هي عامل أساسي للتنمية وتطور المجتمعات البشرية، سواء من حيث تحسين ظروف الحياة أو من حيث تطوير الأنشطة الصناعية.

مؤسسات إنتاج الطاقة الكهربائية بحاجة إلى آلات كبيرة التي تنتج الطاقة بشكل كبير، مثل المولد التوربيني، لإنتاج الطاقة الكهربائية وتوزيعها إلى زبائن بشكل دائم وكذلك لأغراض الاستخدام الداخلي.

دراستنا تستند إلى تحليل المخاطر على المولد التوربيني في شركة إنتاج الكهرباء بتيارت، والهدف من هذه الدراسة إجراء تحليل للمخاطر الوظيفية بطريقة "FMEA" لفهم أداء كل عنصر من عناصر المولد التوربيني، فضلا عن تقدير مخاطر الفشل والعواقب المترتبة على أداء المولد التوربيني، أيضا إجراء تحليل الاختلالات بطريقة "HAZOP" للحصول على فكرة عن الانحرافات المتعلقة بالنظام وعواقبها.

و في الأخير سلسلة من التوصيات والاقتراحات مقدمة من أجل تعزيز الوقاية والحد من المخاطر على المولد التوربيني.

الكلمات المفتاحية: تحليل المخاطر، توليد الطاقة الكهربائية، المولد التوربيني، FMEA، HAZOP.

Liste des abréviations

BP : British Petroleum Company

SPE : Société Algérienne de Production de l'Électricité

HAZOP : Hazard and Operational Study

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et leur Criticité

C : La criticité

D : la défaillance

F : la fréquence

G : la gravité

SDF : Sûreté De Fonctionnement

APR : Analyse Préliminaire des Risques

AFNOR : Association Française de Normalisation

IPR : Indice de Priorité des Risques

ICI : Impérial Chemical Industries

UIC : L'Union des Industries Chimiques

PID : Piping and Instrumentation Diagram

AdD : l'arbre des défaillances AdD

SAEF : Société Algérienne d'Eclairage et de Force

SKTM : Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida

SKS : Shariket Kahraba Skikda

SKB : Shariket Kahraba Berrouaghia

SKH : Shariket Kahraba Hadjret Ennouss

SKD : Shariket Kahraba de Koudiet Edraouch

RIA : Robinet d'Incendie Armé

ORSEC : plan Organisation de Sécurité

APC : l'Assemblée Populaire Communale

IGV/EGV : les aubes orientables du compresseur axial

f.é.m : force électromotrice

TC : thermocouple

HSE : Hygiène, sécurité et environnement

SRV : la vanne arrêt/détente de la pression du gaz

GCV : la vanne de contrôle du combustible

Liste des unités

symbole	signification	désignation
MW	mégawat	Unité de mesure de puissance.
A	ampère	C'est l'unité de mesure de l'intensité du courant électrique.
V	volt	Une unité de force électromotrice et de différence de potentiel (ou tension).
Km	kilomètre	C'est une unité de longueur valant $10^3 = 1000$ mètres
m²	mètre carré	C'est l'unité d'aire du Système international.
KV	kilovolt	Une unité de force électromotrice et de différence de potentiel (ou tension).
HZ	hertz	Unité dérivée de fréquence. Un hertz est équivalent à un événement par seconde.
Bar	barre	Barre est une unité de mesure de la pression
L	litres	C'est une unité de mesure de volume égale à un décimètre cube.
C°	degré Celsius	C'est l'unité de l'échelle de température Celsius
Kg	kilogramme	C'est l'unité de base de masse
Min	minute	C'est une unité pratique de mesure du temps
Tr / Min	Tour par minute	C'est une unité pour mesurer une vitesse de rotation

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur l'analyse des risques

Figure I.1 : Principales étapes d'une étude de SDF..... 05

Figure I.2 : Considération typique en choisissant le type d'analyse et la profondeur de l'étude.....07

Figure I.3 : Les différentes méthodes d'analyse des risques.....08

Figure I.4 : Intérêts des méthodes d'analyse de risques.....10

Chapitre II : Les méthodes de l'analyse des risques

Figure II.1 : Types de l'AMDEC.....21

Figure II.2 : Démarche pratique de l'AMDEC machine.....23

Figure II.3 : Organigrammes de HAZOP (séquence élément d'abord).....31

Chapitre III : production de l'énergie électrique et la présentation de l'entreprise

Figure III.1 : Schéma d'une centrale thermique à flamme.....39

Figure III.2: Schéma d'une centrale Nucléaire.....40

Figure III.3 : Schéma d'une centrale hydraulique.....41

Figure III.4 : une turbine Eolienne.....41

Figure III.5 : Schéma de principe d'une usine biomasse.....42

Figure III.6: Panneaux Solaires Photovoltaïque.....42

Figure III.7 : Géothermie basse énergie.....43

Figure III.8 : Une centrale Diesel.....43

Figure III.9 : Puissance installée par producteur.....44

Figure III.10 : Technique de production d'électricité en Algérie 2015.....45

Figure III.11 : Carte du Réseau National de Production et de Transport d'Electricité.....46

Chapitre IV : Identification de système Turboalternateur

Figure IV.1: Emplacement des composants principaux du turboalternateur à gaz.....58

Figure IV.2 : les différentes parties de compresseur axial.....59

Figure IV.3 : Système d'admission de l'air.....59

Figure IV.4 : Rotor de compresseur.....	60
Liste des figures	
Figure IV.5 : Stator du compresseur.....	60
Figure IV.6 : détails d'une chambre de combustion et circuit d'écoulement de l'air.....	63
Figure IV.7 : l'enveloppe de combustion.....	64
Figure IV.8 : tube de flamme.....	65
Figure IV.9 : Bougie d'allumage.....	65
Figure IV.10 : Pièces de transition.....	66
Figure IV.11: Tubes d'interconnexion.....	66
Figure IV.12 : la turbine.....	67
Figure IV.13 : les entretoises entre les roues du rotor.....	68
Figure IV.14 : segment.....	68
Figure IV.15: alternateur.....	71
Figure IV.16: rotor de l'alternateur.....	71

Liste des tableaux

Chapitre II : Les méthodes de l'analyse des risques

Tableau II.1 : Exemples de feuille de travail de l'AMDEC.....	24
Tableau II.2 : Exemples des modes de défaillances.....	25
Tableau II.3 : Exemples des causes de défaillance.....	25
Tableau II.4 : Grille de cotation de fréquence, gravité et non détection.....	27
Tableau II.5 : Limites de criticité.....	27
Tableau II.6 : Exemples de feuille de travail HAZOP.....	32
Tableau II.7 : Principal mot guide avec leur signification de conception.....	32
Tableau II.8 : Les mots guide relatives à l'heure et à un ordre ou une séquence.....	32

Chapitre IV : Identification de système Turboalternateur

Tableau IV.1 : Caractéristique du compresseur (Alsthom).....	61
---	----

Chapitre V : L'application de l'analyse des risques

Tableau V.1 : AMDEC de sous système compresseur axial.....	83
Tableau V.2 : AMDEC de sous système compresseur axial.....	84
Tableau V.3 : AMDEC de sous système Section combustion.....	85
Tableau V.4 : AMDEC de sous système Section turbine.....	86
Tableau V.5 : AMDEC de sous système Section turbine.....	87
Tableau V.6 : AMDEC de sous système Alternateur.....	88
Tableau V.7 : AMDEC de sous système Moteur excitateur.....	89
Tableau V.8 : Les éléments les plus critiques.....	90
Tableau V.9 : HAZOP de sous système Compresseur axial.....	92
Tableau V.10 : HAZOP de sous système Chambre de combustion.....	93
Tableau V.11 : HAZOP de sous système Chambre de combustion.....	94
Tableau V.12 : HAZOP de sous système Chambre de combustion.....	95
Tableau V.13 : HAZOP de sous système Partie turbine.....	96
Tableau V.14 : HAZOP de sous système Circuit d'huile.....	97

Tables des matières

Introduction générale	01
Chapitre I : Généralités sur l'analyse des risques	
Introduction.....	05
I. Définition de l'analyse des risques.....	05
II. Approche de l'analyse des risques.....	06
II.1. Analyse qualitative.....	06
II.2. Analyse Semi quantitative.....	06
II.3. Analyses quantitatives.....	07
II.4. Synthèse et conclusions.....	08
II.5. Les différentes méthodes d'analyse des risques.....	08
II.6.Objectifs - intérêts des méthodes d'analyse de risques	09
II.6.1.Objectif général des méthodes d'analyses de risques	09
II.6.2.Intérêts des méthodes d'analyse de risques.....	09
II.7.Importance de l'analyse des risques	10
III. Démarche de l'analyse des risques.....	11
III.1. Définition du système.....	11
III.2. Définition des objectifs de l'étude.....	11
III.3. Recueil des informations.....	11
III.3.1. Description fonctionnelle et technique du système.....	12
III.3.2. Description de l'environnement du système.....	13
III.3.3. Analyse des incidents/accidents passés.....	14
IV. Points forts et limites des outils d'analyse des risques.....	15
IV.1. Points forts.....	15
IV.1.1. Caractère systématique.....	15
IV.1.2. Outils d'échange et de communication.....	15

IV.1.3. Complémentarité des outils.....	16
IV.2. Limites.....	16
IV.2.1. Risques d'agressions externes.....	16
IV.2.2. Estimation du risque	17
IV.2.3. Exhaustivité.....	17
Conclusions.....	18
Chapitre II : Les méthodes de l'analyse des risques	
Introduction.....	20
I. Analyse fonctionnelle.....	20
I.1. Les méthodes d'analyse fonctionnelle	20
I.2. La méthode AMDEC (FMEA : Failure Mode Effect Analysis).....	21
I.2.1. Historique et définitions.....	21
I.2.2. Principe de base	22
I.2.3. Objectifs de l'AMDEC.....	22
I.2.4. Particularités de la méthode.....	22
I.2.5. Démarche pratique de l'AMDEC machine.....	23
II. Analyse dysfonctionnelle.....	29
II.1. La méthode HAZOP (Hazard and Operability Study).....	29
II.2. Domaine d'application.....	29
II.3. Objectifs de la méthode HAZOP.....	30
II.4. Déroulement de la méthode.....	30
II.5. Feuille de travail HAZOP.....	32
II.6. Relation avec les autres méthodes.....	33
II.7. Les avantages et les limites de la méthode.....	34
Conclusion.....	35

Chapitre III : production de l'énergie électrique et la présentation de l'entreprise

Introduction.....	37
I. Généralité sur la production de l'énergie électrique	37
I.1. Bref historique sur la production de l'électricité	37
I.2 Modes de production de l'énergie Electrique	38
I.2.1 Les centrales thermiques	38
I.2.2 Les énergies renouvelables	40
I.2.3 Centrale diesel	43
I.3 Production de l'énergie électrique en Algérie	44
I.3.1 Les débuts de l'électricité en Algérie	44
I.3.2 La Production national d'Electricité	44
I.3.3 Parc de Production National	45
I.3.4 Carte du Réseau National de Production et de Transport d'Electricité	46
II. Présentation de l'entreprise (société de production de l'énergie électrique SPE) unité de Tiaret	47
II.1. Site	47
II.1.1. Situation Géographique	47
II.1.2.Superficie	47
II.2. histoire de la centrale	47
II.3. Rôle de la centrale	48
II.4. Alimentation de la centrale	48
II.5. Les équipements présent dans la centrale ALSTHOM.....	49
II.6. Salle de commande avec système contrôle commande.....	50
II.7.les sources de danger et leur zone de localisation	50
II.7.1. Produits dangereux	50
II.7.2. Appareils sous tension	51

II.7.3. Appareils sous pression	51
II.8. Moyens de sécurité	52
II.8.1. Equipements de protection	52
II.8.2 Moyens de lutte contre l'incendie	52
II.8.3. Etude des consignes de sécurité de la centrale	54
Conclusion	54
Chapitre IV : Identification du système Turboalternateur	
Introduction.....	56
I. Généralités	56
II. Compresseur	59
II.1. Le compresseur est composé de.....	59
II.1.1.Système d'admission	59
II.1.2.Rotor	60
II.1.3. Stator	60
II.2. Caractéristique du compresseur.....	61
II.3. Système anti-pompage	62
II.4. Détecteurs et instruments de mesure	62
III. Section combustion	62
III.1. Chambre de combustion	62
III.1.1. Carter des chambres de combustion	64
III.1.2. Tube de flamme	64
III.1.3. Enveloppe intermédiaire	65
III.1.4. Injecteur de combustible	65
III.1.5. Bougie d'allumage	65
III.1.6.Pièces de transition	66
III.1.7. Tubes d'interconnexion	66

III.1.8. Détecteur de flamme aux ultraviolets	66
III.2. Caractéristiques des chambres(Alsthom)	66
IV. La turbine	67
IV.1. Rotor	67
IV.1.1. Arbre avant	67
IV.1.2. Arbre Arrière	67
IV.1.3. Roue turbine	67
IV.2. stator	68
IV.2.1. Corps turbine	68
IV.2.2. Diaphragme	69
IV.2.3. Segment de protection	69
IV.2.5. Cadre d'échappement	69
IV.3. Détecteur et instruments de mesure	69
V. Alternateur	70
V.1. Composants de l'alternateur	71
V.2.1 Rotor	71
V.2.2. Stator	72
V.3. Caractéristiques	73
V.4. Instrument de mesure et de contrôle	74
VI. Excitation	74
VI.1. Les composantes d'Excitateur.....	75
VI.1.1. Partie fixe (stator).....	75
VI.1.2. Partie mobile (Rotor)	75
VI.2.3. Pont redresseur	76
VI.3. Caractéristiques	76
VII. Comportement des auxiliaires	76

VII.1. Convertisseur de couple	76
VII.2. Vireur	76
VII.3. Cuve à huile	77
VII.4. Pompe à huile de graissage	77
VII.5. Réducteur des auxiliaires	77
VII.6. Aero – réfrigérants	77
VII.7. Poste gaz	77
VII.8. Transformateurs	79
Conclusion.....	79
Chapitre V : L'application de l'analyse des risques	
Introduction.....	81
I. Critères de choix de système (Turboalternateur).....	81
II. Application des méthodes d'analyse des risques.....	81
II.1. Application de la méthode AMDEC.....	83
II.2. Interprétation des résultats de l'AMDE.....	90
II.3. Application de la Méthode HAZOP.....	91
II.4. Interprétation des résultats de HAZOP.....	97
III. Interprétation et recommandation.....	98
Conclusion	99
Conclusion générale.....	100
Glossaire	101
Bibliographie.....	104

Introduction générale

L'énergie est, au même titre que l'eau et la nourriture, une ressource indispensable à la vie, l'accès à l'énergie est considéré comme un élément indispensable à un développement humain pérenne. Son abondance relative a contribué de façon décisive au développement économique et technique au cours des âges.

L'apparition de l'électricité au XIXe siècle, et plus encore son développement au XXe, a révolutionné l'usage de l'énergie dans de nombreux domaines : habitat et vie domestique, circulation et traitement de l'information, transports...etc.

L'énergie électrique est un facteur essentiel de développement et de l'évolution des sociétés humaines, que ce soit sur le plan de l'amélioration des conditions de vie ou sur le plan du développement des activités industrielles.

Aujourd'hui, plus de 85% d'énergie utilisée dans le monde provient de gisement de combustible fossile (charbon, pétrole, gaz) ou d'uranium, constitués au fil des âges et de l'évolution géologique. La limitation de la quantité de ces réserves au monde, la crise successive du pétrole en 1973 et l'accroissement de la demande d'énergie dans tous les pays du monde ont conduit les pays industrialisés à chercher et à développer de nouvelles sources d'approvisionnement. La filière nucléaire était déjà lancée, mais son choix à grande échelle peut amener des conséquences graves, surtout à l'environnement, à cause de la pollution et aussi les accidents nucléaires. Les chercheurs ont développé une autre forme d'énergie dite « énergie renouvelable ». D'une part ces énergies renouvelables ont toutes l'immense avantage d'être d'origines naturelles, inépuisables et non polluantes puisqu'elles n'émettent pas de gaz favorisant l'effet de serre, CO₂. [12]

D'autre part, les réserves prouvées de pétrole de l'Algérie étaient estimées par BP⁽¹⁾ (British Petroleum Company) à 1,5 milliards de tonnes fin 2014 (12,2 milliards de barils), soit 22 années de production au rythme de 2014. Ces réserves classeraient l'Algérie au 17^{ème} rang mondial avec 0,7 % du total mondial, et au 4^{ème} rang en Afrique derrière la Libye, le Nigeria et l'Angola. Les réserves prouvées de gaz naturel de l'Algérie étaient estimées par BP à 4 500 milliards de m³ fin 2014 (159,1 trillions US de pieds cubes), soit 54 années de production au rythme de 2014. Ces réserves classeraient l'Algérie au 10^{ème} rang mondial avec 2,4 % de la réserve totale mondiale, et au 2^{ème} rang en Afrique derrière le Nigeria.

L'évaluation par Sonatrach⁽²⁾ du potentiel de gaz de schiste a été achevée, il a été évalué à près de 17 000 milliards de m³, quatre fois plus grand que les réserves de gaz conventionnel. Selon le groupe pétrolier Sonatrach⁽²⁾ le lancement de la production de gaz de schiste est prévu en 2020 et que la capacité de production serait de 30 milliards de m³ par an dès les premiers forages. [13]

Toute cette richesse dans les ressources naturelles, surtout les ressources fossiles et la faible évolution des techniques d'utilisation efficace de l'énergie renouvelable favorise l'utilisation de ces ressources à la production d'électricité.

Pour la production de l'énergie électrique et sont expédition vers leurs clients de façon permanente et pour des fins d'utilisation interne; les industries de production de l'énergie électrique ont besoin des grandes machines qui produisent une énergie importantes; le turboalternateur (turbine à gaz + alternateur) constituent l'équipement convenable à ces fins. La turbine à gaz est un moteur thermique, c'est-à-dire un moteur qui convertit l'énergie thermique en énergie mécanique. L'énergie thermique est en général produite en brûlant un combustible (gaz) avec l'oxygène de l'air. De cette manière, le moteur convertit l'énergie chimique potentielle du combustible, en premier lieu en énergie thermique, puis en énergie mécanique' alternateur entraînés par la même turbine à gaz fonctionnant à vitesse nominal de 3000tr/mn pour une production électrique a la fréquence de 50 Hz.

Ce système tient alors son importance dans le processus de production par sa fonction stratégique et sa rentabilité. En effet, il permet la production d'une importante énergie électrique à un coût réduit.

Face aux avantages ci-dessus, le turboalternateur fonctionne dans des conditions où l'apparition régulière de défaillance peut provoquer d'importants dangers. Vu la gravité des conséquences associées à ces phénomènes, nous avons trouvé judicieux de réaliser un travail basé sur l'identification des risques et les conséquences liés a ces défaillances.

Cette principale préoccupation nous a amené à analyser les risques liés au système turboalternateur de l'unité de production d'électricité (SPE) de Tiaret en s'inspirant des méthodes d'analyse des risques telles que : HAZOP, AMDEC.

Pour atteindre cet objectif, nous avons divisé notre mémoire en cinq chapitres :

- **Le premier chapitre** présente quelques notions générales relatives à l'analyse des risques et ses différentes étapes.
- **Le deuxième chapitre** consiste à une description des méthodes d'analyse de risques employées dans notre étude (AMDEC, HAZOP).
- **Le troisième chapitre** sera consacré à une présentation générale des différents modes de production de l'électricité utilisés dans le monde ainsi que la présentation de l'unité de production d'électricité de Tiaret.
- **Le quatrième chapitre** sera réservé à la définition du système Turboalternateur et l'identification de ses différentes parties.
- **Le cinquième chapitre** sera consacré à l'application des méthodes d'analyse des risques, et l'interprétation des résultats obtenus par ces dernières ainsi que des propositions d'amélioration du système pour réduire les risques potentiels.

En fin, le travail sera terminé par une conclusion.

Chapitre I :

Généralités sur l'analyse des risques

Introduction

Les industriels sont contraints de s'organiser afin de maîtriser l'intégralité de leurs processus de fabrication et de tendre vers zéro défaillance, ou en tous cas limités aux maximums les risques de dysfonctionnement.

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

Dans cette partie, nous allons présenter les notions sur l'analyse des risques, à savoir le principe, et démarche, et méthodes (outils d'analyse) suivie dans cette analyse.

I. Définition de l'analyse des risques

L'ensemble des activités ayant pour but d'identifier de façon systématique et permanente les dangers et les facteurs de risque pour évaluer le risque en vue de fixer des mesures de prévention. [01]

Dans une étude de SDF on distingue plusieurs étapes, on peut les résumer en trois principales étapes.

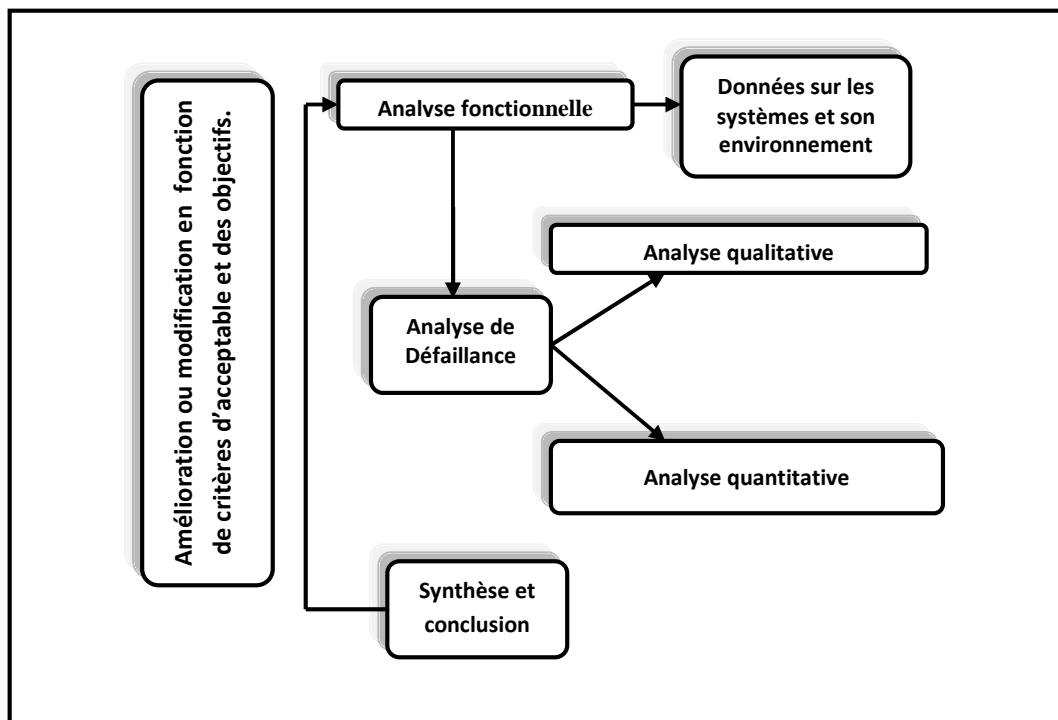


Figure I.1 : Principales étapes d'une étude de SDF. [03]

II. Approche de l'analyse des risques :

L'importance de la sûreté de fonctionnement d'un système exige une analyse de risque pour les systèmes et leur équipement. La forme de cette analyse peut changer considérablement, selon des circonstances, s'étendant des approches qualitatives descriptives aux approches quantitatives numériques. Cependant, dans toutes les approches, l'analyse de risque devrait contenir les étapes suivantes :

- Identification des mécanismes potentiels de détérioration et modes d'échec,
- Évaluation de la probabilité de l'échec de chaque mécanisme,
- Identification des scénarios d'accidents comportant l'échec de l'équipement,
- Évaluation des conséquences résultant de l'échec d'équipement,
- Détermination des risques de l'échec d'équipement,
- Rang et catégorisation de risque.

Nous pouvons observer trois approches pour l'analyse des risques :

- Qualitative,
- Semi quantitative,
- Quantitative. [03]

II.1. Analyse qualitative :

Cette analyse consiste à qualifier certains paramètres de la sûreté de fonctionnement d'un système précédemment étudié. Lors de cette étape on définit clairement l'objectif de l'étude et on précise les limites de résolution de l'analyse.

La considération des éléments précédents, doit aboutir à la proposition d'une décomposition du système en composants, puis on procédera ensuite aux choix judicieux des méthodes les plus adaptées aux objectifs de l'étude au système à analyser et aux moyens dont on dispose. Ce qui permet par la suite d'aboutir à une modélisation du système et des défaillances l'affectant. [03]

II.2. Analyse Semi quantitative :

Des catégories d'entrée sont combinées numériquement pour obtenir schématiquement une valeur (pseudo-quantitative) numérique du risque. Ces valeurs sont souvent alors réunies dans les catégories qui sont définies qualitativement.

La Figure I.2 reflète les considérations typiques qui choisissent le type d'analyse et la profondeur d'étude.[03]

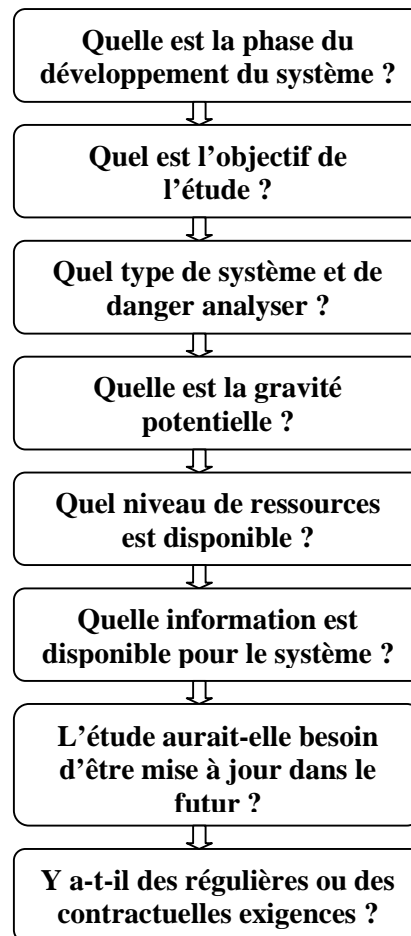


Figure I.2 : Considération typique en choisissant le type d'analyse et la profondeur de l'étude. [03]

II.3. Analyses quantitatives :

En utilisant les résultats de l'analyse qualitative réalisée précédemment, et si l'on dispose de données de fiabilité relatives aux événements élémentaires et d'informations relatives aux systèmes (données statistiques, données expérimentales...), l'analyse quantitative permet de quantifier les paramètres de la sûreté de fonctionnement du système étudié.

Les résultats de l'analyse peuvent être utilisés pour le choix de solutions et dans la prise de décision. [03]

II.4. Synthèse et conclusions :

La synthèse de l'analyse qualitative et quantitative mettra en évidence les défaillances et leurs combinaisons qui compromettent le fonctionnement du système ainsi que les composants les plus critiques ou les missions les plus importantes du système.

Les conclusions permettent de proposer des solutions au vue de l'analyse précédente telles que :

- une amélioration de la fiabilité des composants,
- une modification des redondances,
- une redondance supplémentaire peut être faite,
- une élimination de redondances inutiles,
- une adjonction de protection ou de dispositif de surveillance ou de contrôle,
- une protection supplémentaire contre des défauts de causes communes,
- une modification des caractéristiques des tests périodiques ou de la maintenance,
- une maintenance préventive sur certains composants,
- des essais périodiques supplémentaires de certains composants.[03]

II.5. Les différentes méthodes d'analyse des risques

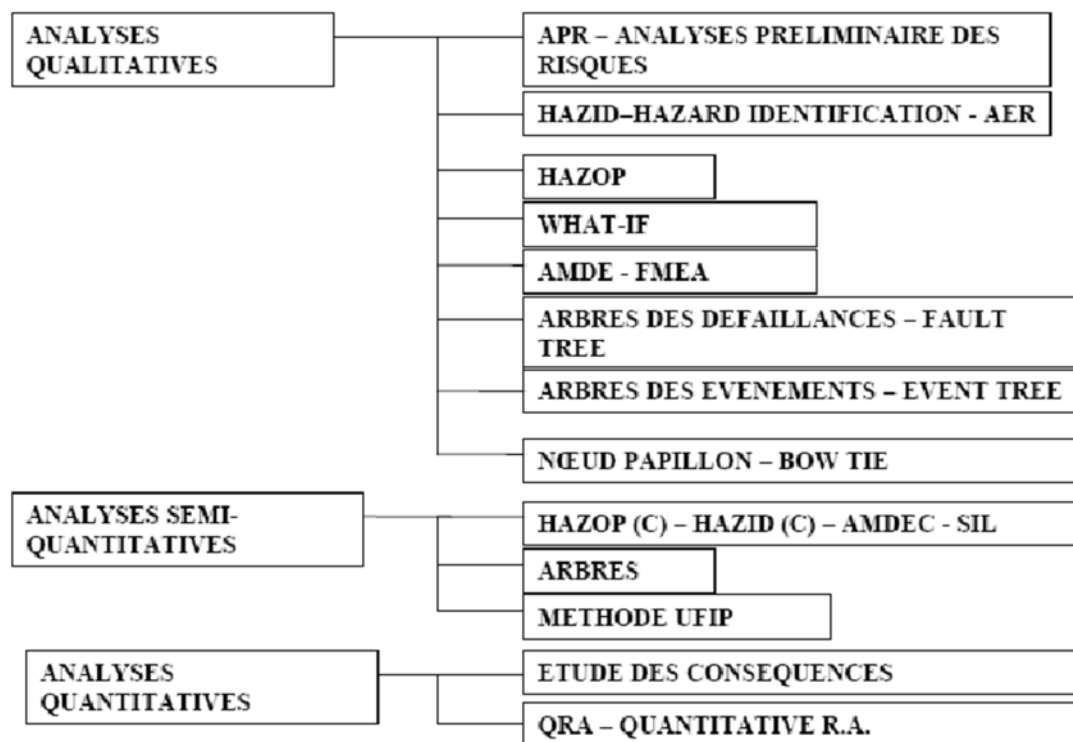


Figure I.3 : Les différentes méthodes d'analyse des risques.[04]

II.6.Objectifs - intérêts des méthodes d'analyse de risques

II.6.1.Objectif général des méthodes d'analyses de risques

- Apprécier le niveau de dangerosité(risques et conséquences) d'une installation.
- Diminuer les risques techniques à la source, pour :
 - Assurer et améliorer en continu :
 - La protection de l'exploitant
 - La protection de l'environnement et des populations
 - La qualité de la production
 - La fiabilité de l'outil
 - Se conformer à la réglementation
 - Faire des investissements appropriés au niveau de risque

II.6.2.Intérêts des méthodes d'analyse de risques

Prévues à l'origine par et pour les concepteurs elles diminuent la fréquence des accidents dus aux facteurs techniques (équipements, procédés, matériels, ...). [04]

Mais utilisables tous les jours dans les opérations courantes, dans les travaux, en situation d'incidents :

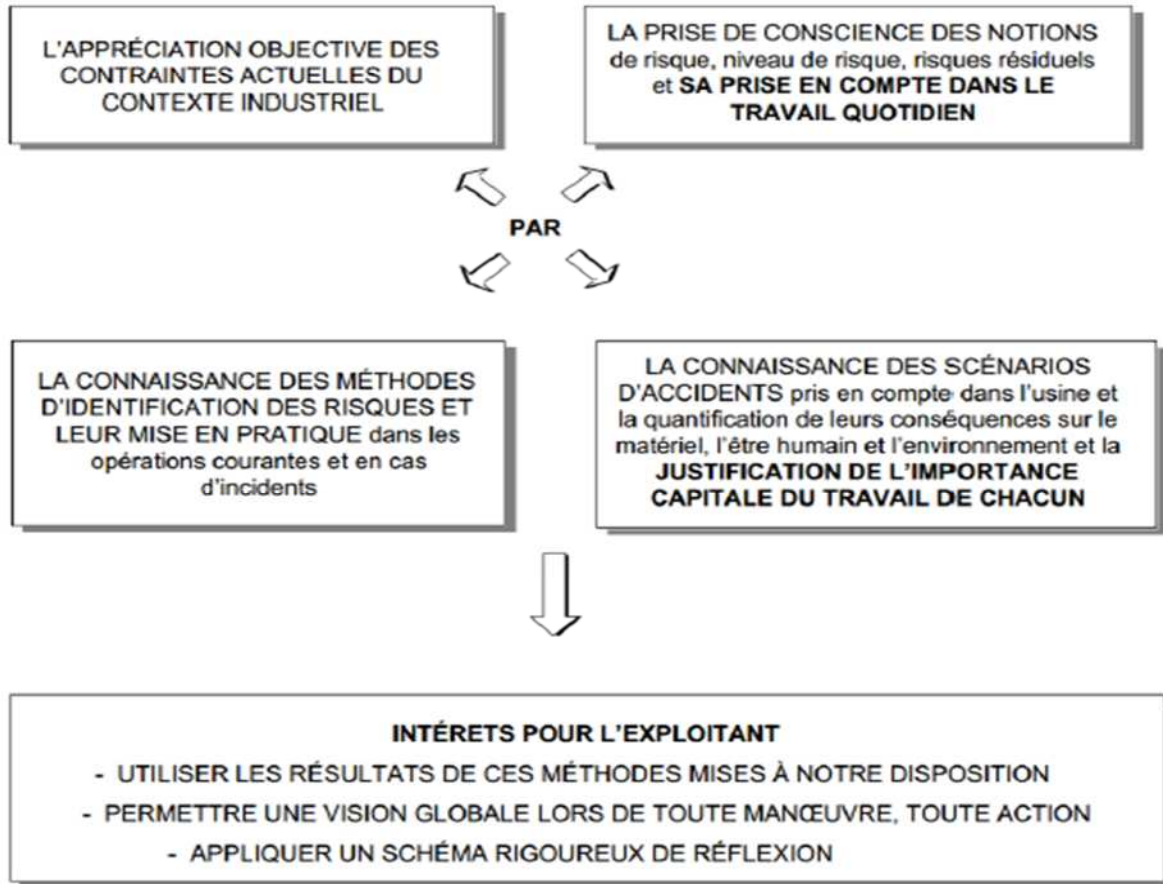


Figure I.4: Intérêts des méthodes d'analyse de risques[04]

II.7. Importance de l'analyse des risques :

L'analyse des risques permet de tenir compte du contexte particulier de l'installation étudiée en considérant notamment :

- Les conditions particulières d'exploitation : phase normale ou transitoire (arrêt, démarrage),
- l'environnement immédiat de l'installation considéré (possibilité de synergies d'accidents ou d'effets dominos...),
- l'environnement général du site (cibles potentielles d'un accident majeur, agressions externes...).[01]

III. Démarche de l'analyse des risques

III.1. Définition du système

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

Cette définition permet notamment de limiter la description du système aux informations nécessaires et suffisantes au champ de l'étude.[02]

III.2. Définition des objectifs de l'étude

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

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

- analyser les risques d'accidents de manière générale et les évènements pouvant nuire à la bonne marche du procédé (pannes, incidents...),
- analyser plus spécifiquement les risques aux postes de travail (Code du travail),
- analyser les risques d'accidents majeurs (cas de l'étude des dangers),
- selon les objectifs poursuivis, la démarche et les outils utilisés pourront être significativement différents. [02]

III.3. Recueil des informations

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

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

- description fonctionnelle et technique du système,
- description de son environnement,
- identification des potentiels de dangers internes et externes,
- analyse des incidents/accidents passés. [02]

III.3.1. Description fonctionnelle et technique du système

La description fonctionnelle vise notamment à collecter l'ensemble des informations indispensables pour mener l'analyse, de manière très générale, il s'agit de traiter les points suivants :

- identifier les fonctions du système étudié,
- caractériser la structure du système,
- définir les conditions de fonctionnement du système,
- décrire les conditions d'exploitation du système.

A. Fonctions du système

L'identification des fonctions des systèmes permet de caractériser les défaillances possibles d'un système. En effet, la défaillance d'un système peut être définie comme la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise. Notons ici que, selon le système étudié (unités de processus, stockages...), une défaillance du système (perte de la fonction) n'induit pas automatiquement la possibilité d'un accident majeur. En revanche, l'identification des fonctions globales du système s'avère utile pour décrire par la suite la structure du système et les fonctions de chacun de ces composants.

B. Structure du système

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

- leurs fonctions, performances et gammes de fonctionnement,
- leurs connexions et interactions,
- leur localisation respective.

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

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

C. Conditions de fonctionnement du système

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

De façon générale, il faut identifier les procédures de conduite du système, les consignes spécifiques en cas d'incident,...

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

D. Conditions d'exploitation

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

En outre, il est important de disposer des consignes d'exploitation, c'est-à-dire les Conditions à respecter pour exploiter le système. [02]

III.3.2. Description de l'environnement du système

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

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

A. Cibles présentes dans l'environnement

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

- les personnes (personnel du site concerné, populations habitant ou travaillant autour de sites industriels),
- les installations et équipements pouvant être à l'origine d'accidents (équipements dangereux),

- certains équipements indispensables pour maintenir le niveau de sécurité des installations (équipements de sécurité critiques comme une salle de contrôle, un local pomperiez incendie, un réseau torche...),
- les biens et les structures dans l'environnement des installations,
- l'environnement naturel (nappes phréatiques, cours d'eau, sols...),
- d'autres parties des installations, en fonction des objectifs particuliers de l'analyse des risques.

B. Sources d'agressions externes

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

- sources d'agressions sur le site étudié,
- autres parties des installations,
- zones de circulation, de travaux...,
- malveillance,
- pertes d'utilité,
- sources d'agressions naturelles,
- conditions météorologiques extrêmes (gel, vent, neige, brouillard...),
- mouvements de terrain et séismes,
- les sources d'agressions liées à l'activité humaine autour du site étudié,
- présence d'établissements industriels proches,
- transport de matières dangereuses sur des voies de communication proches,
- présence d'aéroports, aérodromes,
- éléments exceptionnels (barrages...). [02]

III.3.3. Analyse des incidents/accidents passés

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

- Elle permet d'identifier a priori les incidents ou accidents susceptibles de se produire à partir :
 - Des accidents ou incidents s'étant déjà produits sur le site étudié,
 - Des accidents survenus sur des installations comparables à celles étudiées.

- Elle met en lumière les causes les plus fréquentes d'accident et donne des renseignements précieux concernant les performances de certaines barrières de Sécurité,
- Elle constitue une base de travail pertinente pour l'analyse des risques en groupe de travail qui devra identifier a priori des scénarios d'accidents.

Cette analyse porte à la fois sur les incidents et accidents survenus sur les installations étudiées ou sur des installations similaires. [02]

IV. Points forts et limites des outils d'analyse des risques

IV.1. Points forts

Les avantages de l'analyse des risques sont les suivants:

IV.1.1. Caractère systématique

Le premier avantage des outils d'analyse des risques réside dans leur Caractère systématique.

En effet, ces derniers permettent d'envisager de manière méthodique, les différentes situations de dangers et les évènements redoutés ainsi que leurs causes et leurs conséquences.

Cet aspect systématique est particulièrement important en vue d'identifier les situations de dangers de la manière la plus fine possible.

Par ailleurs, ces outils permettent d'apporter des éléments techniques pour juger de la maîtrise des risques à la source, grâce notamment à l'identification de barrières de sécurité existantes ou à envisager face aux risques considérés. Cette maîtrise des risques ne peut effectivement être démontrée que si l'ensemble des causes et conséquences physiquement probables a été envisagé. A l'échelle d'un site industriel, ce travail peut s'avérer complexe et ces méthodes constituent ainsi une aide précieuse pour guider la réflexion. [02]

IV.1.2. Outils d'échange et de communication

La plupart des outils d'analyse des risques trouvent leurs pleines efficacités lorsqu'ils sont mis en œuvre au sein d'un groupe de travail pluridisciplinaire. A ce titre, ces outils constituent un outil d'échange et de communication entre des personnes de sensibilités et de métiers différentes.

Ainsi, la richesse de ces méthodes ne se trouve pas dans leurs principes de base, mais bien dans l'expérience réunie au sein de ce groupe de travail. Les réunions ainsi menées permettent donc de partager des expériences diverses et de réfléchir d'une manière globale et réaliste à la sécurité de l'installation examinée. [02]

IV.1.3. Complémentarité des outils

Comme nous l'avons vu précédemment, ces outils d'analyse des risques sont généralement complémentaires.

Des méthodes assez simples telles que l'APR permettent d'identifier les risques principaux associés à une installation ainsi que les barrières de sécurité qui y sont adjointes.

Cette première analyse peut être utilement complétée par une analyse plus fine grâce à des méthodes comme l'HAZOP ou l'AMDEC, en faisant porter l'étude sur les parties particulièrement critiques de l'installation. En dernier lieu, les résultats de cette nouvelle phase d'analyse peuvent donner une matière à l'examen d'évènements jugés critiques grâce à des outils permettant de combiner les défaillances tels que l'analyse par arbre des défaillances ou arbre des causes.

Cette diversité permet donc de retenir les outils les plus adaptés au cas particulier à traiter et de pouvoir assurer une analyse en profondeur d'une installation en utilisant des outils de plus en plus dédiés à des parties bien définies de ce système.

IV.2. Limites

Les inconvénients de cette analyse sont:

IV.2.1. Risques d'agressions externes

Bien que les outils présentés dans ce document puissent considérer l'éventualité d'agressions externes affectant l'installation étudiée, ils sont principalement dédiés à l'identification des risques générés par cette installation sur son environnement.

En d'autres termes, il est indispensable de mener au préalable une phase d'identification des sources d'agressions externes comme celles associées à la possibilité d'effets dominos, Aux conditions climatiques ou environnementales (foudre, séismes...) ou aux actes de Malveillance.[02]

IV.2.2. Estimation du risque

Les outils d'analyse des risques permettent au groupe de travail d'estimer les risques en termes de probabilité et de gravité. Au niveau de l'analyse des risques, cette estimation des risques est effectuée de manière simplifiée et ne doit pas être considérée comme un outil précis d'évaluation. Cette phase vise simplement à donner des indications sur les risques jugés à priori les plus importants en vue d'envisager de la manière la plus efficace possible, les mesures de prévention et de protection devant être engagées.

En effet, il est quelques fois impossible de juger à priori de la gravité d'un accident potentiel tant le nombre de paramètres intervenant dans les résultats est important. C'est notamment le cas pour les rejets à l'atmosphère de gaz toxiques.

En résumé, la phase d'estimation des risques suite à l'utilisation de ces méthodes permet notamment d'identifier les risques les plus importants. Pour ces risques jugés les plus critiques, une évaluation plus fine de la gravité demeure indispensable. Cette évaluation est effectuée à partir de scénarios d'accident et moyennant l'utilisation de modélisations plus ou moins complexes selon les phénomènes à traiter et l'environnement du site. [02]

IV.2.3. Exhaustivité

Tous les outils systématiques d'analyse des risques visent à tendre vers le plus d'exhaustivité possible. Néanmoins, force est de constater qu'il est impossible de garantir une exhaustivité totale. En d'autres termes, leur utilisation ne garantit pas une identification complète de toutes les causes potentielles d'un accident majeur car :

- La richesse de ces méthodes s'appuie sur l'expérience acquise au sein du groupe de travail. Il semble néanmoins humainement impossible d'envisager toutes les causes possibles d'un accident potentiel. Ce constat apparaît d'autant plus vrai que l'on traite le plus souvent d'évènements ou de combinaisons d'évènements particulièrement rares.
- La qualité des résultats et leur caractère exhaustif dépendent également du temps et des moyens consacrés à l'analyse. Plus ces moyens seront importants, plus on tendra vers une exhaustivité totale. Cette remarque met en outre en lumière l'importance du caractère itératif de l'analyse des risques.

En résumé, retenons donc que l'utilisation d'outils d'analyse des risques tels que ceux présentés dans ce document constitue une aide précieuse pour l'identification des risques mais ne garantit pas à 100 % que tous les accidents susceptibles de survenir auront bien été identifiés. [02]

Conclusions

Une bonne analyse des risques permet d'avoir une idée générale sur l'ensemble des risques inhérent dans l'installation et de pouvoir les estimer pour permettre leur hiérarchisations selon leur criticité et impact sur le système et pour arrivera mettre les dispositifs et barrières de sécurité les plus efficaces et cela a repose sur le respect des démarches de l'analyse des risques et sur le choix minutieux de la méthode.

Chapitre II :

Les méthodes de l'analyse des risques

Introduction

Pour une meilleure étude d'un système il faut traverser par deux genres d'analyse, l'une est fonctionnelle, et l'autre est dysfonctionnelle.

Deux outils d'analyse fonctionnelle et dysfonctionnelle sont choisis, moyennant l'AMDEC, On aboutira à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser les modes des défaillances du système (Turboalternateur), suivie par une application de la méthode HAZOP afin d'établir une analyse dysfonctionnelle, et de déterminer les différentes déviations et leur évènements indésirables pouvant engendrer au niveau du système des conséquences non souhaités.

Critères de choix des méthodes :

Les critères suivants interviennent dans le choix d'une méthode d'analyse :

- Critères liés aux objectifs de l'analyse ;
- Critères liés au système étudié ;
- Critères liés aux moyens d'étude ;

I. Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions. Ces fonctions sont celles du produit: matériel, logiciel, processus, service ... attendues par l'utilisateur. [03]

I.1. Les méthodes d'analyse fonctionnelle

Les méthodes d'analyse fonctionnelle sont indispensables pour réaliser une décomposition fonctionnelle et matérielle d'une installation industrielle en cours de conception ou de fonctionnement.

L'utilisation de ces méthodes par leurs caractères systématiques et exhaustifs, représente une garantie formelle pour décomposer une installation industrielle aux niveaux fonctionnels et matériels nécessaires pour identifier les modes de défaillances et leurs conséquences sur les objectifs opérationnels retenus pour l'installation ou l'équipement concerné.

La démarche d'analyse fonctionnelle est menée de manière participative sous la forme d'un groupe de travail qui regroupe l'ensemble des compétences nécessaires. [03]

I.2. La méthode AMDEC (FMEA : Failure Mode Effect Analysis)

I.2.1. Historique et définitions

C'est un outil d'analyse qui permet de construire la qualité des produits fabriqués ou des services rendus et favorise la maîtrise de la fiabilité en vue d'abaisser le coût global. Elle est régie par la norme AFNOR⁽³⁾ X 60-510.

Cette méthode conçue pour l'aéronautique américaine en 1960, est devenue aujourd'hui :

- Réglementaire dans les études de sûreté des industries « à risque » (aérospatial, nucléaire, chimie).
- Contractuelle (pour les fournisseurs automobiles par exemple).

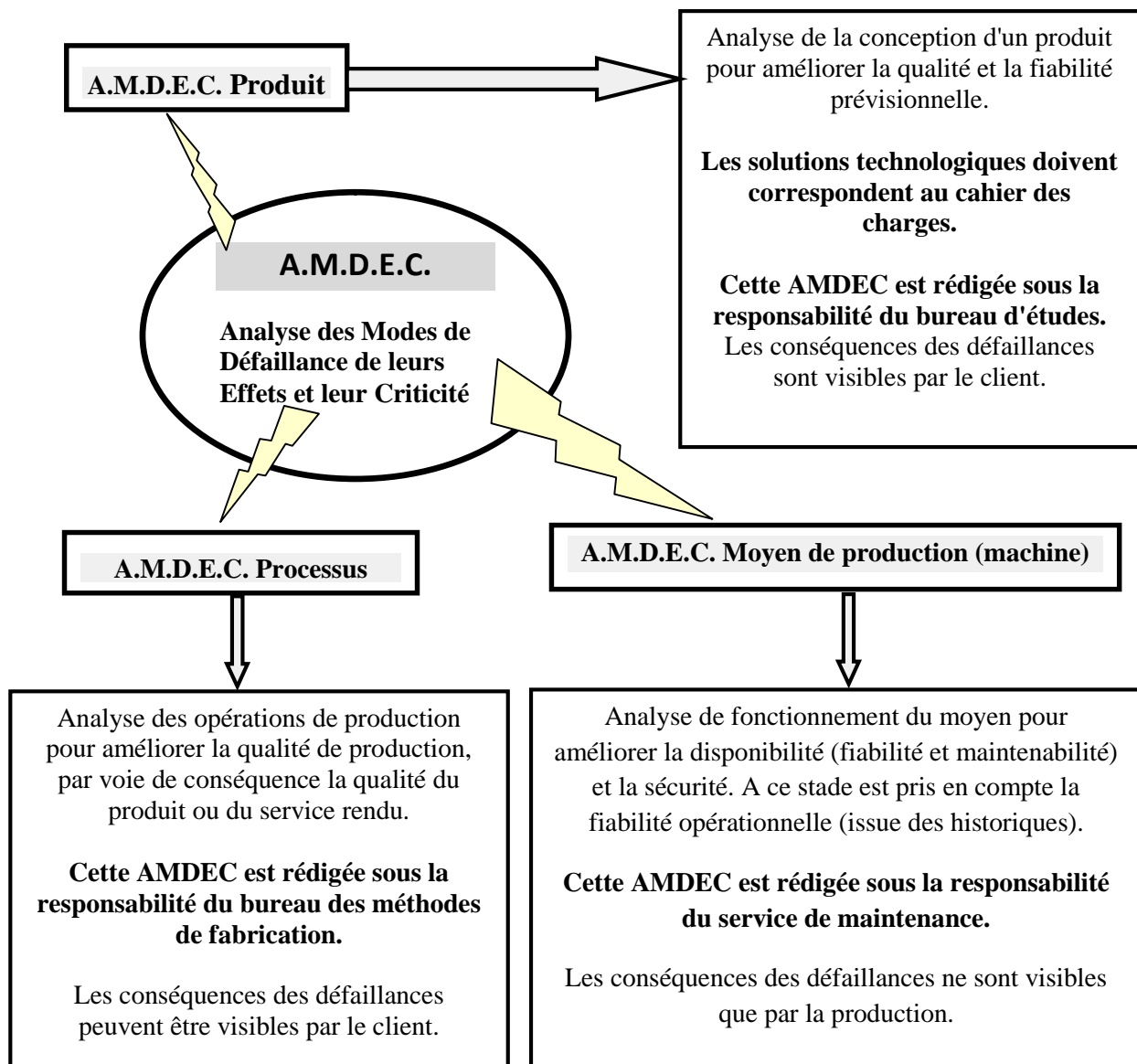


Figure II.1 : Types de l'AMDEC. [05]

I.2.2. Principe de base

Il s'agit d'une analyse critique consistant à identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement des machines puis à en rechercher les origines et leurs conséquences. Elle permet de mettre en évidence les points critiques et de proposer des actions correctives adaptées. Ces actions peuvent concerner aussi bien la conception des machines étudiées que leur fabrication, leur utilisation ou leur maintenance. C'est essentiellement une méthode préventive.

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, au stade préliminaire de sa conception. [06]

I.2.3. Objectifs de l'AMDEC

L'AMDEC est une technique d'analyse prévisionnelle qui permet d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du moyen de production, et d'engager les actions correctives nécessaires.

L'objectif principal est l'obtention d'une disponibilité maximale.

Les objectifs intermédiaires sont les suivants :

- Analyser les conséquences des défaillances,
- Identifier les modes de défaillances,
- Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection,
- Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance,
- Hiérarchisation des défaillances,
- Etablir des échelles de signification et de probabilité de défaillance. [06]

I.2.4. Particularités de la méthode

A. Avantages

- Exhaustivité.
- Traçabilité du raisonnement.

B. Inconvénients

- Nécessité d'attendre que des documents existent.
- Pas de prise en compte des combinaisons d'événements ou de pannes
- Nécessite une compétence technique du domaine concerné. [06]

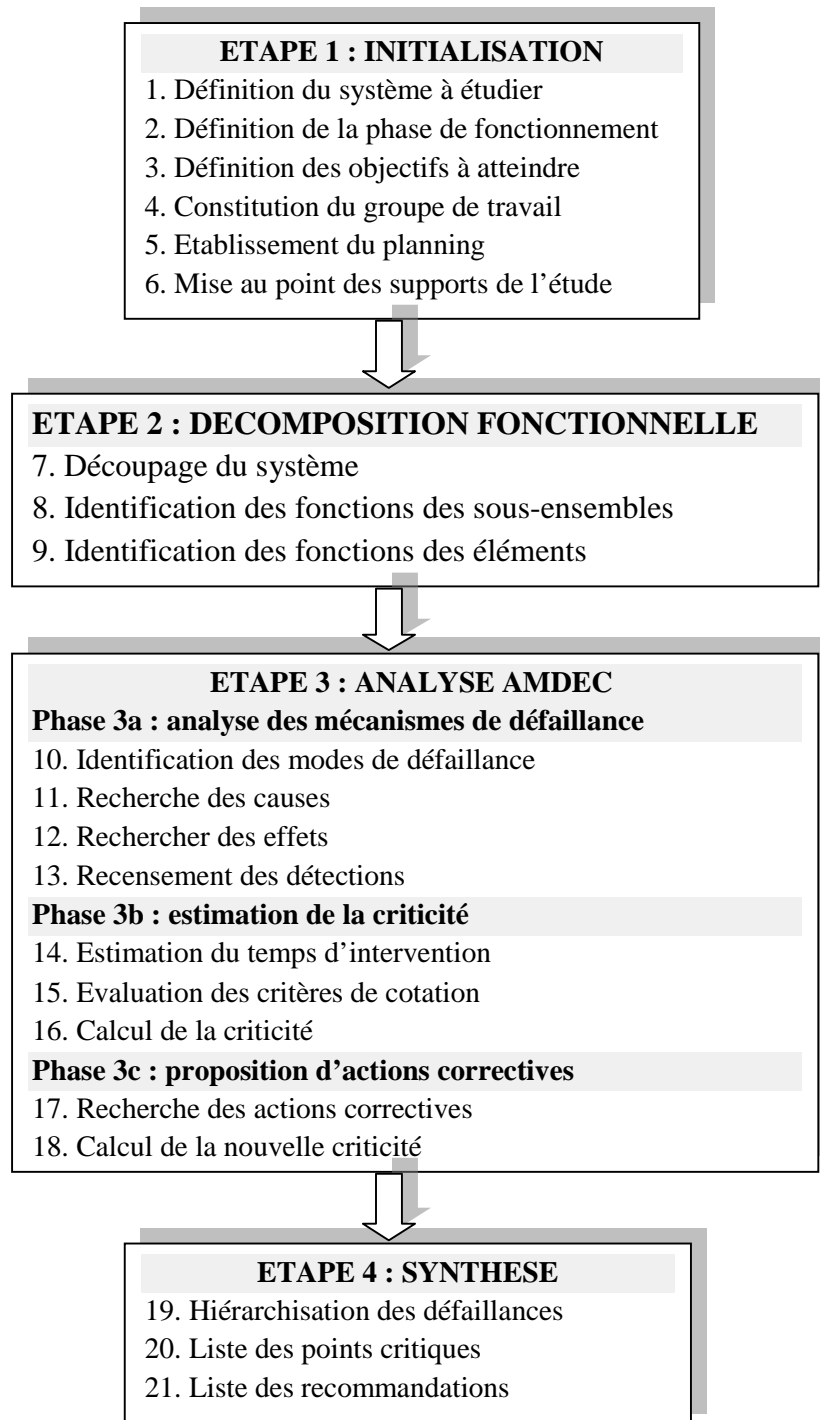
I.2.5. Démarche pratique de l'AMDEC machine

Figure II.2 : Démarche pratique de l'AMDEC machine. [06]

Une étude AMDEC comporte 4 étapes successives, soit un total de 21 opérations. La puissance d'une étude AMDEC réside autant dans son contenu que dans son exploitation. Une étude AMDEC resterait sans valeur si elle n'était pas suivie par la mise en place effective des actions correctives préconisées par le groupe, accompagnées d'un contrôle systématique.

L'étude peut être prolongée par des travaux complémentaires tels que les calculs de fiabilité et disponibilité, l'élaboration de plans de maintenance et des aides au diagnostic, etc.

Tableau II.01 : Exemples de feuille de travail de l'AMDEC. [06]

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :	page : 24 / 1			
	Système :		Sous – Système :				Nom :			
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	

A. Les modes de défaillance

C'est la manière dont un système vient à ne pas fonctionner. Ils sont relatifs à la fonction de chaque élément. Une fonction a 4 façons de ne pas être correctement effectuée :

- **Plus de fonction** : la fonction cesse de se réaliser,
- **Pas de fonction** : la fonction ne se réalise pas lorsqu'on la sollicite,
- **Fonction dégradée** : la fonction ne se réalise pas parfaitement, altération de performances,
- **Fonction intempestive** : la fonction se réalise lorsqu'elle n'est pas sollicitée.

Tableau II.02 : Exemples des modes de défaillances. [06]

Modes de défaillances	Composants électriques et électromécaniques	Composants hydrauliques	Composants mécaniques
Plus de fonction	- composant défectueux	- composant défectueux - circuit coupé ou bouché	- rupture - blocage, grippage
Pas de fonction	- composant ne répondant pas à la sollicitation dont il est l'objet - connexions débranchées - fils desserrés	- connexions / raccords débranchés	
Fonction dégradée	- dérive des caractéristiques	- mauvaise étanchéité - usure	- désolidarisation - jeu
Fonction intempestive	- perturbations (parasites)	- perturbations (coups de bélier)	

B. Les causes de défaillance

Il existe 3 types de causes amenant le mode de défaillance :

- Causes internes au matériel,
- Causes externes dues à l'environnement, au milieu ou à l'exploitation,
- Causes externes dues à la main d'œuvre.

Tableau II.03 : Exemples des causes de défaillance. [06]

Causes de défaillance	Composants électriques et électromécaniques	Composants hydrauliques	Composants mécaniques
Causes internes matériel	- vieillissement - composant HS (mort subite)	- vieillissement - composant HS (mort subite) - colmatage - fuites	- contraintes mécaniques - fatigue mécanique - états de surface
Causes externes milieu exploitation	- pollution (poussière, huile, eau) - chocs - vibrations - échauffement local - parasites - perturbations électromagnétiques, etc.	- température ambiante - pollution (poussières, huile, eau) - vibrations - échauffement local - chocs, coups de bélier	- température ambiante - pollution (poussières, huile, eau) - vibrations - échauffement local - chocs
Causes externes Main d'œuvre	- montage - réglages - contrôle - mise en œuvre - utilisation - manque d'énergie	- montage - réglages - contrôle - mise en œuvre - utilisation - manque d'énergie	- conception - fabrication (pour les composants fabriqués) - montage - réglages - contrôle - mise en œuvre - utilisation

C. Effet de la défaillance

Conséquences de la défaillance sur :

- le fonctionnement et l'état matériel des biens,
- la disponibilité des biens,
- le coût direct et indirect de maintenance,
- la qualité du produit ou du service réalisé,
- la sécurité des exécutants de réalisation ou de maintenance,
- l'environnement.

Exemples : Dégradation matérielle, perte de performance, panne, arrêt de l'activité, ralentissement, produit non-conforme, gêne, dommage corporel, délai non-tenu, perte de temps, désorganisation.

D. Mode de détection

Une cause de défaillance étant supposée apparue, le mode de détection est la manière par laquelle un utilisateur (opérateur et/ou mainteneur) est susceptible de détecter sa présence avant que le mode de défaillance ne se produit complètement, c'est-à-dire bien avant que l'effet de la défaillance ne puisse se produire.

Exemple : Détection visuelle ou sonore, etc.

E. Criticité des conséquences

La criticité est en fait la gravité des conséquences de la défaillance, déterminée par calcul de la fréquence d'apparition de la défaillance (F), de la fréquence de non détection de la défaillance (D) et de la gravité des effets de la défaillance (G).

- **La fréquence d'apparition de la défaillance** doit représenter la probabilité d'apparition du mode de défaillance résultant d'une cause donnée.
- **La fréquence de non détection de la défaillance** doit représenter la probabilité de ne pas détecter la cause ou le mode de défaillance avant que l'effet survienne.
- **La gravité des effets de la défaillance** représente la sévérité relative à l'effet de la défaillance.

Chaque critère comporte 4 niveaux notés de 1 à 4.

Tableau II.04 : Grille de cotation de fréquence, gravité et non détection. [06]

FREQUENCE : F	
1	1 défaillance maxi par an
2	1 défaillance maxi par trimestre
3	1 défaillance maxi par mois
4	1 défaillance maxi par semaine
GRAVITE: G	
1	Pas d'arrêt de la production
2	Arrêt <1 heure
3	1 heure < arrêt < 1 jour
4	Arrêt > 1 jour
NON DETECTION : N	
1	Visite par opérateur
2	Détection aisée par un agent de maintenance
3	Détection difficile
4	Indécelable

L'évaluation de la criticité est exprimée par l'Indice de Priorité des Risques (IPR), le calcul de la criticité se fait, pour chaque combinaison cause / mode / effet, à partir des niveaux atteint par les critères de cotation. La valeur de la criticité est calculée par le produit des niveaux atteints par les critères de cotation.

$$C = F \times D \times G$$

La valeur relative des criticités des différentes défaillances permet de planifier les recherches en commençant par celles qui ont la criticité la plus élevée.

Tableau II.05 : Limites de criticité. [06]

NIVEAU DE CRITICITE	ACTIONS CORRECTIVES A ENGAGER
1 < C < 10 Criticité négligeable	Aucune modification de conception Maintenance corrective
10 < C < 20 Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique
20 < C < 40 Criticité élevée	Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle / prévisionnelle
40 < C < 64 Criticité interdite	Remise en cause complète de la conception

La réduction de l'IPR peut se faire par modification technique, par le changement de la méthode de maintenance appliquée et / ou par la mise en place de documents relatifs aux modes opératoires, aux procédures, etc.

Un plan d'action sera établi pour fixer des priorités par rapport aux améliorations proposées. Des critères économiques sont à prendre en compte pour hiérarchiser les modes des défaillances.

F. Action corrective

Moyen, dispositif ou procédure permettant de lutter contre le processus de défaillance d'un élément ou d'une tâche et de faire diminuer sa criticité.

➤ **Action de prévention**

Moyen, dispositif ou procédure mis en œuvre pour éviter (ou limiter) l'apparition des causes ou des défaillances. Une action de prévention permet d'améliorer la fiabilité du système ou de la tâche et de diminuer l'occurrence de défaillances.

Exemple : Choix des organes, calcul, essai, contrôle, limitation d'utilisation, documentation, maintenance préventive.

➤ **Action de réduction des effets**

Moyen, dispositif ou procédure mis en œuvre pour supprimer ou réduire les effets de la défaillance sur le bien, la tâche ou l'utilisateur. Une action de réduction permet de diminuer la gravité de la défaillance.

Exemple : Redondance, maintenabilité des organes, protection du système et des opérateurs, alarmes, politique de maintenance.

➤ **Action de détection préventive**

Moyen, dispositif ou procédure de contrôle mis en œuvre pour détecter de manière précoce :

- une cause de défaillance,
- un symptôme de dégradation.

Une action de détection préventive permet de diminuer l'indice de non-détection et de déclencher les actions de prévention nécessaires. [06]

Exemple : Visite périodique en exploitation et contrôle de fabrication :

- des traces d'usure, fissures,....
- du bruit,
- des vibrations,
- des échauffements,
- et de dégradation des lubrifiants.

II. Analyse dysfonctionnelle

L'analyse dysfonctionnelle des systèmes consiste à identifier les conditions qui peuvent conduire à des défaillances et de déterminer leurs conséquences sur la sûreté de fonctionnement des systèmes en cours de conception ou déjà opérationnels. [03]

II.1. La méthode HAZOP (hazard and operability study)

La méthode HAZOP, a été développée par la société Impérial Chemical Industries⁽⁴⁾ (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'Union des Industries Chimiques⁽⁵⁾ (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ». Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'identifier les causes et les conséquences.[07]

II.2. Domaine d'application

Cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation. De par sa nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas PID (Piping and Instrumentation Diagram). [07]

II.3. Objectifs de la méthode HAZOP

HAZOP est une technique structurée et systématique appliquée à l'examen d'un système défini en vue de :

- l'identification de danger potentiel dans le système,
- l'identification des problèmes potentiels d'exploitabilité posés par le système et en particulier, l'identification des causes des perturbations du fonctionnement et des déviations,
- L'évaluation semi quantitative des causes et des conséquences des déviations et propositions d'actions d'amélioration. [07]

II.4. Déroulement de la méthode

La méthode HAZOP suit le déroulement ou la séquence correspondant au de l'analyse en procédant des entrées aux sorties dans une séquence logique il existe deux séquence d'examen possible (élément d'abor) et (mot guide d'abord) comme le montrent respectivement les figures la séquence (élément d'abor) est décrite ci-après :

- 1- Choisir une partie du plan de conception comme point de départ et expliquer ensuite l'intention de conception de la partie et identifier les éléments pertinents et toutes les caractéristiques associées à ces éléments,
- 2- Choisir un des éléments et déterminer le mot guide qui doit être appliqué en premier,
- 3- Examiner la première interprétation applicable au mot guide dans le paramètre étudié pour laquelle est identifiée, on recherche ses causes et ses conséquences possibles. Dans certaines applications, il est utile de classer les déviations en fonction du niveau de gravité et probabilité basé sur l'utilisation de grille de criticité,
- 4- Vérifier la présence de mécanisme de détection et indication, de protection qui peut être empêché par l'examen ou l'indication du problème d'exploitabilité potentiel, ni les tentatives de réduire la probabilité de manifestation d'un tel problème ou d'atténuer ses conséquences,
- 5- Vérifier qu'il existe des actions d'améliorations selon l'évaluation de la déviation,

6- Répéter ensuite le processus pour toutes les autres interprétations de ce mot guide ; puis pour un autre mot guide ; puis pour chaque déviation ; puis pour chaque élément de la partie étudiée. Après l'examen complet d'une partie, le processus est répété jusqu'à ce que toutes les parties aient été analysées.

Une autre méthode identique à celle décrite ci-dessus sauf une différence qui est l'application de (mot guide d'abord). [07]

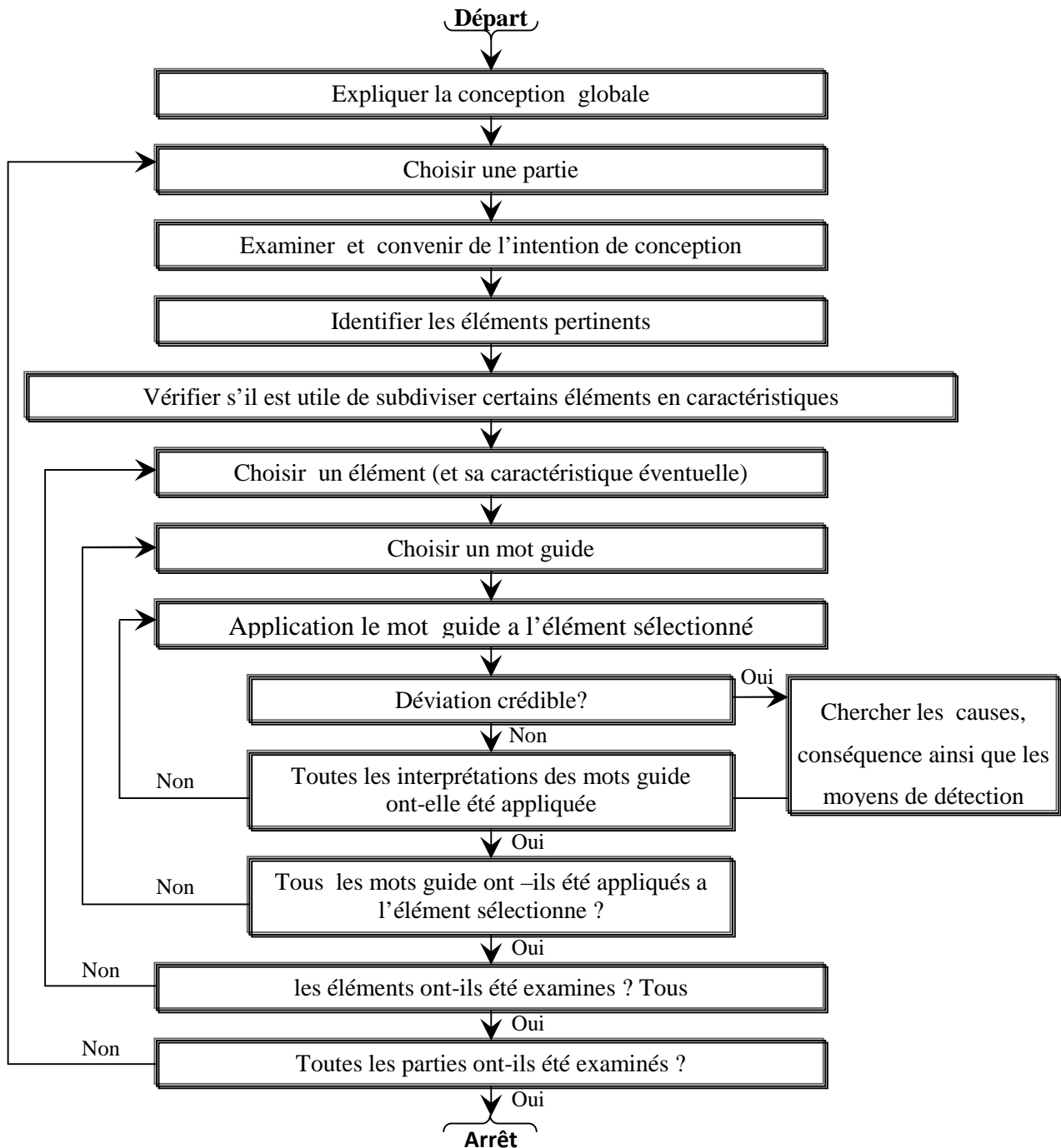


Figure II.3 : Organigrammes de HAZOP (séquence élément d'abord). [04]

II.5. Feuille de travail HAZOP

Le tableau ci-dessous présenter un exemple de feuille de travail HAZOP.

Tableau II.06 : Exemples de feuille de travail HAZOP. [07]

Date								
Ligne ou équipement								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Mot clé	Paramètre	déviations	Causes	Conséquences	Détection	Protection	Actions d'amélioration

A. Définition de mot guide

Est un mot phase qui exprime et définit un type particulier de déviation par rapport à l'intention de conception d'un élément.

Les deux tableaux ci-dessous présenter le principal mot guide avec leur signification générale et le mot guide relatives à leur et à un ordre ou une séquence.

Tableau II.07 : Principal mot guide avec leur signification de conception. [07]

Mot guide	Signification
Ne pas faire	Négation total de l'intention de conception
Plus	Augmentation quantitative
Moins	Diminution quantitative
En plus de	Modification / Augmentation quantitative
Partie de	Modification / diminution qualitative
Inverse	Contraire logique de l'intention de conception
Autre que	Remplacement total

Tableau II.08 : Les mots guide relatives à l'heure et à un ordre ou une séquence. [07]

Mot guide	Signification
Plutôt tôt	Relatives à l'heure
Plus tard	Relative à l'heure
Avant	Relatif à un ordre ou une séquence
Après	Relatif a un ordre ou une séquence

B. Définition de paramètre

Les paramètres aux quelles sont accolés les mots guide dépendent bien sur du système considéré. De manière fréquente, les paramètres sur les quels porte l'analyse sont :

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

C. Définition de déviation

Ecart par rapport à l'intention de conception

Mot guide + paramètre = Déviation

D. Causes et conséquences de la déviation

Une fois la dérive envisagée doit, identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot guide une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer dans certains cas complexe.

E. Moyen de détection et de protection

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets. [07]

II.6. Relation avec les autres méthodes

HAZOP peut être utilisé conjointement a d'autre méthodes d'analyse de la sûreté de fonctionnement, tels que l'analyse des modes des défaillances et de leur effets et de leur criticité (AMDEC) et l'analyse par l'arbre des défaillances (AdD) de telle combinaison peuvent être utilisées dans les situations exposées ci-dessous :

L'analyse HAZOP indique clairement que la qualité de fonctionnement d'une entité spécifique de l'équipement son critiques et doivent être examinées en profondeur ; HAZOP peut être utilement complété a une AMDEC de cette entité de l'équipement.

Après avoir examiné, avec HAZOP, les déviations par éléments ou caractéristiques, on décide d'analyser l'effet des déviations multiples en utilisant une AdD ou de quantifier l'éventualité des défaillances, toujours en utilisant une AdD. HAZOP est une approche centrée essentiellement sur le système, contrairement à l'AMDEC qui est centré sur le composant.[07]

II.7. Les avantages et les limites de la méthode

A. Les avantages

- L'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo hydrauliques,
- Méthode semi quantitative a utilisation simple,
- Elle présente un caractère systématique et méthodique.

B. Limites

- Dans certains cas, cette méthode peut être perçue comme point faible puisqu'elle ne peut pas traiter les défaillances complexes faisant intervenir plusieurs processus,
- HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances,
- Il est par fois difficile d'affecter un mot guide à une portion bien délimitée du système étudié. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une déviation,
- Les systèmes étudiés sont souvent composés de partie interconnectées si bien qu'une déviation survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou a l'inverse des causes dans une maille voisine et inversement.

Bien entendu, il est possible à priori de reporter les implications d'une déviation d'une partie à une autre du système. Toutes fois cette tâche peut rapidement s'avérer complexe. [07]

Conclusion :

AMDEC et HAZOP, des frères jumeaux. Ces deux outils se rassemblent bien plus qu'ils ne se différencient.

Ces sont des outils participatifs qui vous proposent un cadre méthodique pour atteindre un objectif. Cependant, attention, les résultats ne sont le fruit que de la qualité de l'équipe qui les exploite, ils exigent rigueur et travail d'équipe.

Ces outils consignent par écrit toutes les étapes qui, pas à pas, mènent au succès à savoir la maîtrise du risque et l'amélioration de l'efficacité de l'entreprise.

Dans ce chapitre nous avons présenté le déroulement de ces méthodes que nous choisissons pour l'analyse de risques, et qui nous aide dans la description de notre système et ses déviations.

Chapitre III :
**Production de l'énergie électrique et la
présentation de l'entreprise**

Introduction

L'énergie électrique est un facteur essentiel pour le développement et l'évolution des sociétés humaines, que cela soit sur le plan de l'amélioration des conditions de vie ou sur le plan du développement des activités industrielles. Le système de puissance qui est à la base de cette énergie fonctionne dans un environnement en évolution continue : charges, puissance de génération, topologie du réseau.

L'augmentation de la dépendance électrique de la société moderne implique des systèmes de puissance exploitables à cent pour cent de leur capacité avec une sûreté maximale.

Dans ce chapitre nous allons voir les différents modes de production de l'énergie électrique ainsi que la production nationale et la présentation de la centrale de production de l'énergie électrique de Tiaret (SPE).

I. Généralité sur la production de l'énergie électrique

I.1. Bref historique sur la production de l'électricité

Depuis des millénaires, les hommes ont appris à utiliser l'énergie du vent, de l'eau, des animaux pour faire plus que ce que leur permettait leur énergie musculaire.

La mise au point de la machine à vapeur (début de l'ère industrielle) leur a permis de disposer de quantités d'énergie beaucoup plus grandes, avec les conséquences (positives et négatives) que l'on connaît. Puis, après l'invention de la pile électrique par Alessandro VOLTA⁽⁶⁾ de la dynamo par Xénobe GRAMME⁽⁷⁾ de la lampe à incandescence par Thomas EDISON⁽⁸⁾ vint l'ère de l'électricité.

Aujourd'hui, cette forme d'énergie est omniprésente dans notre vie quotidienne.

- 1800 : Volta⁽⁶⁾ (Italien), invente la pile. Mais elle ne peut pas stocker de grosses quantités d'électricité. La pile de Volta⁽⁶⁾ suscite un énorme intérêt dans le monde scientifique car le courant électrique est alors un phénomène nouveau et inattendu. Grâce à elle, les physiciens de l'époque peuvent entreprendre de nombreuses recherches sur les propriétés du courant électrique et sur la résistance électrique. Ces travaux sont à l'origine du transport d'électricité par câbles.
- 1820 : Oersted⁽⁹⁾ (Danois), remarque qu'une aiguille aimantée placée à côté d'un fil conducteur traversé par le courant est déviée.

D'une importance capitale, l'expérience d'Oersted⁽⁹⁾ établit pour la première fois un lien entre électricité et magnétisme. Elle ouvre la voie à de nombreuses inventions comme celle du télégraphe, qui révolutionnera un peu plus tard les moyens de communication.

- 1830 : Michael Faraday⁽¹⁰⁾ (Anglais), montre qu'un courant passe dans une bobine lorsqu'on y introduit un aimant.

L'histoire du début des applications de l'électricité est dominée par les découvertes du physicien anglais, Michael Faraday⁽¹⁰⁾ en 1830. En reliant les bornes d'une bobine à un galvanomètre (sorte d'ampèremètre), il observe le passage d'un courant dans la bobine, lorsqu'il introduit ou retire un aimant de cette bobine.

L'importance de cette découverte est extrême car elle rend possible la production de courant électrique sans avoir à utiliser de pile. L'énergie mécanique peut, dès lors, être directement convertie en énergie électrique. C'est ce que font, depuis, tous les alternateurs.

[08]

I.2 Modes de production de l'énergie électrique

Les principaux modes de production d'énergie électrique sont :

- **les centrales thermiques :**
 - à flamme (62,5% de la production mondiale)
 - nucléaire (17,5% de la production mondiale)
- **les énergies renouvelables :** les centrales hydrauliques, solaire, géothermique, éolienne, hydrolienne... (20% de la production mondiale)
- **Centrales Diesel.**[08]

I.2.1 Les centrales thermiques

A. Les centrales thermiques à flamme

1. Présentation et principe de fonctionnement : Dans les centrales thermiques à flamme, de l'énergie fossile est convertie en énergie électrique.

Les différents types d'énergies fossiles utilisées sont :

- le pétrole
- le gaz
- le charbon

2. Impacts sur l'environnement : Les centrales thermiques sont des moyens de production d'énergie très sales.

Elles rejettent dans l'atmosphère énormément de gaz à effet (principalement du dioxyde de carbone CO_2).

Elles sont responsables des pluies acides et de la pollution de l'air.

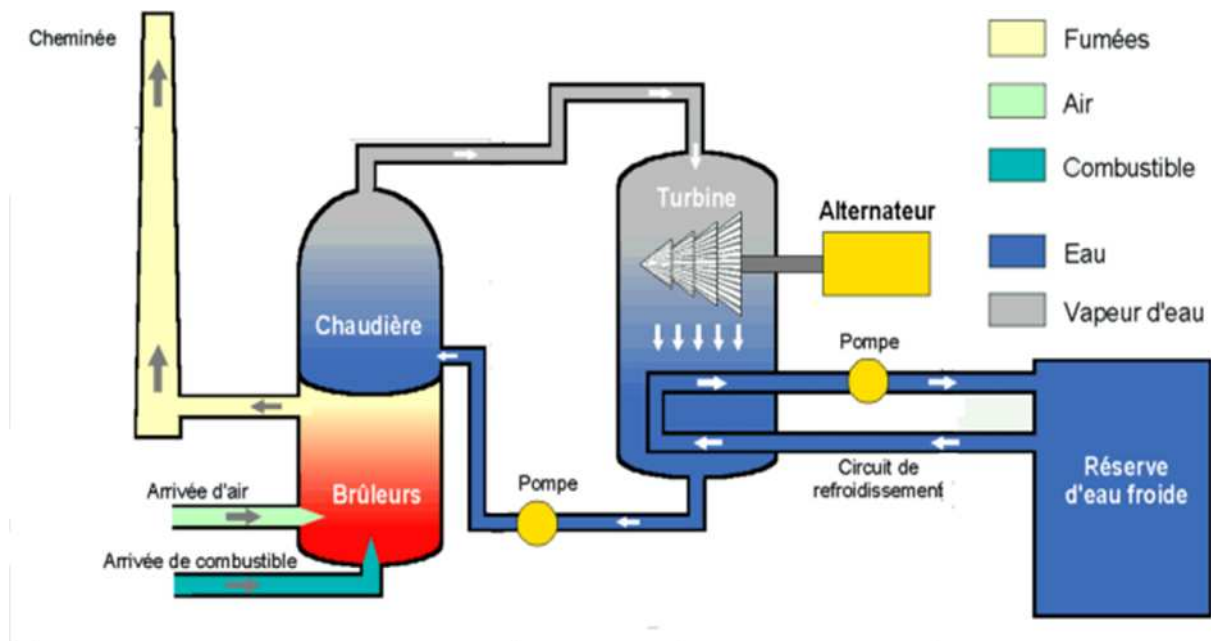


Figure III.1 : Schéma d'une centrale thermique à flamme. [08]

B. Les centrales thermiques nucléaires

1. Présentation et principe de fonctionnement : Dans les centrales nucléaires, de l'énergie fossile est convertie en énergie électrique. Les différents types d'énergie fossile utilisée sont l'uranium et le plutonium.

2. Impacts sur l'environnement : Les centrales nucléaires ne rejettent pas de gaz à effet de serre.

Elles produisent des déchets radioactifs. Le stockage des déchets radioactifs pose un grave problème pour l'environnement.

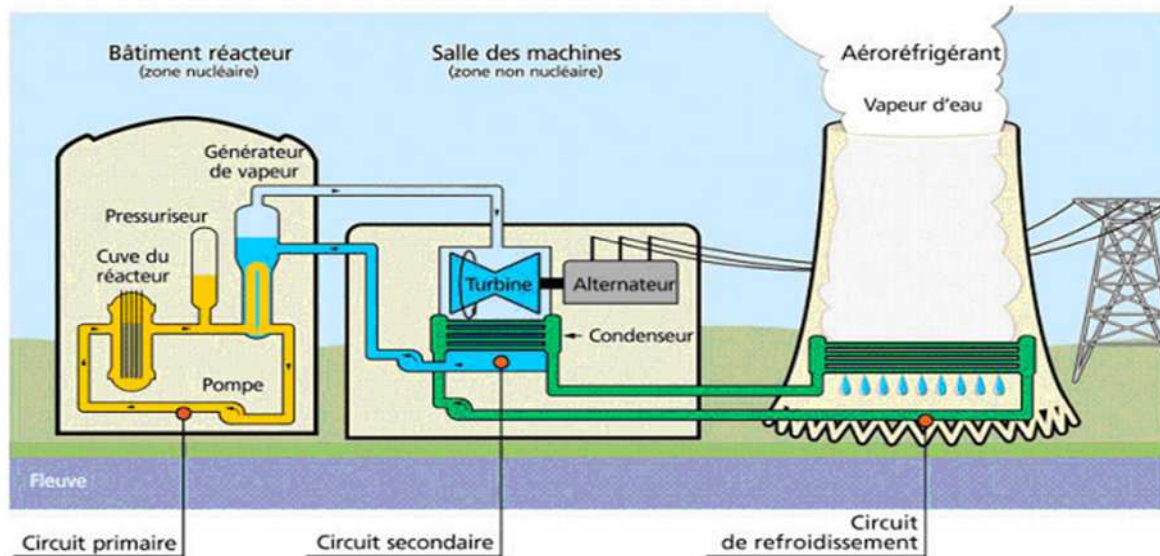


Figure III.2: Schéma d'une centrale Nucléaire. [08]

I.2.2 Les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables proviennent de sources inépuisables (énergie du Soleil, du vent, de la géothermie, des marées) ou renouvelables à l'échelle de la vie humaine si la ressource est bien gérée (bois, plantes). Le pétrole, le gaz, le charbon, utilisés dans les centrales thermiques à flamme, l'uranium, le plutonium, utilisés dans les centrales nucléaires, ne sont pas des énergies renouvelables. Leurs réserves sont limitées et s'épuisent. Il est indispensable de développer les énergies renouvelables afin de prendre le relais des énergies dont les réserves s'épuisent.

Les énergies renouvelables sont divisées en 5 catégories :

- l'énergie hydraulique (92,5% de l'électricité issue des énergies renouvelables)
- l'énergie éolienne (0,5%)
- l'énergie de biomasse (5,5%)
- l'énergie solaire (0,05%)
- l'énergie géothermique (1,5%)

A. Les centrales hydrauliques

1. Présentation et principe de fonctionnement: Dans une centrale électrique hydraulique, l'eau acquiert une énergie cinétique qui fait tourner une turbine.

La turbine entraîne l'alternateur. Ce dernier convertit une partie de l'énergie mécanique de rotation de la turbine en énergie électrique.

1. Impact sur l'environnement: Une centrale hydraulique produit de l'énergie électrique sans produire de gaz à effet de serre. Il s'agit donc d'une énergie propre.

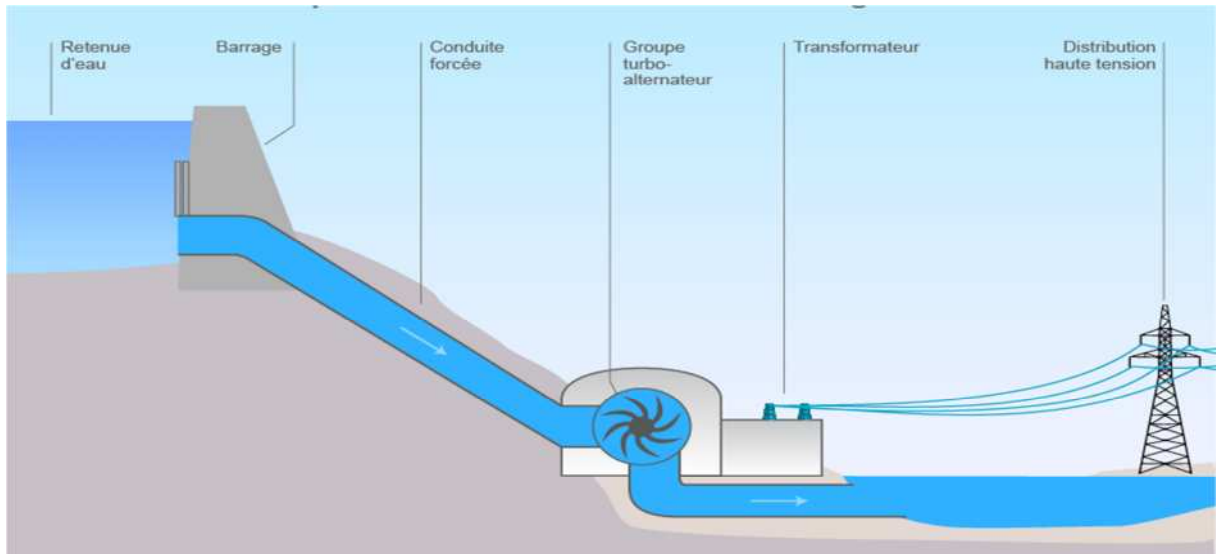


Figure III.3: Schéma d'une centrale hydraulique.[08]

B. L'éolienne

1. Présentation et principe de fonctionnement: Une éolienne utilise l'énergie du vent. L'énergie mécanique du vent fait tourner les pales qui constituent la turbine de l'éolienne, qui entraîne également un alternateur. Une partie de l'énergie mécanique de rotation des pales est ainsi converti par l'alternateur en énergie électrique.

2. Impacts sur l'environnement : Il s'agit d'une énergie renouvelable propre n'émettant aucune pollution. Le seul aspect négatif serait l'aspect esthétique.



Figure III. 4 : une turbine Eolienne.[08]

C. Biomasse

En écologie, la biomasse est la masse totale des organismes vivants mesurée dans une population, une aire ou une autre unité. En énergie, la biomasse regroupe l'ensemble des matières organiques pouvant devenir des sources d'énergie; En législation européenne, la biomasse est la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux.

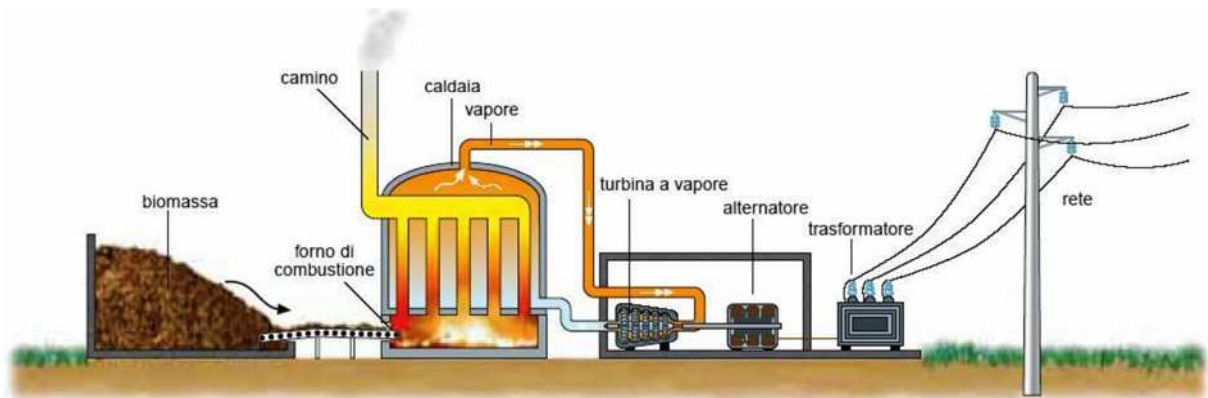


Figure III.5 : Schéma de principe d'une usine biomasse.[08]

D. Energie Solaire

L'énergie solaire est l'énergie transmise par le Soleil sous la forme de lumière et de chaleur. Cette énergie est virtuellement inépuisable à l'échelle des temps humains.



Figure III.6: Panneaux Solaires Photovoltaïques.[08]

E. Energie Géothermique

L'énergie géothermique provient de la chaleur accumulée dans le sous-sol.

Elle est perpétuellement réapprovisionnée par la radioactivité des roches et la proximité du magma en dessous de la croûte terrestre. L'exploitation par l'homme de cette énergie renouvelable porte le nom de géothermie.

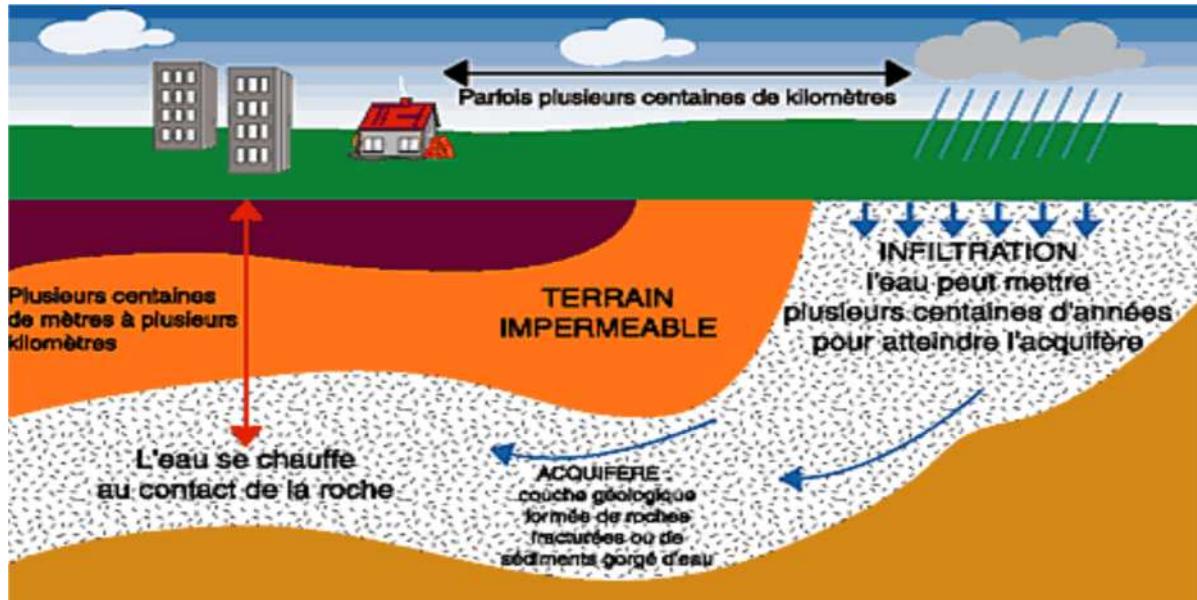


Figure III.7 : Géothermie basse énergie.[08]

I.2.3 Centrale diesel

Les centrales électriques diesel (nommées également groupes électrogènes) sont équipées d'un moteur diesel et d'un alternateur. Opérant en autarcie en tant qu'unités de production d'électricité, elles constituent un choix idéal sur les sites de production éloignés ou pour assurer l'alimentation de secours de grandes banques, d'hôpitaux, d'aéroports ou de villes entières. Certains pays et états insulaires produisent la majorité de leur électricité avec des centrales électriques diesel.



Figure III.8 : Une centrale Diesel.[08]

I.3 Production de l'énergie électrique en Algérie

I.3.1 Les débuts de l'électricité en Algérie

Au début du 20^{ème} siècle, 16 sociétés se partageaient les concessions électriques en Algérie, le groupe Lebon (Compagnie Centrale d'éclairage par le Gaz) et la Société algérienne d'éclairage et de force (SAEF) au centre et à l'ouest, la Compagnie Du Bourbonnais à l'est ainsi que les usines Lévy à Constantine. Par décret du 16 août 1947, ces 16 compagnies concessionnaires sont transférées à EGA.

Elles détenaient alors 90% des propriétés industrielles électriques et gazières du pays. [09]

I.3.2 La Production national d'Electricité

Les impératifs de préservation de l'environnement imposent l'utilisation du gaz naturel comme énergie primaire pour la production d'électricité, par rapport aux autres énergies fossiles jugées polluantes, sachant que la ressource du gaz est largement disponible en Algérie.

Mais la préoccupation environnementale exige aussi de développer d'autres énergies dites propres et renouvelables comme l'énergie solaire et éolienne, dont les gisements sont disponibles et abondants au sud du pays. [09]

Beaucoup d'efforts ont été fournis par Sonelgaz⁽¹¹⁾ et ses sociétés filiales pour le renforcement des capacités de production, qui a connu ces dernières années une évolution conséquente de la puissance de production d'électricité installée. Celle-ci est passée de 7 492 MW en 2005 à 17 238,6 MW en 2015, soit près de 10 000 MW additionnelle mise en service en dix ans. La répartition de la puissance installée par filière et par producteur pour l'année 2015 est illustrée dans les graphiques ci-après :

➤ Puissance installée par producteur

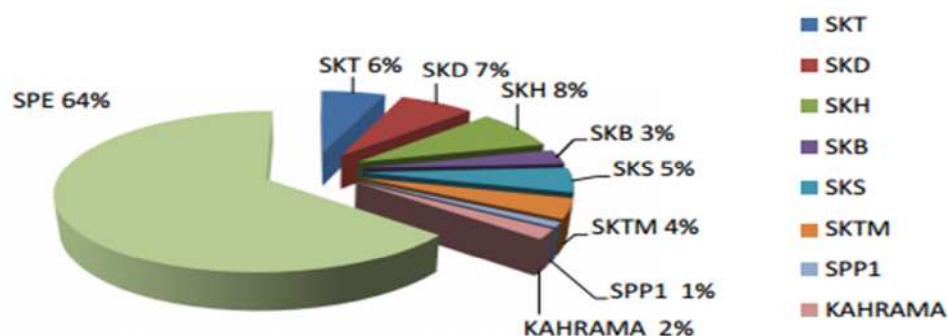


Figure III.9 : Puissance installée par producteur. [09]

➤ Puissance installée par type d'équipement

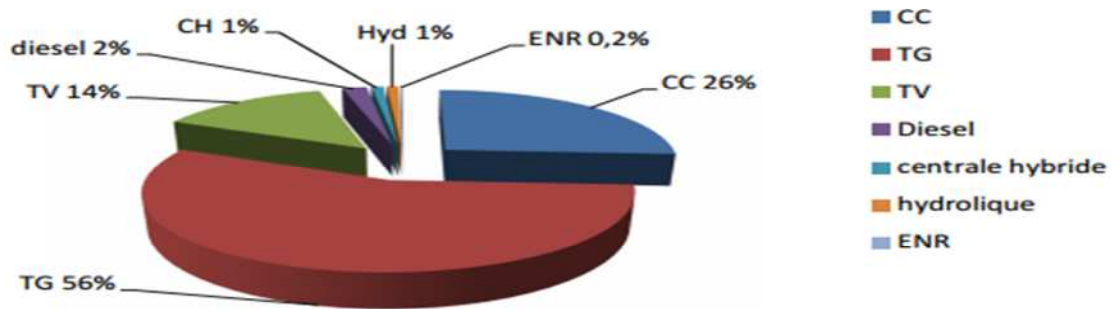


Figure III.10 : Technique de production d'électricité en Algérie 2015.[09]

I.3.3 Parc de Production National

Le parc de production national est constitué des centrales électriques de la Société Algérienne de Production de l'Électricité (SPE) et de Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida (SKTM), ainsi que des sociétés en partenariat, à savoir:

- Kahrama Arzew mise en service en 2005 ;
- Shariket Kahraba Skikda « SKS » mise en service en 2006 ;
- Shariket Kahraba Berrouaghia « SKB » (Médéa) mise en service en 2007;
- Shariket Kahraba Hadjret Ennouss « SKH » mise en service en 2009 ;SPP1 mise en service en 2010 ;
- Shariket Kahraba Terga « SKT » mise en service en 2012 ;
- Shariket Kahraba de Koudiet Edraouch « SKD » mise en service en 2013. [09]

I.3.4 Carte du Réseau National de Production et de Transport d'Electricité

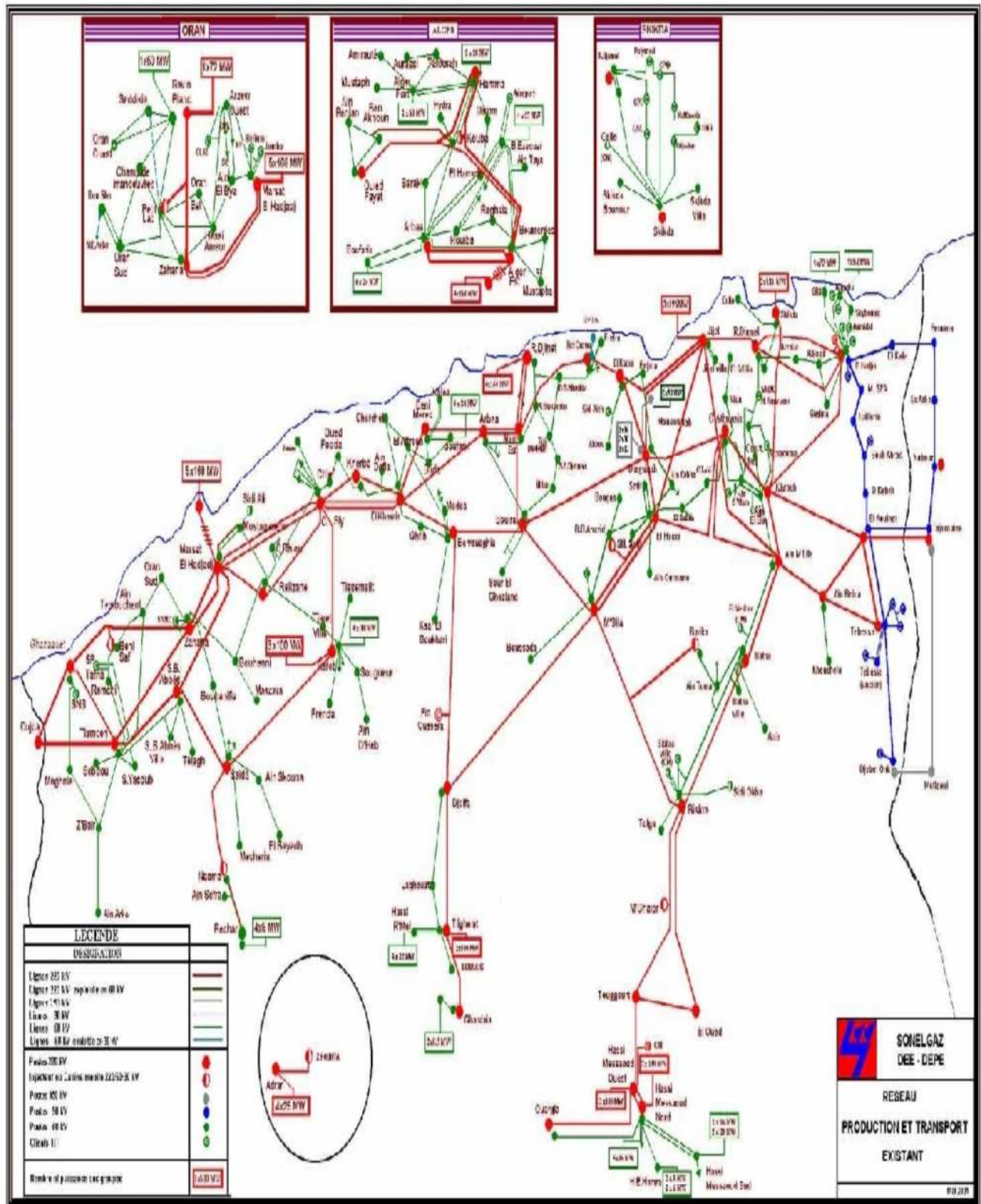


Figure III.11: Carte du Réseau National de Production et de Transport d'Electricité.[08]

II. Présentation de l'entreprise (Société Algérienne de Production de l'ÉlectricitéSPE) unité de Tiaret

La Centrale de Tiaret est une unité de production de l'énergieélectrique. Elle est constituée de deux centrales (FIAT⁽¹²⁾et ALSTHOM⁽¹³⁾) et sa production globale est de 450MW.

La centrale FIAT⁽¹²⁾ est composée de 04groupes TG20B2 d'une puissance de 30MW chacun, et la centrale ALSTHOM⁽¹³⁾ est composée de 03 groupes TG9001E d'une puissance de 100MW chacun. [10]

Pour notre étude nous allons nous focalisé sur la centrale ALSTHOM⁽¹³⁾.

II.1. Site

II.1.1. Situation Géographique

La centrale de TIARET est située sur l'axe TIARET – SOUGUEUR route nationale N°23. Elle est entourée par des terrains agricoles et un terrain vague. Elle est implantée à 7Km du centre ville de TIARET.

II.1.2.Superficie

La centrale est divisée en deux centrales (FIAT⁽¹²⁾& ALSTHOM⁽¹³⁾) dont la superficie globale est de 39604.2 m². [10]

II.2. histoire de la centrale

La centrale de TIARET est constituée de deux centrales FIAT⁽¹²⁾ et ALSTHOM⁽¹³⁾les toutes formes 7 groupes.

Une ancienne, constitué en 1978, par la firme ITALIENNE (FIAT⁽¹²⁾) en collaboration avec la société franco-allemande (JEUMONT SHENEIDER⁽¹⁴⁾).

Elle est constituée de 4 groupes turboalternateur dont la puissance nominale est de 30MW pour chacune.

La construction des 4 groupes à eu lieu comme suite :

- Le 05/08/1978 à lieu l'application de ce projet FIAT⁽¹²⁾.
- Le 05/08/1978 à lieu le 1^{er} couplage du TG1.
- Le 13/08/1978 à lieu le 2^{eme} couplage du TG2.
- Le 08/09/1978 à lieu le 3^{eme} couplage du TG3.
- Le 04/11/1978 à lieu le 4^{eme} couplage du TG4.

Dix ans après, la compagnie française (ALSTHOM⁽¹³⁾) installa la deuxième centrale.

La partie ALSTHOM⁽¹³⁾ est constitué de trois groupes turbo-alternateur qui débitent une énergie de 100MW chacun.

C'est en 1988 qui a eu lieu l'application de ce 2^{eme} projet.

- Le 14/12/1988 à lieu le 1^{er} couplage du TG5.
- Le 11/02/1988 à lieu le 2^{eme} couplage du TG6.
- Le 09/05/1988 à lieu le 3^{eme} couplage du TG7.[10]

II.3. Rôle de la centrale

Le rôle principale de cette centrale est de produire de l'énergie électrique à partir de la combustion du gaz naturel , elle est chargée dans le cadre national d'alimenter avec d'autres centrales en parallèles un réseau interconnecté qui part de l'est à l'ouest en passant par le centre , l'exploitation de ce réseau est assuré par le dispatching , situé au niveau D'ALGER la charge (puissance de réseau national est 5000MW) en moyenne avec une tension de 220KV et une fréquence de 50HZ .

La centrale de TIARET participe dans ce réseau avec une puissance moyenne de (400MW), en exploitant (7GROUPES) de puissance différente.[10]

II.4. Alimentation de la centrale

L'alimentation de la centrale se fait en trois parties : Engaz, en électricité et en eau.

➤ En gaz

Méthane CH₄ ramenée de HASSIRMEL transitant par différents de pompage avec une pression de 50 Bars jusqu'à ARZEW.

➤ **En électricité**

Auto alimenté, elle prend son énergie de ces groupes. Si ces derniers sont à l'arrêt, la centrale reçoit son besoin d'énergie du réseau par l'intermédiaire de ces transformateurs principaux.

➤ **Alimentation en eau**

Eau industrielle, ramenée du barrage.[10]

II.5. Les équipements présent dans la centraleALSTHOM⁽¹³⁾

➤ **03 groupes turbo-alternateur 9001E. Chaque groupe est constitué de :**

- 01 Pompe auxiliaire de graissage.
- 01 Pompe de secours.
- 01 Pompe H.P.
- 02 Pompes de circulation d'eau de refroidissement d'huile.
- 02 Ventilateurs.
- 01 Moteur de virage.
- 01 Dispositif de démarrage (un moteur de lancement, un convertisseur de couple et un réducteur des auxiliaires).
- 01 Bac a huile de graissage de 12000 litres.
- 01 Bâche de reprise de 6000 litres.
- 01 Bâche de charge de 6000 litres.
- 02 Pompes de circulation d'eau de refroidissement alternateur.
- 01 Excitatrice.
- 01 Alternateur.
- Système d'aspiration
- Aéros réfrigérant turbine
- Aéros réfrigérant alternateur

➤ **03 Transformateurs principaux**

➤ **03Transformateurs auxiliaires**

➤ **02 Transformateurs de lancement**

➤ **Poste gaz :**

- Arrivée principale avec vanne d'arrêt d'urgence à commande à distance.
- Séparateur primaire avec vanne d'isolement en amont et en aval.

- 02 Filtres principaux.
- 01 Ballon de méthanol.
- 03 Rampes de détente gaz (chaque rampe à ses vannes d'isolement).
- 01 Ballon de récolte condensât.
- 02 Chaudières gaz.
- 03 Skids finaux gaz.
- **01 Local des pompes avec deux pompes électriques et une moto pompe diesel de secours.[10]**

II.6. Salle de commande avec système contrôle commande

- 01 Armoire appel personnes.
- 01 Armoire Oscillopertubographe⁽¹⁵⁾.
- 03 Armories protection transformateur.
- 03 Armories protection alternateur.
- 01 Armoires protection incendie.
- 02 Tableaux comptage d'énergie électrique.
- 03 Tableaux de commande alternateur.
- 03 Tableaux de commande turbine. SPEED TRONIC GE MARC VI⁽¹⁶⁾.
- 01 Armoire gaz.
- 01 Tableau synoptique.[10]

II.7.les sources de danger et leur zone de localisation

II.7.1. Produits dangereux

A. Explosifs

- **Gaz** : (Skids Postes gaz, Skids finaux, Turbines)
- **Acétylène** :(Local des batteries)
- **Hydrogène de la batterie** : (Atelier).

B. Produits toxiques

- **Askarels⁽¹⁷⁾** : (Local de stockage).
- **NOx, CO, CO₂** : les rejets de l'échappement.

C. Corrosifs

- l'eau de ville (arrosage).
- H₂SO₄ acide sulfurique (batterie). [10]

II.7.2. Appareils sous tension**A. Poste HT, MT et BT**

- salle de commande :(6KV ,400V, 220V)
- salle des machines :jeux de Barres 6KV, 400V.
- Poste anti-incendie : (400V, 220V, 24V).

B. Transformateurs

- Transfo de puissance 11.5KV à 220 KV (devant salle des machines ALSTHOM⁽¹³⁾).
- Transfo de puissance 10.5 à 63 KV (devant salle de la commande FIAT⁽¹²⁾).
- Transfo des auxiliaires (6 KV/ 400V) (à côte transfo puissance).

C. Alternateurs

- 11.5 KV pour ALSTHOM⁽¹³⁾.
- 10.5 KV pour FIAT⁽¹²⁾.

D. Autres

- Les armoires anti-incendie (toute la surface de la centrale)
- Les batteries (400V, 220V, 24V) (continue). [10]

II.7.3. Appareils sous pression

Poste HP, MP, BP :

- Compresseur d'air (groupe diesel) (P=7 Bars)
- Poste anti-incendie : (15 Bars, 10 Bars).
- SKID GAZ:(60 Bars, 20 Bars).
- compresseur: P=10 Bars.
- Bouteilles anti-incendie (CO₂)

II.8. Moyens de sécurité

II.8.1. Equipements de protection

A. Equipements de protection collectif

- Brancard : dans deux endroits (CCM Alsthom+ infirmerait)
- Extincteurs : tous les endroits de centrale
- Boite de pharmacie : bloc administratif, infirmerait
- Autre : perches, tabouret, mises à la terre, etc...

B. Equipement individuel

- bâtiments de commande (lunettes, casque gants et chaussures).
- bloc administratif (lunettes, casque gants et chaussures).

C. Issues de secours : pour tous les bâtiments. [10]

II.8.2 Moyens de lutte contre l'incendie

A. Système détection d'incendie

Pour chaque zone, une boucle de détection d'incendie du type thromboplastine assure la surveillance permanente

- **Seuil de déclenchement :**

Zone N°1 ----- 315C° (compartiment des auxiliaires et compartiment turbine)

Zone N°2 -----510C° (compartiment de puissance)

En cas de détection d'incendie le système de détection élabore les actions de signalisations suivantes :

- Déclenchement du groupe
- Arrêt de la ventilation de la zone d'incendie
- Armement d'une temporisation de l'ordre de 30 Secondes précédant l'émission du CO2 afin de permettre l'évacuation par le personnel éventuellement présent dans la zone

- Déclenchement d'un avertisseur sonore pour évacuation du personnel
- Déclenchement de l'émission par les têtes de bouteilles.

Un double système de détection d'incendie rassure la fiabilité du système de protection, deux détecteurs d'incendie sont adjacents l'un de l'autre. Chaque couple de détecteur est connectée électriquement de manière à déclencher une alarme en cas de fermeture d'un seul contact d'une paire, mais la fermeture de deux contacts d'un même couple de protection déclenche la turbine et enclenche la décharge initiale du CO₂.

➤ **Fonctionnement du circuit anti-incendie à base de CO₂**

Le circuit d'incendie permet de protéger les installations contre l'incendie par émission de CO₂ au niveau du compartiment turbine et compartiment alternateur.

Les principaux composants du circuit :

- Pour la zone N°1 : 16 bouteilles de CO₂
- Pour la zone N°2 : 26 bouteilles de CO₂
- L'alternateur : 04 bouteilles de CO₂

Les bouteilles sont reliées entre elles par des flexibles connectés à collecteur commun.

Chaque collecteur est relié à la tuyauterie d'émission CO₂ parcourant la zone

Des volets placés sur les gaines des ventilateurs : en cas d'incendie, ces volets se ferment pour empêcher l'apport d'air.

Lorsque le système de détection d'incendie donne un ordre est de donné pour :

- Déclencher la turbine.
- La fermeture des volets
- Excitation d'un électro-aimant de percussion pour provoquer l'émission de CO₂ (ouverture des bouteilles)

La décharge du CO₂ passe par deux étapes :

- Décharge initiale : prévue pour injecter à fort débit le produit d'extinction afin de stopper la propagation du feu dans un délai très court grâce à une concentration suffisante du produit (33% en volume de la zone)

- Emission lente à faible débit : a pour fonction de maintenir une concentration très faible d'oxygène dans l'air pendant 48 minutes dans la zone N°01 et trois heures dans la zone N°02

B. Les réseaux d'incendies

La centrale est équipée des réseaux contre incendie indépendant

- 03 bâches d'eau
- boucles d'incendie
- armoires RIA
- station réseau d'incendie (moto-pompes)

C. les Extincteurs

Il y a deux types d'extincteur

- Extincteur CO₂ (6kg, 10kg et 30kg) ;
- Extincteur poudre (9kg et 50kg).

Les extincteurs sont placés partout dans la centrale (salle de commande, atelier d'entretien magasin, hall de maintenance bureaux administration poste gaz. etc.....).[10]

II.8.3. Etude des consignes de sécurité de la centrale

Plan ORSEC⁽¹⁸⁾ : chaque centrale a son propre plan ORSEC⁽¹⁸⁾, il doit être délivré aux autorités locales Wilaya, APC, Daïra etc. [10]

Conclusion

Le monde connaît depuis plus d'un siècle un important développement industriel, l'augmentation du parc automobile et la multiplication des équipements domestiques ont provoqué une croissance importante de la demande énergétique électrique, ce qui a poussé l'homme à trouver des nouvelles sources et de développer des techniques de production qui peuvent satisfaire la demande qui est en augmentation permanente.

Dans ce chapitre, nous avons représenté les phases les plus importantes dans l'histoire de l'électricité à partir de la date de sa découverte et les différentes techniques de production de l'énergie électrique globalement et localement par la présentation du centre de production de l'énergie électrique de Tiaret « SPE Tiaret ».

Chapitre IV :
Identification du système
Turboalternateur

Introduction

Un turboalternateur est l'accouplement d'une turbine et d'un alternateur, la turbine comprime l'air atmosphérique dans son compresseur axial, augmente la puissance énergétique de l'air comprimé dans sa chambre de combustion, en utilisant la chaleur dégagée par la combustion, et convertie cette puissance thermique en énergie mécanique utile pendant le processus de détente qui a lieu dans la section turbine. L'énergie mécanique qui en résulte est transmise par l'intermédiaire d'un accouplement à l'alternateur en pour produire de l'électricité.

L'application des méthodes d'analyse choisies pour notre étude nécessite une connaissance approfondie du système étudié. Pour cela ce chapitre sera porté sur la description des composants du turboalternateur ainsi que leur fonctionnement.

I. Généralités

Le groupe thermique turbine à gaz est constitué par une turbine gaz entraînant un alternateur, pour assurer une production électrique à la fréquence de 50 Hz.

Dans la turbine à gaz. La combustion d'un mélange air-gaz est utilisée pour produire la puissance sur l'arbre nécessaire à l'entraînement de l'alternateur principal, du compresseur et de certaines auxiliaires.

La turbine à gaz comporte un dispositif de démarrage à moteur de lancement, des auxiliaires, un compresseur axial, un système de combustion et une turbine à trois étages.

Au démarrage, le moteur de lancement transmet son couple à la ligne d'arbre turbine à travers un convertisseur de couple et le réducteur des auxiliaires, qui comme son nom l'indique, entraîne un certain nombre d'auxiliaire comme les pompes par exemple.

Dès que la ligne d'arbre est mise en mouvement par le moteur de lancement, l'air atmosphérique est aspiré, filtré et dirigé à travers les gaines d'admission vers l'entrée du compresseur axial à (17 étages).

A la sortie de compresseur, l'air pénètre dans un espace annulaire entourant les 14 chambres de combustion puis dans l'espace situé entre l'enveloppe des chambres et les tubes de flamme.

Le combustible est introduit par les injecteurs dans chacune des chambres de combustion où il est mélangé à l'air de combustion provenant du compresseur. La mise à feu est réalisée par une bougie d'allumage.

La flamme se propage dans les autres chambres à travers les tubes d'interconnexion qui les relient entre elles au niveau de la zone de combustion.

Les gaz chauds venant des chambres de combustions traversent les trois étages turbines, chaque étage est constitué par un ensemble d'aubes fixes suivi d'une rangée d'aubes mobiles. Dans chaque rangée d'aubes fixes, l'énergie cinétique du jet de gaz augmente tandis qu'apparaît une diminution de la pression dans la rangée adjacente d'aubes mobiles, une partie de l'énergie cinétique du jet est convertit en travail utile transmis au rotor de la turbine.

Le travail fourni au rotor de la turbine sert à faire tourner l'alternateur et en partie à l'entraînement du compresseur axial et des auxiliaires de la turbine. Par définition un alternateur est une machine électro- magnétique destinée à fournir un courant alternatif

Il est composé principalement d'une partie fixe appelée stator et qui est solidaire du massif et d'une partie mobile tournante appelée rotor accouplé à celui de la turbine par des brides.

Ces deux parties comportent un circuit magnétique et sont séparées par un espace vide permettant la rotation appelée l'entrefer.

Le rotor support l'enroulement qui crée le champ magnétique (inducteur⁽¹⁹⁾) et le stator contient l'enroulement où apparaît la puissance électrique (induit⁽²⁰⁾).

Le champ magnétique est crée par la rotation du rotor correspondant à la vitesse nominale de la turbine qui est de 3000 tr / mn.

A cette vitesse, le champ magnétique qui est la conséquence d'une puissance mécanique est transformé en puissance électrique au niveau des bornes du stator qui est le siège de puissance électrique qui doit être évacuée vers l'extérieur (réseau).

Les différentes transformations de l'énergie au niveau du turboalternateur :

Énergie chimique → Energie thermique → Energie cinétique → Energie mécanique →
Energie électrique.[10]

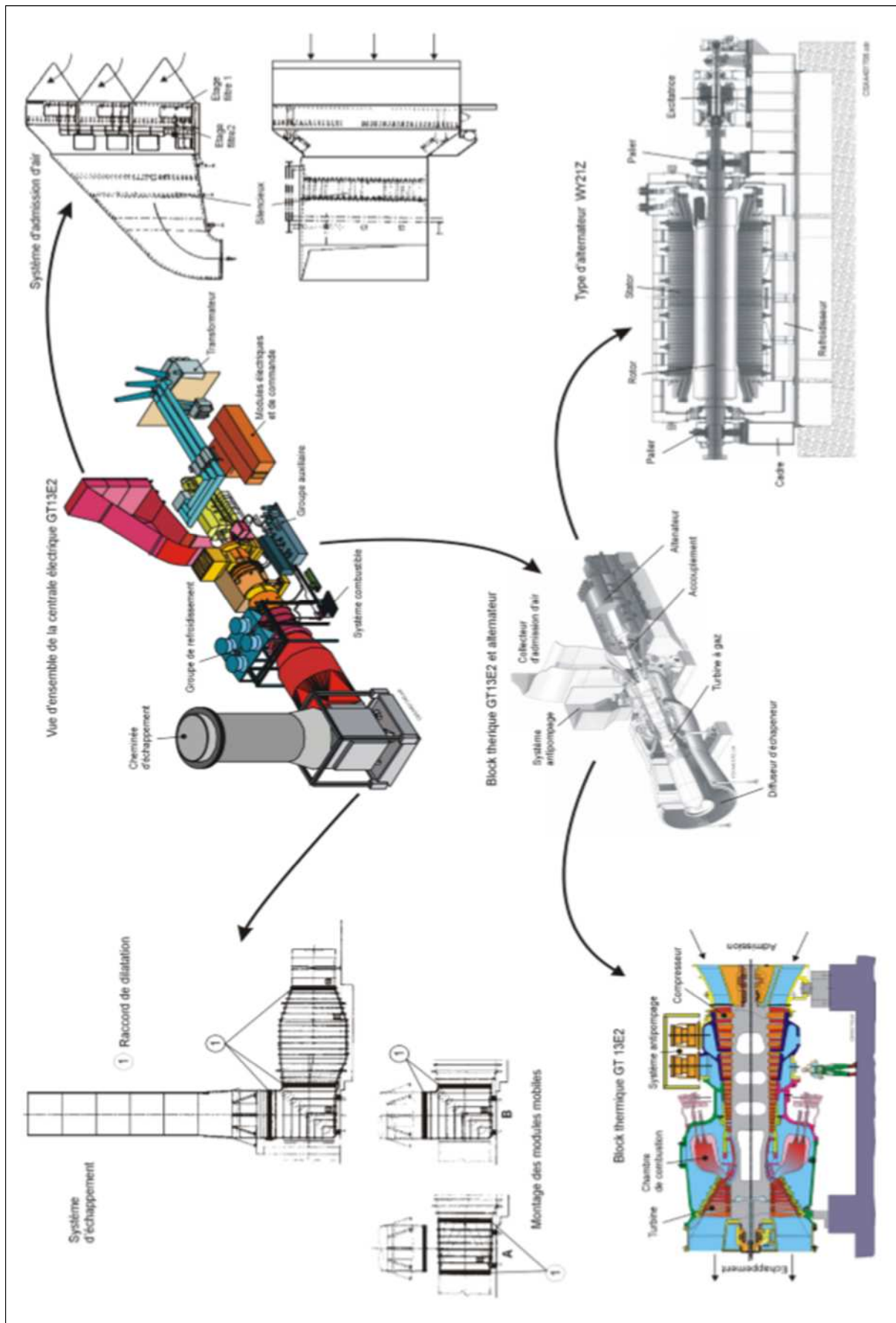


Figure IV.1: Emplacement des composants principaux du turboalternateur à gaz.[11]

II. Compresseur

Le compresseur utilisé est de type axial c à d que la direction générale du débit d'air est axiale. Il comporte dix sept (17) étages.

Dès que le rotor compresseur commence à tourner la pression augmente progressivement d'étage en étage, cette pression est obtenue par réduction de la vitesse d'air dans les aubes du stator c à d que lorsque l'air admis en mouvement de rotation par la partie mobile de l'étage atteint la partie fixe, sa vitesse diminue et sa pression augmente, la pression de l'air à la sortie du compresseur est 10 bars. [11]

II.1. Le compresseur est composé de



Figure IV.2: les différentes parties de compresseur axial [11]

II.1.1. Système d'admission

Permet de filtrer et de guider le flux d'air à l'entrée du Compresseur

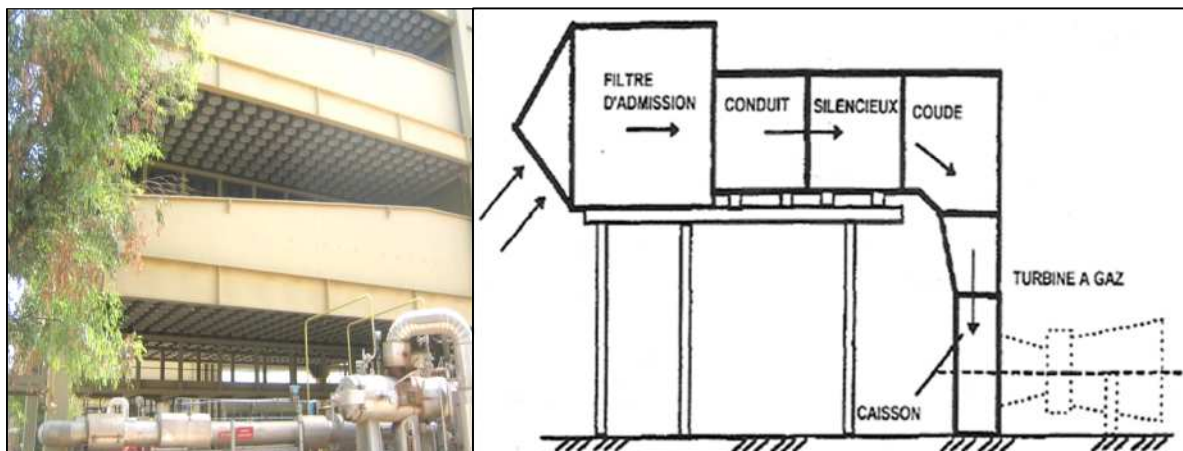


Figure IV.3: Système d'admission de l'air [10]

II.1.2. Rotor

Il est composé d'un arbre avant portant les aubes du 1^{ère} étage, un arbre arrière portant les aubes du 17^{ème} étage et de (15) disques aubes.

L'ensemble est maintenu entre eux par (16) tirants formant le rotor de forme conique avec un équilibre bien précis.

Les aubes sont fixées sur le périphérique de chaque disque.

De l'air est soutiré du 16^{ème} étage pour refroidir les aubes de 1^{ère} et 2^{ème} roue turbine.[11]

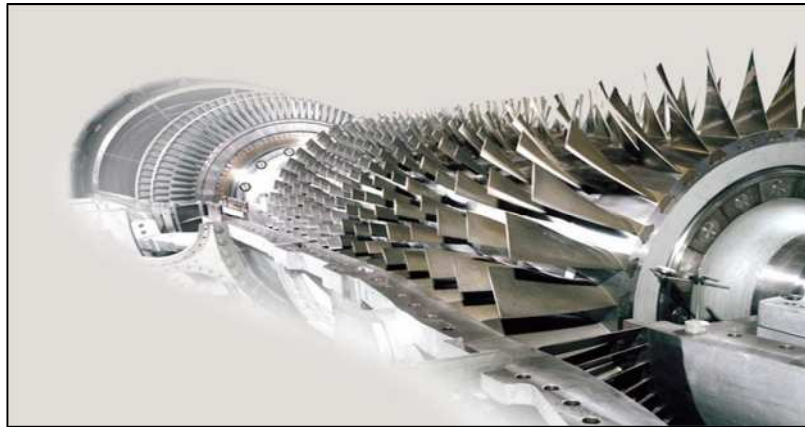


Figure VI.4 : Rotor de compresseur[10]

II.1.3. Stator

Le stator est divisé en quatre (04) parties.



Figure IV.5: Stator du compresseur[10]

A. Corps d'admission

Situé à la partie avant du compresseur. Il dirige l'air en provenance du système de filtration vers l'aubage compresseur. Il supporte le palier N°01.

Ses parties intérieure et extérieure sont reliées entre eux par des entretoises. A l'extrémité arrière du corps d'admission se trouvent les aubes orientables IGV.

Les IGV permettent de régler la quantité d'air admise et atténuer le pompage du compresseur en phase de démarrage et d'arrêt. Elles sont entraînées par une crémaillère commandée par un vérin hydraulique asservi. Les IGV se positionnent comme suit :

34° à l'arrêt, 57° à la vitesse nominale/sans charge et entre 57° - 84° pour la prise de charge.

B. Corps avant

Comprend les 4 premiers étages du stator.

C. Corps arrière

Il comprend :

- les étages 5 à 10
- des sorties pour soutirer l'air du 5^{ème} étage afin d'éviter le pompage du compresseur pendant les périodes transitoires (arrêt et démarrage)
- des sorties du 4^{ème} étage pour soutirer l'air d'étanchéité des paliers

D. Corps d'échappement

Il comprend les sept (07) derniers étages, il sert à supporter aussi le palier N° 2 et assure la liaison entre les ensembles turbine et compresseur.

Les aubes du stator sont fixées sur des gorges circonférentielles.

Deux (02) rangées d'aubes fixes de guidage à la sortie du compresseur permettent de diriger l'air vers le système de combustion. [11]

II.2. Caractéristique du compresseur

Tableau IV.1 : Caractéristique du compresseur (Alsthom) [10]

Nombre d'étages	17 étages
Aube variable IGV	Commande hydraulique
Rapport de compression	Ps/Pe =10
Anti-pompage.	(4) Vannes 11 ^{ème} étage
Refroidissement et étanchéité.	soutirage 4 ^{ème} étage

II.3. Système anti-pompage

Pendant les périodes transitoires (démarrage ou l'arrêt), Il y a naissance des pulsations d'air surtout aux 10 étages qui risque d'endommager le compresseur. Donc pour éviter cette situation critique, il faut soutirer l'air sur le corps arrière du stator. Des vannes dites anti-pompage placé sur cette sortie s'ouvrent pendant les périodes transitives et elles se ferment quand la turbine va atteindre sa vitesse normale.[11]

II.4. Détecteurs et instruments de mesure

Le compresseur est équipé de :

- thermocouples pour détecter la température d'admission et d'échappement compresseur
- capteurs de vibration places sur les paliers 1et2.
- Pressostats et manomètres pour mesurer la pression à la sortie du compresseur.
- Capteurs de position des IGV et des fins de course pour commande et signalisation.
- Fins de course sur les vannes anti-pompage.

Chaque palier est équipé par un capteur de vibration et un thermocouple pour assurer l'état des paliers et principalement du groupe turbine à gaz.[11]

III. Section combustion

Le système de combustion est du type "à flux inversé" et comprend 14 chambres de combustion réparties autour du corps 'échappement compresseur ainsi que les injecteurs, bougies d'allumage, détecteurs de flamme et tubes d'interconnexion fixés sur les enveloppes de chambres. Les gaz chauds, nés de la combustion dans les chambres, sont utilisés comme fluide moteur dans la turbine.

III.1. Chambre de combustion

L'air sortant du compresseur axial est canalise autour des piècesde transition et dans "les espaces annulaires qui entourent chacun des 14 tubes de flamme.

Il circule d'aval en amont a "l'extérieur du tube de flamme et se dirige versle chapeau du tube de flamme.

Il pénètre dans la zone de réaction de la chambre de combustion à travers le turbulator (élément de l'injecteur) et par des trous calibrés percés dans le chapeau et le tube de flamme.

Les gaz chauds se propagent ensuite vers la zone de dilution où de l'air additionnel vient se mélanger à eux par les trous de dilution. Ces trous de dilution servent de passage à la quantité d'air nécessaire au refroidissement, à la température désirée, des gaz de combustion. Tout au long du tube de flamme et du chapeau des petits trous de refroidissement assurent la formation d'un film d'air froid le long des parois conjointement avec l'action de déflecteurs internes. A la sortie des chambres de combustion, les pièces de transition dirigent les gaz chauds vers l'entrée de la 1ère directrice.

Les 14 tubes de flamme sont identiques. Ils sont entourés chacun d'un déflecteur d'air ("flow sleeve") qui guide l'air d'aval en amont le long du tube de flamme.

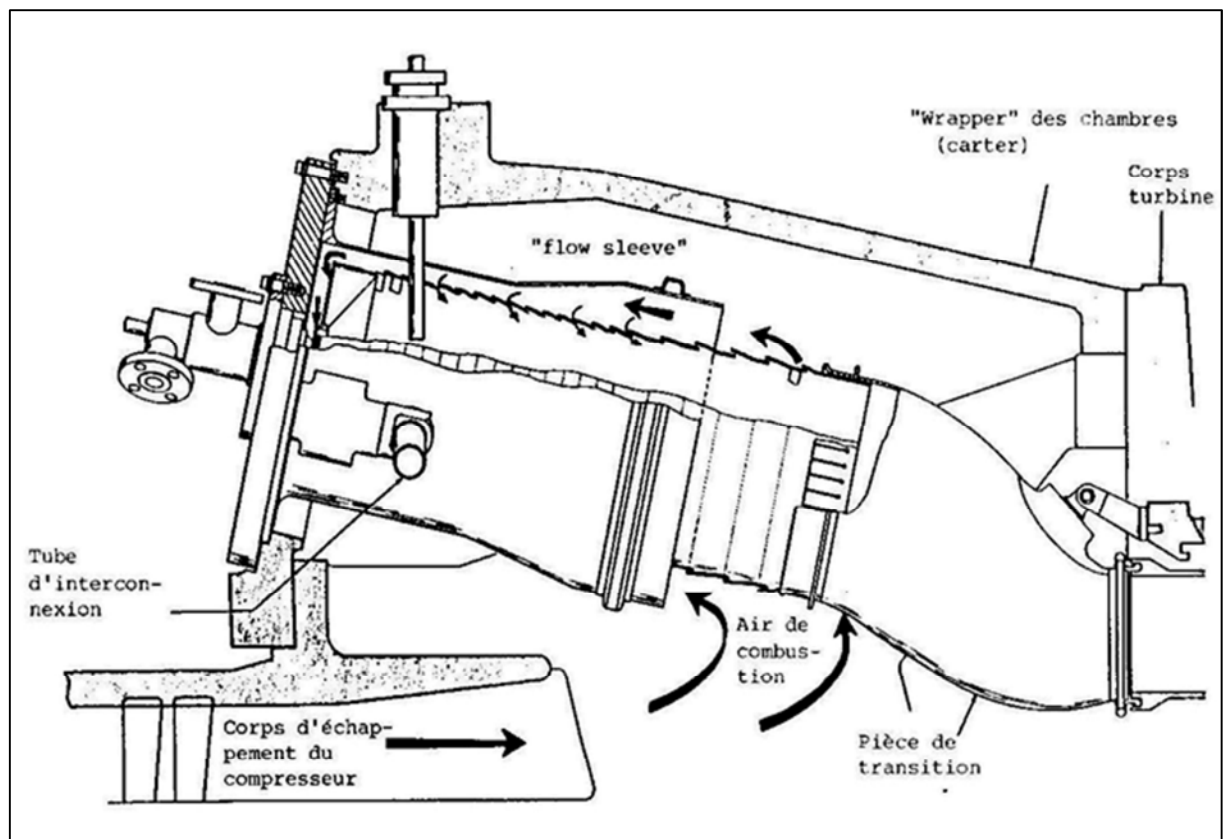


Figure IV.6 : détails d'une chambre de combustion et circuit d'écoulement de l'air[10]

Les chambres sont numérotées dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en partant du point haut de la turbine et en regardant vers l'échappement. Les chambres 4 et 5 portent les détecteurs de flamme (7 et 8), les chambres 12 et 13 les bougies d'allumage (3 et 4) (voir figure suivante)

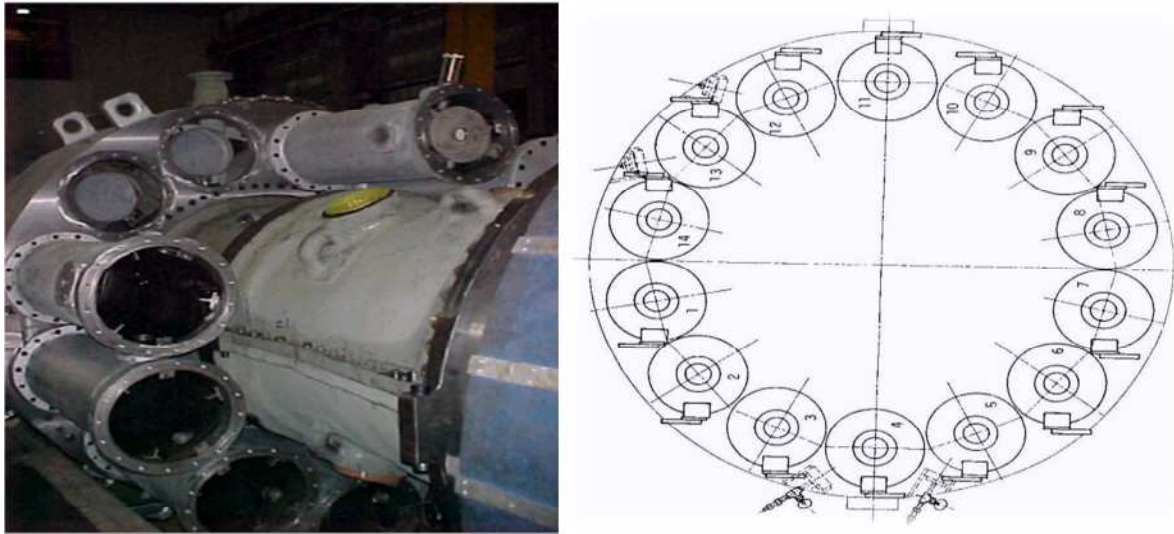


Figure IV.7 : l'enveloppe des chambres de combustion[10]

Le système de combustion situé entre la sortie du compresseur et l'entrée de la turbine comprend des chambres de combustion inclinées et réparties autour du corps d'échappement compresseur. Chaque chambre est composée de :

III.1.1. Carter des chambres de combustion

C'est une enveloppe qui permet de diriger l'air à la sortie du compresseur vers l'enveloppe intermédiaire.

III.1.2. Tube de flamme

C'est un tube cylindrique fermé d'un seul côté avec un chapeau qui supporte l'injecteur.

Le tube est percé avec des trous calibrés pour assurer la combustion correcte du combustible.

Le tube est divisé en trois zones :

- 1- Zone de réaction : mélange l'air avec le gaz pour assurer la combustion.
- 2- Zone de refroidissement : une série de trous disposés le long de tube.
- 3- Zone de dilution : des trous servant à introduire de l'air afin de refroidir les gaz chauds à la température désirée. Le corps tube comprend des colliers pour fixer les tubes. [10]

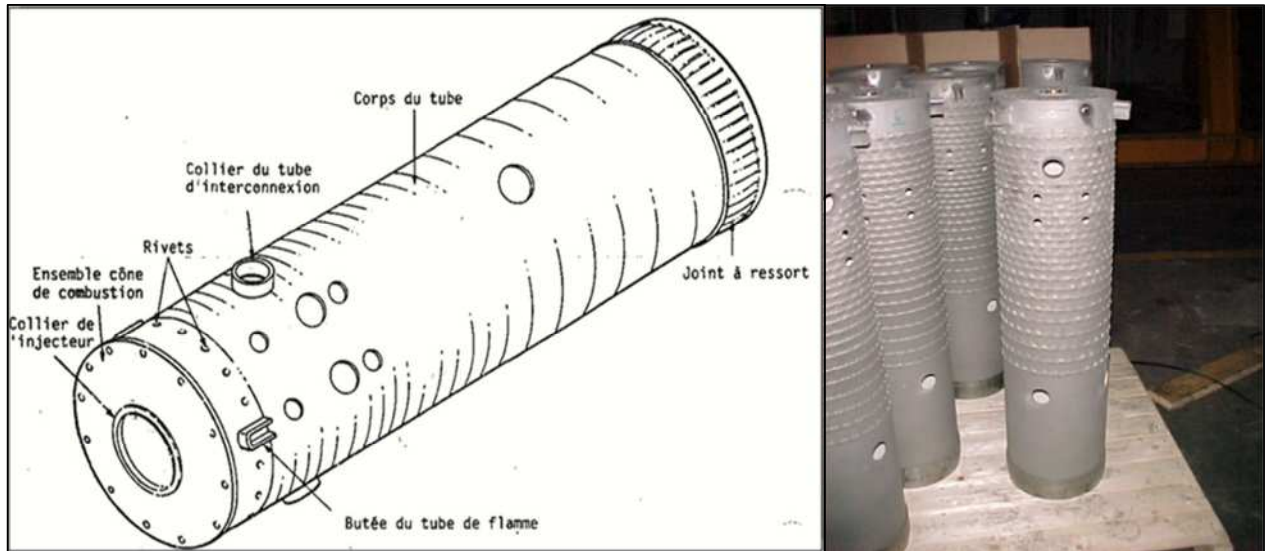


Figure IV.8: tube de flamme[10]

III.1.3.Enveloppe intermédiaire

Entour chaque tube de flamme elle sert à guider le débit d'air d'échappement vers la sortie des compresseurs vers le chapeau de tube de flamme. Il joue le rôle d'un déflecteur.

III.1.4.Injecteur de combustible

Permet d'injecter le gaz dans le tube de flamme, le gaz traverse des orifices situés dans le chapeau afin de répartir le gaz dans la zone de réaction du tube de flamme.

III.1.5.Bougie d'allumage

Permet de produire une étincelle provocante l'allumage.

L'électrode de la bougie est alimentée par le transformateur d'allumage, après l'allumage l'électrode est rétractée quand la pression des gaz chauds augmente dans les chambres.



Figure IV.9: Bougie d'allumage[10]

III.1.6. Pièces de transition

Dirige les gaz chauds vers la première roue de la turbine, ils ont accroché au corps d'échappement du compresseur ; et d'autre part fixé sur l'anneau de retenue de la première roue turbine.

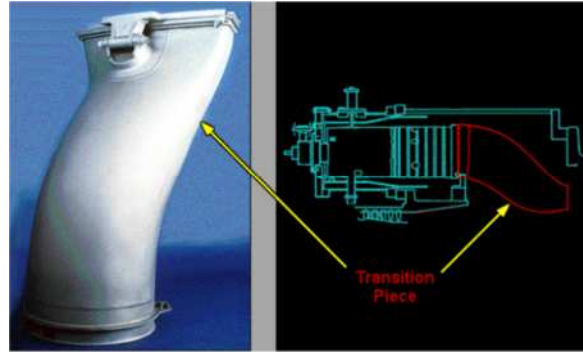


Figure IV.10: Pièces de transition [10]

III.1.7. Tubes d'interconnexion

Ils permettent de relier les chambres de combustion entre elles, afin de propager la flamme issue des chambres équipées de bougie d'allumage.



Figure IV.11: Tubes d'interconnexion [10]

III.1.8. Détecteur de flamme aux ultraviolets

Composé d'une enveloppe spéciale contenant des électrodes métalliques et un gaz. Les rayons émis par la flamme ionisent le gaz du tube, l'espace entre les électrodes devient conducteur une décharge électrique de courte durée entre les électrodes permet de créer un courant suffisant indiquant la présence de flamme. [10]

III.2. Caractéristiques des chambres (Alsthom)

- Nombre des chambres : 14.
- Nombre des bougies : 02.
- Nombres des détecteurs de flammes : 02.
- Alimentation des transformateurs (bougie) : 15000V.
- L'emplacement des bougies : Chambre 12 et 13.
- L'emplacement des détecteurs : Chambre 5 et 6.
- Pression du gaz : 18 – 20 bars de 30c°. [10]

IV. La turbine

C'est la partie dans laquelle l'énergie engendrée par les gaz chauds sous pression venant du système de combustion (énergie thermique) est transformée à un travail utile pour entraîner le rotor « Energie mécanique ».

Elle entraîne à la fois le compresseur, l'alternateur et le réducteur des auxiliaires.

La turbine comporte trois (03) étages, chaque étage est composé des directrices (aubes fixes) suivie d'une roue (aubes mobiles).[10]



Figure IV.12: la turbine[10]

IV.1. Rotor

Le rotor se compose de.

IV.1.1. Arbre avant

S'étend de la bride arrière de liaison au rotor compresseur à la face avant de la 1^{ère} roue turbine. Il comporte la fusée du palier N°2.

IV.1.2. Arbre Arrière

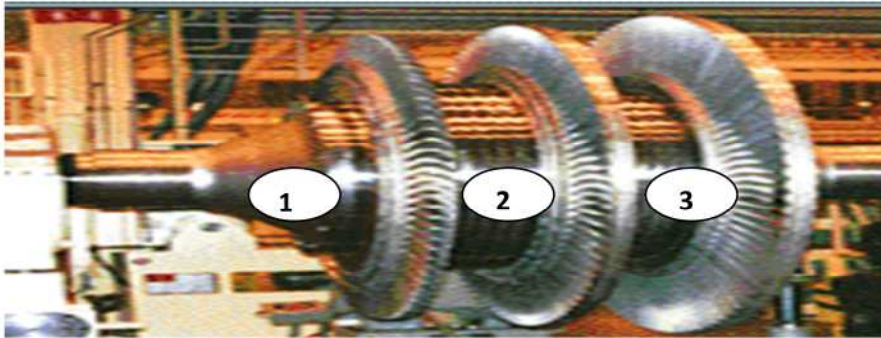
S'étend de la 3^{ème} roue à la bride avant de l'accouplement avec le rotor alternateur il comporte la fusée du palier N°03.

IV.1.3. Roue turbine

Composé de trois (03) roues, chaque roue porte des aubes sur son périmètre. La longueur des aubes est de plus en plus longue en partant de la 1^{ère} à la 3^{ème} roue. Les roues sont séparées avec des entretoises (entre 1^{ère} et 2^{ème} roue et entre le 2^{ème} et la 3^{ème} roue). L'ensemble est maintenu par 12 tirants formant le rotor turbine

Les faces des entretoises comportent des fentes radiales pour le passage de l'aire de refroidissement.

Les aubes de la 1^{ère} et la 2^{ème} roue comportent des fentes longitudinales pour le refroidissement.[10]



FigureIV.13:les entretoises entre les roues du rotor[10]

IV.2. stator

Le stator de la turbine comporte le corps turbine et le cadre d'échappement.

IV.2.1. Corps turbine

Il assure les positions axiale et radiale des directrices et des segments de protection ainsi que les jeux par rapport aux aubes turbine.

Le corps turbine est placé entre le corps d'échappement et le carter des chambres de combustion.

Il dirige les gaz chauds sur les aubes des roues de chaque étage (rotor turbine).

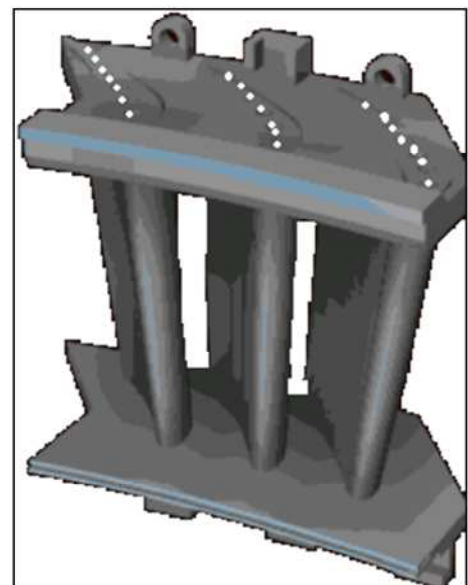
En trouve trois catégories de Directrice :

A.Directrice 1^{er} étage : Reçoit les gaz chauds à la sortie des pièces de transition. Elle est formée de 18 segments, chaque segment comprend deux aubes,

B. Directrice 2^{ème} étage : Formée de 16 segments de trois (03) aubes chacune, elles reçoivent l'air de la 1^{ère} roue.

C. Directrice 3^{ème} étage : Formée de 16 segments de quatre (04) aubes chacune, elles reçoivent les gaz chauds de la 2^{ème} roue.

Des diaphragmes placés sur les périmètres intérieurs des directrices 2^{ème} et 3^{ème} étages.



FigureIV.14: segment[10]

IV.2.2. Diaphragme

Les diaphragmes sont montés sur le diamètre interne formé par les segments de directrice du 2ème et 3ème étage. Ces diaphragmes minimisent les fuites entre le bandage intérieur et le rotor, ils comportent des labyrinthes à dents inégales.

IV.2.3. Segment de protection

Leur première fonction est de fournir une surface cylindrique pour minimiser les fuites de gaz chauds au sommet des aubes. La seconde fonction est d'assurer une haute protection thermique entre la veine des gaz et le corps turbine.

IV.2.5. Cadre d'échappement

Il permet de guider les gaz chauds sortant de la 3^{ème} roue vers le diffuseur. Il est formé d'une partie intérieure et une partie extérieure reliées par 10 entretoises radiales. La partie intérieure supporte le palier N°3. Le palier N° 03 comprend deux (02) bagues flottantes et cinq (05) labyrinthes d'étanchéité (l'étanchéité se fait par de l'air extrait du compresseur « 4ème étages »)

IV.3. Détecteur et instruments de mesure

- Deux capteur de vibration pour palier N°2 et palier N°3.
- thermocouple avant 1ère roue turbine
- température arrière 1ère roue turbine.
- température avant 2ème roue turbine.
- thermocouple mesure la température d'échappement pour la régulation.
- thermocouple mesure la température d'échappement pour le déclenchement.[10]

V. Alternateur

Les alternateurs sont des machines qui transforment l'énergie mécanique en énergie électrique.

Ils utilisent la force électromotrice induite par déplacement relatif d'un conducteur dans un champ magnétique inducteur.

Lorsqu'un conducteur de longueur L coupe un champ d'induction B à la vitesse V , la f.é.m s'exprime par $e = L \cdot V \cdot B$

Cette fonction caractérise toutes les machines électriques à déplacement relatif.

Une telle machine « Alternateur » est dite performante si elle regroupe les caractéristiques suivantes :

- Vitesse tangentielle ;
- Conducteurs parallèles à l'axe de rotation ;
- Champ magnétique radial perpendiculaire aux conducteurs.

Donc une telle machine nécessite :

- Une création d'un champ magnétique par excitation de l'inducteur tournant.
- Canalisation du champ magnétique pour accroître l'intensité de l'induction.

Le champ magnétique de l'inducteur apparaît sous forme de deux pôles de sens contraire opposés.

Les conducteurs de l'induit sont donc soumis à un champ magnétique alternatif dont la fréquence est donnée par la vitesse de rotation de rotor $f = \frac{V \cdot P}{60}$

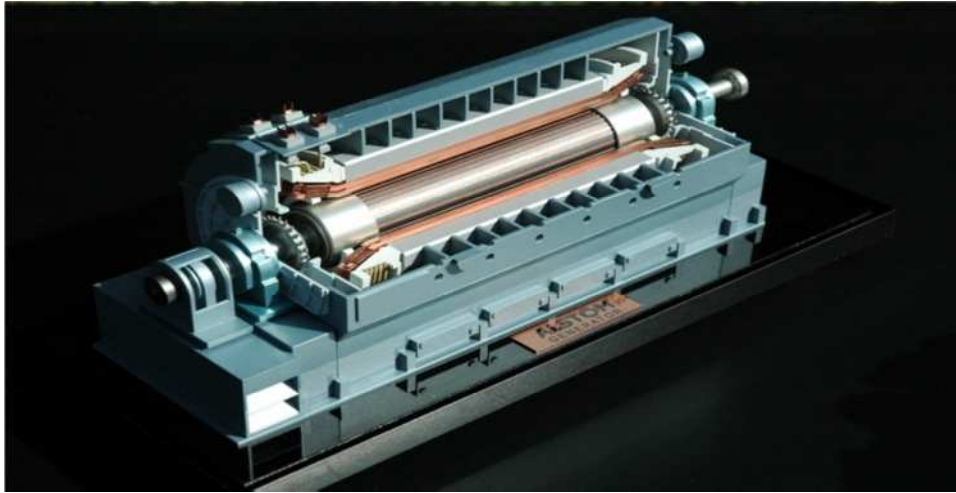
V : vitesse de rotation

P : nombre de paire de pôle

Donc la f.é.m résultante est alternative à l'image du champ magnétique induit.

Dans un alternateur triphasé :

- Un rotor porte un bobinage alimenté en courant continu par un système d'excitation, ce qui a pour effet de créer un champ continu qui tourne à une vitesse définissant la fréquence.
- Un enroulement induit appelé stator, porte sur sa périphérie trois enroulements décalés dans l'espace d'un tiers de pas polaire. Les enroulements stator sont le siège d'une f.é.m sinusoïde décalée dans le temps d'un tiers de période. [11]



FigureIV.15: alternateur

V.1. Composants de l'alternateur

V.2.1 Rotor

C'est la partie tournante de l'alternateur, entraînée par la turbine.



Figure IV 16 : rotor du l'alternateur

A. Arbre rotor

L'arbre est en acier forgé monobloc. Des encoches longitudinales permettent de loger les bobines. Une extrémité comporte le plateau d'accouplement côté turbine, et l'autre partie comporte la fixation de la partie mobile de l'excitateur à diodes tournantes.

B. Enroulement rotor

Il se compose de :

1. Partie droite

Elle est formée par les conducteurs logés dans les encoches longitudinales de l'arbre rotor. Le rotor possède aussi un enroulement amortisseur constitué par des conducteurs en cuivre formant une cage d'écureuil. Cet enroulement amortisseur canalise les courants induits à la périphérie du rotor pendant le service de l'alternateur.

2. Têtes de bobines

Elles sont situées hors de la partie droite, les parties droites axiales d'une bobine sont reliées entre elles par des conducteurs en arc appelés têtes de bobines assurant la continuité des spires.

3. Frette

Deux pièces cylindriques en acier, amagnétique placées aux extrémités du rotor de part et d'autre pour protéger les têtes de bobine contre les effets de la force centrifuge.

4. Ventilateurs

Un ventilateur axial à ailettes est monté à chaque extrémité du rotor, ils aspirent l'air frais provenant des réfrigérants pour refroidir le rotor et le stator. [10]

V.2.2. Stator

C'est la partie fixe de l'alternateur. Il se compose de :

A. Partie active : Elle est composée de :

- **Circuit magnétique :** Le circuit magnétique est constitué par un empilage de tôles magnétiques isolées entre elles. L'empilage est fractionné en de nombreux paquets de plusieurs centimètres d'épaisseur, séparés par des événements radiaux formant des canaux de ventilation pour le refroidissement du circuit magnétique
- **Enroulement stator :** Constitué par un ensemble de conducteurs immobilisés dans le circuit magnétique. Les conducteurs sont composés d'un ensemble de brins élémentaires en cuivre isolés du circuit magnétique. Des développantes permettent de raccorder les extrémités des bobines. Les trois enroulements sont couplés ensemble en étoile.

B. Carcasse

C'est l'enveloppe extérieure de l'alternateur.

Elle Protège l'alternateur contre toute introduction de corps étrangers et en même temps elle supporte le rotor alternateur.

C. Paliers

Les paliers sont de type palier à flasque, ils assurent :

- La fermeture de la carcasse alternateur ;
- Supporter le rotor alternateur.

Un palier comporte deux demi-coussinet, la chaise palière, le chapeau palier et quatre (04) joints labyrinthes.

L'extrémité de l'arbre côté turbine est mise à la masse par l'intermédiaire d'un balai de masse.

Le palier côté excitation est isolé de la masse.

Ces deux derniers points permettent de protéger les paliers, on empêchant le passage de courant à travers l'arbre de l'alternateur, les paliers et la carcasse.

De l'huile à fort dépit alimente les paliers et forme un film d'huile entre l'arbre et le coussinet. De l'air prélevé de l'air de refroidissement alternateur est introduit dans les paliers pour faire barrage aux fuites d'huile.

Les accouplements alternateur – turbine et alternateur –excitateur sont des accouplements rigides assurés par des boulons. [10]

V.3. Caractéristiques

Tension nominale	11500V.
Courant nominal	6370A.
Fréquence	50Hz.
Vitesse	3000tr/min.
Survitesse	3600tr/min.
Puissance active.....	101.5MW. [10]

V.4. Instrument de mesure et de contrôle

Trios Thermocouple (TC) :

- TC 18, 19, 20 : Température des extrémités du circuit magnétique.
- TC 1 à 12 : température des barres stator.
- TC 13 à 17 : température de l'air de refroidissement.

Instrumentation paliers :

- TC 24 et 25 : Température paliers.
- détecteur Vibration paliers.
- Pressostat: pression huile paliers.

Protection stator :

- Mise à la masse de la carcasse.
- Détection liquide.
- Détecteur incendie : protection incendie.

Protection rotor :

- Mise à la masse de l'arbre (coté turbine).
- Isolement du palier (coté excitateur).
- Résistance de réchauffages. [10]

VI. Excitation

L'excitation se fait par un excitateur monté en bout d'arbre de l'alternateur, il fournit le courant d'excitation du rotor de l'alternateur principal.

Un courant dont la valeur est déterminé par les conditions de fonctionnement de l'alternateur Ce courant est injecté dans le circuit inducteur (partie fixe) de l'excitateur, ainsi l'inducteur introduit dans le circuit induit des f.é.m qui donne naissance à des courants alternatifs d'une fréquence de 250Hz. Ces courants sont redressés par des diodes tournantes avant d'être injectés dans le rotor alternateur. [10]

VI.1. Les composantes d'Excitateur

VI.1.1. Partie fixe (stator)

Constitué de :

A. Carcasse

Elle permet de loger et de centrer le support inducteur, de constituer l'enceinte et de guide de la ventilation, de supporter le réfrigérant d'air et les tuyauteries d'alimentation et d'assurer la fixation au sol.

B. Le support inducteur

Portant les parties actives, constituées par une culasse feuilletée composée de :

- Un circuit magnétique Constitué par un empilage de tôles,
- Un enroulement statorique, Formé de bobine inductrice, chacune comprend trois galettes en cuivre, reliées entre elles par des câbles soudés. Un ensemble de deux bornes de puissance permet d'alimenter l'excitation en courant continu.[10]

VI.1.2. Partie mobile (Rotor)

Le rotor est fixé en porte à faux en bout du rotor de l'alternateur principal. Il se compose de :

A. Tambour

Un tambour en acier support le circuit magnétique.

B. Le circuit magnétique

Constitué par un empilage de tôles, sur lesquelles sont usinées des encoches pour loger l'enroulement d'induit.

C. Enroulement induit

Un ensemble de conducteurs immobilisés dans le circuit magnétique. La sortie de chaque phase est montée et soudée à une prise de cuivre permettant la liaison aux blocs redresseurs.[10]

VI.2.3. Pont redresseur

Il permet de transformer le courant alternatif de l'excitateur en courant continu pour alimenter les connexions centrales du rotor de l'alternateur

Chaque connexion solidaire de chaque tête de diode se raccorde ensuite sur l'anneau collecteur de sa polarité respective (9 phases reliées à 18 diodes).

Le courant redressé est reçu sur deux anneaux en cuivre vers les connexions centrales d'excitation du turbo alternateur.[10]

VI.3. Caractéristiques

Puissance	314.2 KW
Tension nominale.....	148V
Courant nominal	2123 A
Vitesse	3000tr/mn
Tension d'excitation	47V
Courant d'excitation	101A
Fréquence	250Hz. [10]

VII. Comportement des auxiliaires

VII.1. Convertisseur de couple

Il est entraîné par le moteur de lancement par l'intermédiaire d'un accouplement flexible à sa sortie il est accouplé aux réducteur des auxiliaires par un accouplement flexible, il fournit la multiplication du couple nécessaire à l'entraînement de la turbine.[10]

VII.2. Vireur

Moteur électrique à courant alternatif ou à courant continu qui fait entraîner l'arbre du turboalternateur pendant l'arrêt du groupe pour éviter que l'arbre subisse des déformations jusqu'au temps ou l'arbre soit refroidi.

Le temps minimal est de 20heurs. [10]

VII.3. Cuve à huile

C'est une bache où l'huile est stockée à une certaine température et une certaine pression avec un détecteur de niveau et une résistance de réchauffage d'huile. [10]

VII.4. Pompe à huile de graissage

La circulation d'huile est assurée par les pompes suivantes :

- **Pompe principale** : entraînée par le réducteur des auxiliaires.
- **Pompe auxiliaire** : de type centrifuge entraînée par un moteur à courant alternatif, elle permet d'obtenir une pression d'huile suffisante pendant les séquences de démarrage et d'arrêt de la turbine.
- **Pompe de secours** : de type centrifuge entraînée par un moteur à courant continu démarre si la pompe auxiliaire s'arrête. [10]

VII.5. Réducteur des auxiliaires

Ensemble d'engrenages couplés au rotor turbine par un accouplement flexible. Sa fonction c'est d'entraîner chaque auxiliaire à sa propre vitesse, il contient la pompe à huile de lubrification et le système de protection mécanique contre les survitesses. [10]

VII.6. Aéro – réfrigérants

Chaque groupe est muni de son propre compartiment aéro-réfrigérants il y a deux types aéro-réfrigérants :

- **Réfrigérants d'huile** : l'huile de lubrification est directement refroidie par l'air, quatre ventilateurs qui constituent le compartiment des aéro-réfrigérants.
- **Réfrigérants d'air** : l'air de refroidissement de la turbine sortant de l'échappement compresseur est refroidi par des ventilateurs à l'extérieur de la salle des machines pour refroidir le corps et le rotor de la turbine.[10]

VII.7. Poste gaz

Le système de combustible gazeux est conçu pour fournir du gaz aux chambres de combustion à la pression et la température convenable pour satisfaire toutes les conditions de fonctionnement de la turbine à gaz.

➤ **Vannes de sectionnement :**

C'est la vanne GROVE qui est une vanne à commande manuelle isole l'arrivée du gaz.

➤ **Vannes de sécurité :**

C'est la vanne principale du poste gaz munie d'un opérateur pneumatique simple effet, alimenté en gaz moteur.

➤ **Détendeurs :**

Comporte trois lignes, chacune des lignes est équipée d'un auto détendeur pour fournir le gaz combustible à la pression requise à l'entrée des turbines.

➤ **Filtre :**

Il y a deux filtres un en fonctionnement l'autre en attente, deux types de filtration sont prévus :

- Une séparation des particules métalliques magnétiques à l'aide d'aimant.
- Séparation des autres particules.

➤ **Séparateurs :**

Ballon de stockage des condensats provenant des filtres.

➤ **Soupapes de sécurité :**

C'est au niveau du séparateur primaire réglée à 24bars.

➤ **Les purges :**

Pour évacuation du gaz vers l'atmosphère en cas de besoin.

➤ **Echangeur de chaleur :**

Chauffage du gaz par l'eau chaud.

➤ **Instrument de mesure :** Des manomètres, pressostats pour la pression du gaz.

Des thermomètres pour la température gaz.

➤ **Chaufferie gaz :**

Deux chaudières, on chauffe l'eau dans la chaudière cette eau passe pour refroidir le gaz par un échangeur thermique à travers une vanne trois voies.

- Chacune comporte
- Deux brûleurs
- Deux pilotes
- Un réservoir d'eau sous pression. [10]

VII.8. Transformateurs

Machine de conversion alternatif/alternatif constituée d'une partie active suspendue au couvercle et d'une cuve équipée d'un système de refroidissement

➤ **Partie active :**

- Circuit magnétique en tôle.
- Trois bobines concentriques dans lesquels les enroulements hauts et basse tension sont séparés par des isolateurs.

➤ **La cuve :** elle est parallélépipédiques, les côtés sont des panneaux à plis soudés entre eux et assurent le refroidissement de la partie active.

➤ **Le couvercle :** équipé de :

- Trois ou quatre traversées hautes ou moyenne tension.
- Trois ou quatre traversées moyennes ou basse tension.

➤ **Buchholz :** est un dispositif de sécurité (relais buchholz) il à deux rôles :

- Détecter et signaler la présence du gaz.
- Provoquer le déclenchement en cas de baisse du niveau d'huile.[10]

Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre la description et le fonctionnement de turboalternateur ce que nous a donné une vision claire sur ce dernier. Pour une meilleure étude de notre système et facilité l'application des méthodes d'analyse des risques.

Chapitre V :

L'application de l'analyse des risques

Introduction

Le turboalternateur est un système très important dans les industries de production de l'énergie électrique.

Dans le but d'identifier, hiérarchiser et de combiner toutes les défaillances qui peuvent altérer le fonctionnement du système ou présenter un risque industriel, nous avons trouvé judicieux d'appliquer les méthodes d'analyse suivante :

- Identifier des modes de défaillances, leurs effets et leur criticité par l'application de la méthode AMDEC ;
- Identifier de danger potentiel dans le système, les causes et les conséquences des déviations par l'application de la méthode HAZOP.

Pour réutiliser ce travail, nous avons été en stage au niveau de l'unité de production de l'énergie électrique (SPE) Tiaret.

I. Critères de choix de système (turboalternateur)

Le système turboalternateur est un système très important (stratégique) dans l'industrie de production de l'énergie électrique:

- Système très complexe et présente des risques de différente nature ;
- Toute défaillance dans le système provoque un arrêt de la production ;
- Le système turboalternateur est soumis à des contraintes importantes, ce qui le rend sensible aux dérives et par conséquent augmentation du risque qui peut altérer gravement le système.

II. Application des méthodes d'analyse des risques

Pour être aussi exhaustive que possible, nous avons choisi de travailler en collaboration avec un groupe de travail composé de :

- (02) Ingénieurs en HSE (Hygiène, sécurité et environnement) ;
- (01) Ingénieurs en exploitation ;
- Ingénieur en mécanique.

II.1. Application de la méthode AMDEC

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.

On a décomposé le système en six sous-systèmes comme suite :

- 1- Compresseur axial ;
- 2- Section combustion;
- 3- Section turbine;
- 4- alternateur;
- 5- Moteur exciteur.

Chaque sous-système est décomposé jusqu'aux organes les plus élémentaires, l'application de la méthode AMDEC machine au système turboalternateur est présentée dans les tableaux suivants :

Tableau V.1 : AMDEC du sous système compresseur axial.

Date de l'analyse: 04/06/2017	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ										Phase de fonctionnement : Page : 1/7		
	Système : turboalternateur					Sous-système 1 : Compresseur axial.					Normale		
	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	N	C	Action Corrective			
Rotor	Assurer le mouvement de rotation et comprimer l'air	- Usure - Rupture	- Fatigue - Mauvais graissage (palier)	Arrêt de compresseur	- MARK VI ⁽¹⁶⁾ -Vibration -Bruit	1	4	1	4	- Vérifier le système de graissage - Vérifier le rotor - Contrôle des filtres			
Aubes du rotor	Assurer la force nécessaire pour comprimer l'air	- Déformation - Corrosion - Erosion	- Mauvaise filtration d'air (entraînés des corps étrangers)	- Vibration - Détériorations des aubes	- Faible débit d'air - MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	3	12	- Réparation - Nettoyage ou changement de filtre - Changer les aubes			
Stator	Former la structure externe principale et supporter le rotor à l'endroit des paliers	- Déformation - Usure	- Pompage de compresseur - Fatigue	- Arrêt de compresseur	- Bruit - MARK VI ⁽¹⁶⁾ -vibration	1	4	1	4	Réparation - Nettoyage ou changement de filtre - Changer les aubes			
Aubes du stator	Guider l'air pour pénétrer dans les étages successif du compresseur axial	- Déformation - Corrosion - Erosion	Mauvaise filtration d'air	- Vibration - Détériorations des aubes	- Bruit - MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	3	12	- Réparation - Nettoyage ou changement de filtre - Changer les aubes			
Corps d'admission	Diriger l'air de manière uniforme dans le compresseur	- Usure - Rupture	- Corrosion - Surcharge	- Mauvaise - filtration d'air	-Faible débit d'air - MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	2	8	- Réparation - Nettoyage ou changement de filtre - Changer les aubes			
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 -Vibration/Bruit -Endommagement du compresseur	- MARK VI ⁽¹⁶⁾ -Vibration -bruit	1	4	2	8	- Nettoyage ou changement de filtre -Vérifier le système à l'huile hydraulique			

Tableau V.2 : AMDEC du sous système compresseur axial.

Date de l'analyse: 04/06/2017	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ							Phase de fonctionnement : Normale			Page : 2/7
	Système : turboalternateur		Sous-système 1 : Compresseur axial					Criticité			
	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	N	C	Action Corrective	
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	- MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	1	4	- Changement des corps avant - Nouvelle conception	
Corps d'échappement	Equilibrer le pompage de compresseur, former les parois du diffuseur et relier le compresseur aux stators de la turbine	- Cassure - Fissure	- Fatigue - Mauvaise conception	-Pompage de compresseur	- MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	2	8	- Changement des corps de refoulement - Nouvelle conception	
Clavettes	Faire passer l'air dans un seul sens	- Usure - Colmatage	- Fatigue - Mauvais fonctionnement de filtre	-Diminution de pression	-Faible débit d'air	1	4	1	4	- Changement de clavettes - Nettoyage ou changement de filtre	
Les paliers N° 1 et 2	Soutienne le rotor du compresseur/turbine de haute pression et assurer le graissage	- Usure - Cassure	- Fatigue - Vibration - Mauvais alignement - Mauvais graissage	-Echauffement -Blocage de rotor	-Bruit -MARK VI ⁽¹⁶⁾ -Vibration	1	4	3	12	- Vérifier le système de graissage - Changement des paliers	

Tableau V.3 : AMDEC du sous système Section combustion.

Date de l'analyse: 04/06/2017	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ						Phase de fonctionnement : Normale			Page : 3/7
	Sous-système 2 : Section combustion.						Criticité			
	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	N	C	
Enveloppe de combustion	Renfermer les chambres de combustion + la pièce de transition et transférer l'air de refoulement	- Déformation - Usure	- Echauffement local - Fatigue	-Mauvaise combustion	-Thermocouple -MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	2	8	- Redressement - Changer l'enveloppe de combustion
Chemise	Renfermer la chambre de combustion	- Gonflage - Distorsion	Aire brûlée ou surchauffée	-Mauvais combustion	-Faible débit au refoulement	1	4	2	8	Changer la chemise
Bougie d'allumage	Déclencher la combustion du mélange (gaz + l'air)	- Grippage - Eraillure	Echauffement local	-Pas de combustion	- MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	3	1	3	Nettoyage ou changement bougie d'allumage
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	- MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	3	1	3	Changer le détecteur de flamme
Injecteurs de combustible	Emettre une quantité mesurée de gaz dans la chemise de combustion	- Grippage - Usure	- Fatigue - Echauffement local	-Mauvaise combustion	-Fuite de gaz	1	3	2	6	- Réparation - Remplacement l'injecteur de combustible
Tubes à flamme	Empalmer de la combustion	- Flambage - Usure	- Echauffement - Corrosion - Fatigue	-Mauvaise combustion	-Thermocouple -MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	1	4	Changer les tubes à flamme
Tube interconnexion	Relier les 14 chambres de combustion et permette la propagation de la flamme	- Flambage - Usure	- Echauffement - Corrosion - Fatigue	-Mauvaise combustion	-Thermocouple -MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	1	4	Changer les tubes d'interconnexion
Pièce de transition	Transformer les gaz chauds à la directrice de 1 ^{ère} étage	- Fissures - Gonflage	- Fatigue - Mauvaise conception	-Echauffement local - Basse vitesse turbine	-Thermocouple -MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	3	12	- Changer la pièce de transition - Nouvelle conception
Support de fixation	Fixation de tube à flamme	- Usure - Déformation	- Fatigue - Echauffement	-Mauvaise combustion	-Bruit	1	3	2	6	Changement le support de fixation

Tableau V.4 : AMDEC du sous système Section turbine.

Date de l'analyse: 04/06/2017	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ							Phase de fonctionnement : Normale			Page : 4/7		
	Système : turboalternateur		Sous-système 3 : Section turbine.					Détection	Effet de la défaillance	Cause de la défaillance		Mode de défaillance	Fonction
			Cause de la défaillance		Effet de la défaillance		Criticité						
Élément								F	G	N	C		
Stator	Former la structure de la turbine à gaz	- Déformation - Usure	- échauffement - Fatigue Vibration	Mauvais fonctionnement	- Bruit - MARK VI ⁽¹⁶⁾			1	4	2	8		- Réparation - Vérifier le stator
Directrice du premier étage	Diriger les gaz chauds vers les aubes de la 1 ^{ère} roue	- Usure - Colmatage - Fissure	- Fatigue - Mauvais fonctionnement de filtre	Basse vitesse de la 1 ^{ère} roue	- MARK VI ⁽¹⁶⁾ - Vibration - Bruit - Thermocouple			1	4	2	8		- Nettoyage ou changement de filtre - Changer la directrice du premier étage
Directrice du deuxième étage	Diriger les gaz chauds vers les aubes de la 2 ^{ème} roue	- Usure - Colmatage - Fissure	- Fatigue - Mauvais fonctionnement de filtre	Basse vitesse de la 2 ^{ème} roue	- MARK VI ⁽¹⁶⁾ - Vibration - Bruit - Thermocouple			1	4	1	4		- Nettoyage ou changement de filtre - Changer la directrice du deuxième étage
Directrice du troisième étage	Diriger les gaz chauds vers les aubes de la 3 ^{ème} roue	- Usure - Colmatage - Fissure	- Fatigue - Mauvais fonctionnement de filtre	Basse vitesse de la 3 ^{ème} roue	- MARK VI ⁽¹⁶⁾ - Vibration - Bruit - Thermocouple			1	4	1	4		- Nettoyage ou changement de filtre - Changer la directrice du deuxième étage
Segments de protection	minimiser les fuites des gaz chauds écrans thermiques	- Usure - Rupture	- Fatigue - Echauffement	Basse vitesse de la turbine	- MARK VI ⁽¹⁶⁾			1	4	3	12		Changement des segments
Rotor (arbre avant)	Actionner le compresseur axial et assurer le mouvement de rotation	- Usure - Rupture	- Fatigue - Mauvais graissage	Arrêt de compresseur axial	- MARK VI ⁽¹⁶⁾			1	4	1	4		- Vérifier le système de graissage - Changer le rotor
Rotor (arbre arrière)	assurer le mouvement de rotation et actionner l'alternateur	- Usure - Rupture	- Fatigue - Mauvais graissage	Arrêt d'alternateur	- MARK VI ⁽¹⁶⁾			1	4	1	4		- Vérifier le système de graissage - Changer le rotor

Tableau V.5 : AMDEC du sous système Section turbine.

Date de l'analyse: 04/06/2017	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ						Phase de fonctionnement : Normale			Page : 5/7
	Système : turboalternateur						Sous-système 3 : Section turbine.			
	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité			Action Corrective	
Élément					F	G	N	C		
Les roues	Renfermer les aubes, assurer la rotation des rotors et assurer l'équilibrage des rotors	- Usure - Rupture	- Fatigue - Mauvaise refroidissement	Pompage de compresseur	- Bruit - MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	2	8	- Vérifier le système de refroidissement - Changer les roues
Diaphragme	minimisent les fuites entre le bandage intérieur et le rotor (formé par les segments de directrice du 2ème et 3ème étage)	Déformation	- Fatigue - Mauvaise refroidissement	- Echauffement - Détériorations des roues	- Bruit - MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	2	8	- Vérifier le système de refroidissement - Redressement - Changer le diaphragme
Paliers N° 3	Soutienne le rotor du alternateur/turbine de haute pression et assurer le graissage	- Usure - Cassure	- Fatigue - Vibration - Mauvais alignement - graissage	- Echauffement - Blocage de rotor	- Bruit - MARK VI ⁽¹⁶⁾	1	4	3	12	- Vérifier le système de graissage - Changement des paliers
Goujons	Assurer la fixation	Desserrage	- Chocs - vibration	Vibration	- Bruit	3	2	2	12	Serrage

Tableau V.6 : AMDEC du sous système Alternateur.

Date de l'analyse: 04/06/2017	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ						Phase de fonctionnement : Normale			Page : 6/7
	Système : Turboalternateur		Sous-système 4 : Alternateur				Criticité			
	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	N	C	
Stator	création d'une f.é.m	- Grillage d'enroulement - Défaillance de phase - Défaillance d'isolement	- Surcharge - Fatigue	Arrêt de compresseur axial	- Visuel	1	4	2	8	Bobinage de l'enroulement
Rotor	Créer un champ magnétique	Défaillance de la cage	- Surcharge - Fatigue	Arrêt de compresseur axial	- Visuel	1	4	2	8	Changement de la cage
Paliers N° 4	Soutien le rotor du alternateur/moteur exciteur de haute pression et assurer le graissage	- Usure - Cassure	- Fatigue - Vibration - Mauvais alignement	- Echauffement - Blocage de rotor	- Bruit - Echauffement	1	4	3	12	Changement des roulements

Tableau V.7 : AMDEC du sous système Moteur exciteur.

Date de l'analyse: 04 /06/2017	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ						Phase de fonctionnement : Normale			Page : 7/7
	Système : turboalternateur			Sous-système 5 : Moteur exciteur			Criticité			
	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	F	G	N	C	
Stator (induit ⁽¹⁹⁾)	création d'une f.é.m	- Grillage d'enroulement - Défaillance de phase - Défaillance d'isolement -échauffement	- Surcharge - Fatigue - échauffement	-Arrêt de la production d'électricité	-échauffement -Vibration du palier -bruit	1	4	1	4	Bobinage de l'enroulement
Rotor (inducteur ⁽²⁰⁾)	Créer un champs tournant	Défaillance de la cage	- Surcharge - Fatigue	-Arrêt de la production d'électricité	-échauffement -Vibration du palier -bruit	1	4	1	4	Changement de la cage
Pont redresseur	Redressement de la tension d'excitation	Détérioration de diode	- Surcharge - Fatigue des diodes	-Ecrasement de la tension -d'excitation du rotor	-Mauvaise régulation de tension	1	4	2	8	Changement de diode

II.2. Interprétation des résultats de l'AMDEC

Ce travail a montré la faisabilité de conduire une méthode d'optimisation de maintenance. Cette approche est basée sur l'analyse AMDEC. La mise en œuvre d'une telle démarche montre sa contribution dans la réduction des coûts de maintenance. 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.

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 et de connaître les types de maintenance appliqués chaque sous système et composant.

On a choisi la valeur 12 comme seuil de criticité .les éléments dont la criticité 12 est regroupée dans le tableau (Tableau IV.8). C'est sur ces éléments qu'il faut agir en priorité en engageant des actions correctives appropriées.

Tableau V.8: Les éléments les plus critiques.

Elément	Modes des défaillances	Cause des défaillances	C	Actions correctives
Aubes du rotor	- Déformation - Corrosion - Erosion	- Mauvaise filtration d'air (entraînés des corps étrangers)	12	- Amélioration des performances des éléments. - Maintenance préventive systématique.
Aubes du stator	- Déformation - Corrosion - Erosion	-Mauvaise filtration d'air		
Les paliers N° 1 et 2	- Usure - Cassure	- Fatigue /Vibration - Mauvais alignement - Mauvais graissage		
Segments de protection	- Usure - Rupture	- Fatigue - Echauffement		
Pièce de transition	- Fissures - Gonflage	- Fatigue - Mauvaise conception		
Paliers N° 3	- Usure - Cassure	- Fatigue /Vibration - Mauvais alignement grisage		
Goujons	-Desserrage	-Chocs -vibration		
Paliers N° 4	- Usure - Cassure	- Fatigue /Vibration - Mauvais alignement		

En fin elle constitue une véritable démarche d'optimisation des coûts de maintenance.

Cette Analyse nous a permis d'identifier les différents sous système, leurs fonctionnements, leurs interactions, ainsi que les composants qui interviennent pour assurer le fonctionnement turboalternateur.

Nous permettent de procéder à l'analyse dysfonctionnelle par la méthode HAZOP, ce qui est l'objectif de la deuxième partie de ce chapitre.

II.3. Application de la Méthode HAZOP

Pour bien analyser le système turboalternateur (partie turbine a gaz) nous avons choisi de le décomposer en quatre sous système :

- 1- le compresseur axial ;
- 2- la chambre de combustion ;
- 3- la partie turbine ;
- 4- le circuit d'huile.

Tableau V.9 : HAZOP du sous système Compresseur axial.

Les paramètres : débit, vibration.		HAZOP -HAZARD AND OPERATIONAL STUDY-		Page : 1/6
Système : Turboalternateur		Sous-système 1 : Compresseur axial.		Les compose : les roues, l'arbre, stator, les IGV.
Déviaton	Cause	Conséquences	Moyen de détection	Action corrective
Haut débit d'air	<ul style="list-style-type: none"> - Survitesse de la turbine. - Bleed valves⁽²¹⁾ reste fermées 	<ul style="list-style-type: none"> - Vibration - Mauvaise combustion - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - Déclanchement de la turbine 	<ul style="list-style-type: none"> - Détecteur de vibration - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien des filtres d'admission d'air - Vérification de bleed valves
Faible débit d'air	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut de montage de compresseur - Usures des aubes. - Colmatage des filtres - Défaut de réglage IGV - Problème au niveau du circuit d'huile de graissage. (passage d'huile vers la compresseur suite défaillance au niveau de palier) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise combustion - Mauvais refroidissements (chambre de combustion + turbine + compresseur axial) - Pompage compresseur axial - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - Déclanchement de la turbine 	<ul style="list-style-type: none"> - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien des filtres d'admission d'air - Contrôle périodique et systématique - Arrêt d'urgence
Vibration	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut d'équilibrage du rotor (arbre + roues) - Mauvais alignement - Usure des pâles - Pompage compresseur axial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Détérioration des aubes - Usure au niveau de l'arbre - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - Déclanchement de la turbine. 	<ul style="list-style-type: none"> - Détecteur de vibration - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle systématique de paliers. - Contrôle de circuit de graissage d'huile. - Vérification du système de contrôle de vibration.

Tableau V.10 : HAZOP du sous système Chambre de combustion.

Paramètre : température, débit, durée. .		HAZOP -HAZARD AND OPERATIONAL STUDY-		Page : 2/6
Système : Turboalternateur		Sous-système 2 : Chambre de combustion.		Les composent: gaz, bougie, l'air.
Déviaton	Cause	Conséquence	Moyen de détection	Action corrective
Pas de débit gaz	<ul style="list-style-type: none"> - Problème au niveau des vannes GCV et SRV (restent fermées) 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de combustion - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - La turbine ne démarre pas 	<ul style="list-style-type: none"> - Détecteur de débit - Détecteur de flamme - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification d'huile de contrôle hydraulique - Vérification de signal (salle du contrôle) - Entretien
Faible débit de gaz	<ul style="list-style-type: none"> - Fuite dans la conduite de fuel gaz. - Problème au niveau des vannes GCV et SRV - Fuite dans la conduite de l'injecteur. 	<ul style="list-style-type: none"> - La vitesse souhaitée n'est pas atteinte - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - Déclenchement de la turbine. 	<ul style="list-style-type: none"> - Thermocouple - Détecteur de vitesse - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle périodique du système de régulation de débit gaz - L'entretien - Vérification du signal (salle du contrôle)
Haut débit de gaz	<ul style="list-style-type: none"> - Problème au niveau des vannes GCV et SRV - Signale erroné de régulateur pression air /gaz 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise combustion - Survitesse des roues turbine - Très haute température dans la chambre de combustion - Fusion des tubes à flamme qui crée un endommagement mécanique - Vibration - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - Déclanchement de la turbine 	<ul style="list-style-type: none"> - Thermocouple. - Détecteur de vitesse - Détecteur de vibration - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle périodique du système de régulation de débit fuel gaz. - L'entretien - Confirmation du signal

Tableau V.11 : HAZOP du sous système Chambre de combustion.

Paramètre : température, débit, durée...		HAZOP -HAZARD AND OPERATIONAL STUDY-		Page : 3/6
Système : Turboalternateur		Sous-système 2 : Chambre de combustion.		Les composent: gaz, bougie, l'air.
Déviaton	Cause	Conséquence	Moyen de détection	Action corrective
Haut débit d'air	<ul style="list-style-type: none"> - Problème au niveau du compresseur axial - Les aubes réglable IGV coincé ouvert 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise combustion - Survitesse de turbine - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - Déclenchement de la turbine. 	<ul style="list-style-type: none"> - Détecteur de vitesse - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Assurer le fonctionnement du régulateur de rapport (air/ gaz) - Entretien -arrêt d'urgence
Faible débit d'air	<ul style="list-style-type: none"> Mauvaise compression d'air (Mauvaise aspiration par blocage des aubes d'admission à une position semi-ouverte) - L'injecteur d'air encrassé (Bouchage partiel) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise combustion - Diminution de la vitesse des turbines - Déclanchement de la turbine. 	<ul style="list-style-type: none"> - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmation du signal (salle du contrôle) - L'entretien - Nettoyer l'injecteur
Bougie ne fonction pas	<ul style="list-style-type: none"> - Détérioration la bougie - Défaut du réglage - Défaut d'alimentation électrique 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de combustion (allumage). - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - La turbine ne démarre pas - Explosion du gaz qui reste dans la chambre 	<ul style="list-style-type: none"> - Détecteur de flamme - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - L'arrêt de séquence de démarrage - Vérification du signal (salle du contrôle) - L'entretien

Tableau V.12 : HAZOP du sous système Chambre de combustion.

Paramètre : température, débit, durée...		HAZOP -HAZARD AND OPERATIONAL STUDY-		Page : 4/6
Système : Turboalternateur		Sous-système 2 : Chambre de combustion.		Les composent: gaz, bougie, l'air.
Déviaton	Cause	Conséquence	Moyen de détection	Action corrective
Haute température	<ul style="list-style-type: none"> - Haut débit de gaz - Plus de débit d'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la vitesse de la turbine - Fusion de tube à flamme - Endommagements mécaniques - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Thermocouple - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification du signal (salle du contrôle) - L'entretien - Vérification des vannes SRV et GCV -arrêt d'urgence
Basse température	<ul style="list-style-type: none"> - Faible débit de gaz - Faible débit d'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible vitesse de la turbine - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Thermocouple - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification du signal (salle du contrôle) - L'entretien - Vérification des vannes SRV et GCV.
Bougie fonction après un moment	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut du réglage - Défaut aux circuits d'alimentation électrique 	<ul style="list-style-type: none"> - Fermeture du IGV et vanne de gaz - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - La turbine ne démarre pas 	<ul style="list-style-type: none"> - Détecteur de flamme - Séquence de démarrage - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification du signal (salle du contrôle) - L'entretien - Arrêt de la turbine même si manuel

Tableau V.13 : HAZOP du sous système section turbine.

Les paramètres : vitesse, vibration...		HAZOP -HAZARD AND OPERATIONAL STUDY-		Page : 5/6
Système : Turboalternateur		Sous-système 3 : Partie turbine		Les composants : les paliers, stator, rotor.
Déviations	Cause	Conséquence	Moyen de détection	Action corrective
Survitesse	<ul style="list-style-type: none"> - Problème dans la chambre de combustion (haut débit de gaz et plus de débit d'air) - Mauvais alignement - Problème au niveau du compresseur axial (plus de débit d'air) - Défaut de consigne de la survitesse 	<ul style="list-style-type: none"> - Vibration - Augmentation de la température - Endommagements mécaniques - Survitesse du rotor de l'alternateur/compresseur - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - Déclenchement de la turbine. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capteur de vitesse - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification du signal (salle du contrôle) - Intervient de l'opérateur pour régler la vitesse - Vérification de la consigne de survitesse - Entretien -arrêt d'urgence
Vitesse basse	<ul style="list-style-type: none"> - Problème dans la chambre de combustion (faible débit de gaz et faible débit d'air) - Problème au niveau du compresseur axial (faible débit d'air) - Mauvais alignement - Problème dans les roues de la turbine 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible vitesse du rotor de l'alternateur/compresseur - Basse débit d'air - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - Déclenchement de la turbine 	<ul style="list-style-type: none"> - Capteur de vitesse - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification du signal (salle du contrôle) - Intervention de l'opérateur pour régler la vitesse - Entretien.
Haut vibration	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais alignement - Défaut d'équilibrage (rotor) - Survitesse - Pompage du compresseur axial 	<ul style="list-style-type: none"> - Endommagement mécanique - Bruit - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - Déclenchement de la turbine 	<ul style="list-style-type: none"> - Capteur de vibration - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien - Contrôle de la vitesse -Vérification du signal (salle du contrôle) -arrêt d'urgence

Tableau V.14 : HAZOP du sous système Circuit d'huile.

Les paramètres : température, pression. .		HAZOP -HAZARD AND OPERATIONAL STUDY-		Page : 6/6
Système: Turboalternateur		Sous-système 4 : Circuit d'huile. Les composants : l'huile, les pompes, les conduites.		
Déviations	Causes	Conséquences	Moyens de détections	Action corrective
Haute température d'huile de graissage	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut de transmetteur - Les aéro ne fonction pas - Détérioration thermostat - Réchauffeur reste en fonction - Erreur humaine 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais graissage - Détérioration des pâlies et des joints - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - L'arrêt d'urgence - Incendie - Explosion 	<ul style="list-style-type: none"> - Capteur de température - Capteur de pression - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification du thermostat - Vérification du réchauffeur - Vérification des aéro vérification de signal (salle du contrôle) -arrêt d'urgence
Basse température d'huile de graissage	<ul style="list-style-type: none"> - Défaut de transmetteur - Fonctionnement de toutes les aéro - Détérioration du thermostat - Détérioration du réchauffeur ou bien coupure d'alimentation - Erreur humaine 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais graissage - Détérioration des pâlies et des joints - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Capteur de température - Capteur de pression - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification du thermostat - Vérification du réchauffeur - Vérification des aéro - Vérification de l'alimentation électrique
Basse pression d'huile de graissage	<ul style="list-style-type: none"> - Fuite dans la conduite d'huile - Défaut dans les pompes d'huile - Problème au niveau du compresseur - Bouchage dans la conduite 	<ul style="list-style-type: none"> - Sur échauffement des palais - Détérioration des palais - Faible refoulement du compresseur - Les aubes, IGV, GCV et SRV ne fonction pas bien - Alarme sur MARK VI⁽¹⁶⁾ - Incendie - Explosion 	<ul style="list-style-type: none"> - Capteur de température - MARK VI⁽¹⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification la conduite d'huile - Appoint d'huile - Entretien

II.4. Interprétation des résultats de l'HAZOP

Cette analyse permet d'identifier les différentes déviations, leurs causes et leurs conséquences sur le turboalternateur.

Cette méthode donne l'ensemble d'informations sur les défaillances du système et les événements majeurs.

Grace a l'application de la méthode on a put déceler l'existence d'important risque d'incendie et d'explosion en cas de défaillance.

On a constaté que les défaillances sont liées entre eux, une défaillance peut provoquer et être a l'origine d'autres défaillances telles qu'un haut débit d'air peut provoquer une survitesse de la turbine.

III. Interprétation et recommandation

L'application des méthodes HAZOP et AMDEC a montré que le système (turboalternateur) est exposé à un important risque due a un certain nombre des défaillances.

On remarque que la plupart des déviations des paramètres situés dans la chambre de combustion et le compresseur axial.

Nous proposons des solutions et des actions d'amélioration, pour juger utile d'établir et recenser des consignes générales à future situation après l'analyse de la situation actuelle. Parmi ces consignes, on note :

- La prévention des défaillances humaines (manipulation et négligence) passe d'abord par la compétence ; il faut former correctement les opérateurs (exploitation, maintenance et sécurité...), et améliorez vos connaissances en matière de HSE, par la sensibilisation des opérateurs sur les risques existants au niveau du turboalternateur (la culture personnelle) ; surtout les nouveaux recrutés, et les intégrer avec les anciens opérateurs avant leurs retraites, a fin de profiter de leurs grandes expériences,
- La maintenance systématique joue un rôle très important et Le temps nécessaire à l'inspection ne peuvent, en aucun cas, être négligé, car il permet la détection précoce des signes avant le dysfonctionnement, et remédier avant la panne,
- On a vu que, les erreurs humaines liées aux opérations d'entretien (graissages, serrages des boulons, soudure,...), entraînent des risques de dégradation rapide des équipements, et parfois engendrent des dégâts catastrophiques, alors il faut respecter les conditions de base, qui répond aux préconisations du constructeur, c.-à-d. de maintenir l'équipement dans un état opérationnel,

- Pris en considération le nombre de fonctionnement on régime de marche de pointe en vu de l'exploitation pousse de notre système (régime élever pendant la saison estival) pouvant conduire a une dégradation et usure rapide du matérielle, on propose un logiciel qui calcule cette période. Ce logiciel sera relié avec le MARK VI⁽¹⁶⁾.
- Pour la révision, on propose de la faire avec une grande précision, à tous les composants du système, en insistant sur les pompes d'huile (graissage et étanchéité), les palies, les détecteurs surtout celles de température.
- En fin nous souhaitons que toutes ces consignes soient prises en compte par les responsables.

Conclusion

Dans ce chapitre on put constater les différant forme de défaillances qui sont lies a notre système (turboalternateur) et sella par l'application de la méthode AMDEC (analyse fonctionnelle), cette démarche va nous servir dans l'identification des composant les plus fragiles les conséquences relative à leur défaillance et les mesures correctives nécessaires a prendre pour et remédié .

Et par l'intermédiaire de la méthode HAZOP on put avoir une idée sur les déviations relatives au système et leurs conséquences.

Conclusion générale

Le turboalternateur utilisé dans les grandes industries de production de l'électricité sont des éléments stratégiques, coûtent chers et sont sujets à de multitudes de risques. Dans le but de la maîtrise de ces risques, nous avons mené une étude pour l'analyse de risque sur un turboalternateur au sein de la centrale SPE de Tiaret.

Un groupe pluridisciplinaire (exploitation et maintenance mécanique, responsable de sécurité) nous a assistés pour l'application de toutes les méthodes d'analyse appliquées.

Pour l'étude fonctionnelle (l'étape la plus importante dans n'importe quelle étude du risque), nous avons utilisé la méthode (AMDEC), qui nous a permis de comprendre le fonctionnement de chaque composant du Turboalternateur ainsi que d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du Turboalternateur, et d'engager les actions correctives nécessaires.

Dans l'étude dysfonctionnelle, nous avons appliqué la méthode HAZOP qui nous a déterminé toutes les déviations possibles du système,

Une série de recommandations et de propositions sont présentées dans les conclusions de notre travail afin de renforcer la prévention et de réduire le risque dans le turboalternateur.

En fin, on a constaté que la formation et la motivation des opérateurs travaillant sur le système permettent d'augmenter d'une manière appréciable le niveau de sécurité du système.

Glossaire

BP⁽¹⁾ (British Petroleum Company) : La société BP, anciennement nommée Anglo-Persian Oil Company (APOC, 1909), puis Anglo-Iranian Oil Company (AIOC, 1935), puis British Petroleum Company (BP, 1954), puis BPAmoco (2001), est une compagnie anglaise de recherche, d'extraction, de raffinage et de vente de pétrole fondée en 1909.

Sonatrach⁽²⁾ : Sonatrach (« Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures s.p.a ») est une entreprise publique algérienne créée le 31 décembre 1963, un acteur majeur de l'industrie pétrolière surnommé la major africaine. Sonatrach est classée la première entreprise d'Afrique².

AFNOR⁽³⁾ : AFNOR signifie Association Française de NORmalisation. Créée en 1929, l'Association française de normalisation est l'organisation officielle en charge des normes en France. Depuis 2004 et sa fusion avec l'Agence française pour l'amélioration et le management de la qualité (AFAQ), elle est rattachée au groupe AFNOR qui agit dans les domaines de la normalisation, la certification, l'édition spécialisée et la formation.

La société Impérial Chemical Industries⁽⁴⁾ : est une société britannique, filiale du conglomérat néerlandais AkzoNobel et l'une des plus grandes entreprises chimiques au monde. Son siège est à Slough, Grande-Bretagne. Elle fabrique de la peinture et des produits chimiques de spécialité, tels des ingrédients pour les aliments, des polymères spéciaux, des produits pour la fabrication de produits électroniques, des odeurs et des saveurs.

L'Union des Industries Chimiques⁽⁵⁾ : est une organisation professionnelle française dont la mission est de représenter les entreprises du secteur de la chimie en France et de défendre leurs intérêts devant les différents niveaux de l'administration. Elle négocie la convention collective nationale de la chimie¹. L'UIC est le chef de file de la négociation de branche, à ce titre elle prépare les projets d'accords soumis aux partenaires sociaux.

VOLTA⁽⁶⁾ : Le comte Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta, né à Côme le 18 février 1745 et mort dans cette même ville le 5 mars 1827, est un physicien italien. Il est connu pour ses travaux sur l'électricité et pour l'invention de la première pile électrique, appelée pile voltaïque.

Xénobe GRAMME⁽⁷⁾ : Zénobe Gramme (Jehay-Bodegnée, 4 avril 1826 – Bois-Colombes, 20 janvier 1901) est un électricien belge, inventeur du premier générateur électrique appelé dynamo Gramme.

Thomas EDISON⁽⁸⁾ : né le 11 février 1847 à Milan dans l'Ohio et mort le 18 octobre 1931 à West Orange dans le New Jersey, est un inventeur, un scientifique et un industriel américain. Fondateur de la General Electric, l'une des premières puissances industrielles mondiales, il est un inventeur prolifique (plus de 1 000 brevets) et controversé

Oersted⁽⁹⁾ : (14 août 1777 à Rudkøbing – 9 mars 1851 à Copenhague), parfois écrit Ørsted, est un physicien et chimiste danois. Il est à l'origine de la découverte de l'interaction entre électricité et magnétisme.

Michael Faraday⁽¹⁰⁾ : (Newington, 22 septembre 1791 - Hampton Court, 25 août 1867) est un physicien et un chimiste britannique, connu pour ses travaux fondamentaux dans le domaine de l'électromagnétisme, l'électrochimie, le diamagnétisme, et l'électrolyse.

Sonelgaz⁽¹¹⁾ : Sonelgaz, ou Société nationale de l'électricité et du gaz, est une compagnie chargée de la production, du transport et de la distribution de l'électricité et du gaz en Algérie.

FIAT⁽¹²⁾ : Fiat est un constructeur italien, basé au Lingotto à Turin. La FIAT a été créée le 11 juillet 1899 au Palazzo Bricherasio par trente actionnaires, dont un certain Giovanni Agnelli.

ALSTHOM⁽¹³⁾ : Alstom (originellement Als-Thom, puis Alsthom en 1932, puis Alsthom Atlantique en 1976, puis Gec-Alsthom en 1989 et Alstom depuis 1998), est une société anonyme basée en France, spécialisée dans les secteurs des transports, principalement ferroviaires (trains, tramways et métros), et des turbines électriques.

JEUMONT SHENEIDER⁽¹⁴⁾ : était une entreprise française de construction électromécanique, électrique, électronique et nucléaire, de dimensions européennes, dont le siège social se situait à Puteaux, près de Paris.

Oscillopertubographe⁽¹⁵⁾ : Appareil capable d'enregistrer les défauts sur un réseau électrique et destiné essentiellement à analyser a posteriori les incidents d'origine électrique.

MARC VI⁽¹⁶⁾: Le Mark VI est un système de commande triple redondant modulaire (TMR) avec des tiroirs simples ou multiples et des E/S locales ou à distance.

Les fonctions principales du système de commande de la turbine Mark VI sont les suivantes :

- La commande de la vitesse pendant le démarrage et l'arrêt de la turbine.
- La synchronisation automatique du générateur (cas d'un turbogénérateur).
- La commande de la charge de la turbine pendant le fonctionnement normal.
- La surveillance et la protection contre survitesse, réchauffement, vibration et perte de flamme.

Askarels⁽¹⁷⁾ : Les polychlorobiphényles, aussi appelés biphényles polychlorés, ou encore parfois improprement dits « pyralènes » forment une famille de 209 composés aromatiques organochlorés dérivés du biphényle. ...

Plan ORSEC⁽¹⁸⁾ : Le plan ORSEC organise les secours d'intervention sur les sinistres et catastrophes d'origine industrielle ou naturelle (incendie-explosion-inondation-séisme etc....).

Inducteur⁽¹⁹⁾ : est un organe électrotechnique, généralement un électroaimant (les aimants permanents étant réservés aux dispositifs de très faible puissance exclusivement) ayant comme fonction d'induire un champ électromagnétique dans un induit servant à chauffer toutes sortes de conducteurs comme des métaux de toutes sortes.

Induit⁽²⁰⁾ : L'induit est un organe généralement électromagnétique utilisé en électrotechnique chargé de recevoir l'induction de l'inducteur et de la transformer en électricité ou en force.

Bleed valves⁽²¹⁾ : vannes de décharge pour compresseur, C'est une vanne de régulation d'air de prélèvement connectée à l'élément de refoulement du compresseur afin de mettre à l'air libre une partie de l'air comprimé lorsque la vitesse de la turboalternateur est comprise dans une fourchette présélectionnée de manière à éviter un décrochage.

Bibliographie

- [01] **Direction Général Humanisation Du Travail** « *analyses des risques* » service public fédérale emploi, travail et concertation social, 30 mai 2006.
- [02] **Debray, S.Descouriere, V.Trommeter** « *Ω7 : méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle* » INERIS-DRA 13 /10/2006.
- [03] **Thèse :MiloudiMohamed-Djouadji Bader-Abdellaoui Mohammed Larbi** « *étude des risques incendie/explosion d'origine électrique au niveau de (E.N.S.P) application de la méthode AMDEC* » promotion 2014 université de Batna.
- [04] **IFP Training** « *SÉCURITÉ DES SYSTÈMES - ANALYSE DE RISQUES : MÉTHODES D'ANALYSE DE RISQUES J5-2* » Risk Management (Management des Risques SHE) ENSPM Formation Industrie-2005.
- [05] **Alain Villemeur** « *sûreté de fonctionnement des systèmes industriels* » Editions Eyrolles61, Bd Saint-Germain paris 5e 1988.
- [06] **Michel Ridoux** (consultant APPAVE) « *AMDEC* » Technique d'ingénieur AG 4220
- [07] **Mochel Royer** « *HAZOP : une méthode d'analyse des risques-présentation et contexte* » SE4030V1 Technique d'ingénieur.
- [08] **Thèse :Ghenissa Hocine** « *ETUDE COMPARATIVE DE L'ALIMENTATION EN ELECTRICITE D'UN SITE ISOLE PAR VOIE CLASSIQUE ET SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE CAS DE WILYA DE BISKRALABRECH-TOLGA* » promotion 2013 / 2014 université de Mohamed Khider Biskra.
- [09] **www.mem-algeria.org** site officiel du Ministère d'Energie et du Mine « le 16/05/2017 ».
- [10] Rapport FMT de SPE Tiaret réaliser par: Mr BENACEUR RACHID -Mr KACEM AEK Division d'exploitation Tiaret.
- [11] **ManuelALSTOM (Switzer land) Ltd** Module de formation « *Composants principaux du turboalternateur à gaz* » GT13E2 Vue d'ensemble 20.03.08.
- [12] **Eizer Edwin** « *Les énergies renouvelables* », Ecocito, 16 avril 2011.
- [13] **Symbiose** « *Atlas de l'Energie et de Mines de l'Algérie 2014* » 2014.