



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 والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département De Maintenance en Instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Génie Industriel

Thème

**Amélioration du TRS dans un Système de Production grâce à
L'Implémentation des Modules d'Excellence Opérationnelle
(OPEX)**

Présenté et soutenu publiquement par :

Tahrat Mohamed Yassine

Et

Belbachir Abdennour

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
KACIMI Abderrahmane	MCB	IMSI-Université D'Oran 2	Président
TITAH Mawloud	MCB	IMSI-Université D'Oran 2	Encadreur
HASSINI Abdelatif	Professeur	IMSI-Université D'Oran 2	Examineur

Année 2023/2024

Remerciements

Avant de commencer, nous remercions dieu « Allah » de nous avoir donné le courage, la patience et la force pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur au niveau de Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle (Oran), **M. M. TITAH**, d'avoir acceptée de travailler avec nous, de son aide et de ses conseils et instructions.

Nos remerciements s'adressent à Monsieur le président, **A. KACIMI**, pour l'honneur Qu'il nous fait de présider ce jury de soutenance, et nous lui exprimons notre profonde Gratitude.

Un spécial remerciement à **A. AOUDIA**, qui nous a suivi et orienté durant la période du stage au niveau de la Societé **SPE (RELIZANE)**

Nous tenons à remercier l'ensemble des membres du jury qui nous font le grand honneur d'avoir accepté de juger notre travail.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

À mon **cher père**, A ma **chère mère** ; pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

À mes chers frères : **Abdelillah, Abdelhai** et **Mohammed**, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

À mes tantes et oncles, mes cousins et cousines et particulièrement : ma tante **Hbibba** pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Une pieuse pensée pour **Tonton Amar** « الله يرحمو », que dieu le tout puissant l'accueille en son vaste paradis.

À mon cher ami et binôme : **Tahrat Mohamed Yassine**

À mes chers amis : **Amine, Kossai, Oussama, Djawed, Yassine**, pour leur appui et leur encouragement, à mes amis que j'ai rencontré à Oran et à tous ceux dont l'oubli du nom n'est pas celui du cœur,

À nos chers enseignants que nous respectons tant,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Belbachir Abdennour

Je dédie cet ouvrage

A ma chère mère et mon cher père, qui m'ont soutenu et encouragé durant toutes ces années d'études, puisse ce travail vous témoigner mon affection et mon profond respect...

A mon petit frère FIRAS pour sa présence et son soutien.

A mes petites sœurs HIBA, ET MALEK en signe de reconnaissance et de gratitude pour le dévouement et les sacrifices dont elles ont fait toujours preuve à mon égard.

A mes chers amis REDA, NADIR, YAHIA, merci pour votre présence et votre support.

Enfin, je tiens à exprimer mes sincères gratitude et remerciements à mon binôme, mon ami BELBACHIR ABDENNOUR, parce que ce projet ne peut pas être le fruit d'une seule personne.

Yassine

Résumé

L'implémentation d'une approche Lean Manufacturing à la Société de Production d'Electricité (SPE) a permis d'améliorer la performance et la disponibilité des systèmes de production, se traduisant par une diminution des pannes, une augmentation du taux de disponibilité et une hausse de 5,16% du Taux de Rendement Synthétique (TRS).

La démarche DMAIC et ses outils, notamment SMED, ont été utilisés pour identifier et éliminer les sources de gaspillage, menant à ces améliorations significatives.

Deux projets d'amélioration ont été proposés pour poursuivre l'optimisation des processus : l'application de la méthode line balance pour la ligne de production et le déploiement de la méthode SMED pour la station déminéralisée et les compresseurs.

Ces résultats démontrent le potentiel de l'approche Lean Manufacturing pour accroître l'efficacité et la rentabilité de la SPE.

Abstract

The implementation of a Lean Manufacturing approach at the electricity production company (SPE) has improved the performance and availability of the production systems, resulting in a decrease in outages, an increase in the availability rate and a 5.16% increase in the Overall Equipment Effectiveness (TRS).

The DMAIC approach and its tools, including SMED, have been used to identify and eliminate sources of waste, leading to these significant improvements.

Two improvement projects were proposed to further optimize the processes: the application of the line balance method for the production line and the deployment of the SMED method for the demineralized plant and compressors.

These results demonstrate the potential of the Lean Manufacturing approach to increase the efficiency and profitability of SPE.

ملخص

أدى تنفيذ نهج التصنيع الخالي من الهدر في شركة إنتاج الكهرباء (SPE) إلى تحسين أداء وتوافر أنظمة الإنتاج، مما أدى إلى انخفاض في الانقطاعات وزيادة في معدل التوافر وزيادة بنسبة 5.16% في الفعالية الإجمالية للمعدات (TRS).

تم استخدام نهج DMAIC وأدواته، بما في ذلك SMED، لتحديد مصادر النفايات والقضاء عليها، مما أدى إلى هذه التحسينات الهامة.

تم اقتراح مشروعين للتحسين لزيادة تحسين العمليات: تطبيق طريقة توازن الخط لخط الإنتاج ونشر طريقة SMED للمصنع والضواغط المنزوعة المعادن.

توضح هذه النتائج إمكانات نهج التصنيع الخالي من الهدر لزيادة كفاءة وربحية SPE.

Table des matières

Remerciements	2
Dédicaces	3
Résumé.....	5
Abstract	6
ملخص	6
Table des matières.....	7
Listes des Figures.....	111
Listes des équations	122
Liste des abréviations	13
INTRODUCTION GENERALE.....	15
Chapitre I :	18
Du Lean Manufacturing à l'Excellence Opérationnelle	18
Partie 1 : Deux concepts différents et complémentaires de l'amélioration continue « le Lean Manufacturing & le SMED »	19
I.2 Le Lean manufacturing	19
I.3 Approche du Lean manufacturing.....	22
I.4 Présentation des concepts Lean	23
Objectifs.....	23
Définition	23
Principe de fonctionnement.....	23
Objectifs.....	23
Définition	24
I.4.4 Total productive maintenance « TPM ».....	24
Objectif.....	24
Définition	25
Principe de fonctionnement.....	25
II. Le Six sigma	26
II.1. Définition de la méthode Six Sigma.....	26
II.2 Les étapes de la méthode Six Sigma	26
II.2.3 Analyser.....	27
II.2.4 Améliorer.....	27
II.2.5 Contrôler.....	27
Partie 2 : L'excellence opérationnel OPEX.....	28
I. Définitions de l'excellence opérationnelle	28

2. Diagramme Ichikawa.....	34
Objectifs	34
3. Brainstorming.....	35
Définition	35
Principe de fonctionnement.....	35
4. Méthode SMED	36
Définition	36
Phase 1 : Analyser.....	37
Phase 2 : Dissocier	37
Phase 3 : Convertir	38
Phase 4 : Réduire	38
Objectif	41
Définition	41
5.2 Constitution	41
5.3 Mode de calcul.....	42
5.3.1 Calcul de taux de disponibilité.....	42
5.3.2 Calcul de taux de performance.....	42
5.3.3. Calcul de taux de qualité	42
5.3.2 Calcul du TRS	43
Chapitre II :.....	44
<i>Présentation de l'organisme d'accueil et Contexte de projet.....</i>	<i>44</i>
I.1 Introduction.....	45
I.2 SONELGAZ.....	45
I.2.1 Définition.....	45
I.2.2 Centrales De Production Nationale SPE.....	45
I.3 IDENTIFICAION DE L'UNITE « SPE.RELIZANE ».....	47
I.3.1 Organigramme De Société	47
I.3.2 Caractéristiques	47
I.3.3 Les Equipements	47
I.3.4 Poste Gaz	49
I.3.5 Système Electrique	50
I.3.5.1 Alternateur De La Turbine A Gaz.....	51
I.3.5.2 Système D'évacuation D'énergie.....	51
I.3.5.3 Poste Avancé Blindé 220 KV	52
I.3.6 Système Mécanique Commun.....	53
I.3.7 Station D'eau Déminéralisation	53
I.3.8 Station Fuel.....	53

I.3.9 Station D'air Comprimé.....	54
I.3.10 Conclusion	54
II. Fonctionnement des équipements de centrale thermique a gaz	55
II.2 Les Composants Principaux D'installation Turbine A Gaz.....	55
II.2.1 Groupes De Machines Principaux.....	56
II.2.2 Réseau & Systèmes De Distribution.....	56
II.2.3 Alimentation En Combustible Et Equipement D'élimination Des Résidus.....	56
II.2.4 Equipement D'instrumentation Et De Contrôle	57
II.2.5 Systèmes Auxiliaires.....	57
II.2.6 Machinerie Lourde	58
II.3 Description Du Fonctionnement.....	58
II.3.1 Turbine A Gaz	58
II.3.1.1 Un Compresseur [28]	59
II.3.1.2 Une Chambre De Combustion.....	59
II.3.1.3 Turbine.....	60
II.3.1.3.1. Le Principe De Fonctionnement	61
II.3.2 Alternateur.....	61
II.3.2.1 Partie Mobile.....	62
II.3.2.2 Partie Fixe	62
II.3.3 Excitatrice.....	62
II.3.4 Gaines Coaxiales De L'alternateur.....	62
II.3.5 Disjoncteur Du Groupe.....	62
II.3.6 Transformateur De Puissance.....	63
II.4 Arrangement Et Equipement Typique De La Centrale Electrique A Turbine A Gaz	64
II.4.1 Système D'admission D'air	65
II.4.2 Système D'échappement	65
II.4.3 Groupe De L'alternateur	65
II.4.4 Transformateur Principal.....	66
II.4.5 Groupe D'auxiliaires [30]	66
II.4.6 Groupe Eau NOx	67
II.4.7 Groupe Vannes De Régulation.....	67
II.4.8 Groupe D'aéroréfrigérants.....	67
II.4.9 Modules Electriques Et de Commande [30].....	67
II.5 Caractéristiques Techniques [30]	68
• <i>La puissance électrique fournie brute</i>	68
• <i>Le rendement brut</i>	68
• <i>La consommation spécifique</i>	68

• <i>La fréquence</i>	68
• <i>Emissions NOx</i>	68
II.6 traitements des contenus	68
CONCLUSION.....	69
CHAPITRE III :.....	70
Etat de lieu et mise en place des modules de l'OPEX.....	70
Etat des lieux.....	71
Introduction.....	71
III.1. Description Du Fonctionnement.....	71
III.I.1 Diagnostique et analyse l'existant	73
III.I.2 Les sources pannes.....	73
III.I.3. Définition des pertes	73
1.Les pertes dans un compresseur.....	73
2.Défaillances sur la station déminéralisée	74
III.2.1. Analyse de l'indicateur TRS de la production	75
Section 2 : Mise en place des modules de l'excellence opérationnelle (OPEX).....	80
III.3.1 Projet : Amélioration du taux de performance et Optimisation du Taux de la Disponibilité.....	81
<i>Le Surchauffe du compresseur et le Risque accru de Défaillancede la station déminéralisée</i>	81
<i>L'identification des objectifs clés de l'approche de ligne de production et L'ordonnement de la démarche DMAIC</i>	81
1.Pour les compresseurs	82
2.Pour la station déminéralisée	82
III.4.1. Déploiement de <i>La méthode SMED dans L'ordonnement de la démarche DMAIC pour l'Optimisation du Taux de la Disponibilité</i>	88
III.4.2 Optimisation de la disponibilité des compresseurs.....	88
<i>Les Operateurs de la station de déminéralisée</i>	90
1.Définir	91
2.Mesurer	91
3.Analyser	92
4.Améliorer	93
5. Contrôler.....	94
III.4.3 Interprétation des résultats.....	94
Conclusion	98
CONCLUSION GENERALE	99
Bibliographie	101

Listes des Figures

FIGURE 1.1. MODELE DU SYSTEME DE PRODUCTION TOYOTA BASEE SUR 2 PILIERS.	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 1.2. LES 8 PILIERS DE LA TPM, EXTRAIT DE ROUSSEAU C, 2014-2016.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 1.3. LES 8 SOURCES DE GASPILLAGES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 1.4. DIAGRAM ISHIKAWA	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE.1.5. SIGNIFICATION DE SMED	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 1.6. DOMAINE DE SMED [22]	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 1.7. INDICATEUR DE PERFORMANCE (TRS EN PARTICULIER)	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 1.8. LES QUATRE PRINCIPAUX TYPES DE KPI.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 1.9. L'INFLUENCE DES TAUX INTERMEDIAIRES SUR TRS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 1.10. CALCUL DE DISPONIBILITE, PERFORMANCE, QUALITE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 1.11. CALCUL DU TRS [31].	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 2.1 CARTE DES SITES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE EN ALGERIE SELON SPE.	46
FIGURE 2.2. SITES DES CENTRALES CC ET TG DES PROJETS SPE A REALISER EN 2018-2021.	46
FIGURE 2.3. ORGANIGRAMME DE SOCIETE.....	47
FIGURE 2.4. LES COMPOSANTS DE POSTE GAZ.....	50
FIGURE 2.5. POSTE GAZ.....	50
FIGURE 2.6. TRANSFORMATEURS AUXILIAIRE ET DE DEMARRAGE	52
FIGURE 2.7. STATION FUEL.	53
FIGURE 2.8. STATION D'AIR COMPRI ME.....	54
FIGURE 2.9. LES COMPOSANTS PRINCIPAUX D'INSTALLATION D'UNE TURBINE A GAZ.	55
FIGURE 2.10. SALLE CONTROLE.....	57
FIGURE 2.11. FONCTIONNEMENT DE TURBINE A GAZ.....	58
FIGURE 2.12. LE COMPRESSEUR (VUE D'EXTERIEUR) AVEC LA VANNE ANTI-POMPAGE AU-DESSUS (EN VERT).	59
FIGURE 2.13. CHAMBRE DE COMBUSTION (VUE L'EMPLACEMENT DES BRULEURS A TRAVERS UN TROU DE VISITE.)	59
FIGURE 2.14. SYSTEME DE DISTRIBUTION DE COMBUSTIBLE	60
FIGURE 2.15. LE ROTOR DU COMPRESSEUR ET DE LA TURBINE SUR LE MEME ARBRE.....	60
FIGURE 2.16. L'ALTERNATEUR (VUE D'EXTERIEUR).[28][29].....	61
FIGURE 2.17. DISJONCTEURS A BAIN D'HUILE	63
FIGURE 2.18. DEUX DISJONCTEURS	63
FIGURE 2.19. TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE DANS UN POSTE ELECTRIQUE.....	63
FIGURE 2.20. POSTE ELECTRIQUE.	64
FIGURE 2.21. L'EQUIPEMENT NECESSAIRE POUR UNE INSTALLATION DE TURBINE A GAZ.....	64
FIGURE 2.22. COMPARTIMENT D'ASPIRATION D'AIR (VUE D'EXTERIEUR).	65
FIGURE 2.23. SILENCIEUX.	65
FIGURE 2.24. FILTRES D'AIR.	65
FIGURE 2.25. TRANSFORMATEUR PRINCIPAL.....	66
FIGURE 2.26. POMPE A L'HUILE DE GRAISSAGE.....	66
FIGURE 3.1. LES EQUIPEMENTS NECESSAIRES POUR UNE TURBINE A GAZ (GROUPE) ALSTROM GT13E2	72
FIGURE3.2. ÉQUIPEMENT ATLAS COPCO.....	74
FIGURE.3.3. SUIVI DE TRS DE LA LIGNE DE PRODUCTION	75
FIGURE 3. 4. LES GRANDS CATEGORIES DE PERTES SUR TRS.....	76
FIGURE 3. 5. LA MOYENNE DE TRS PENDANT LES 2 MOIS (AOUT ET NOVEMBRE).....	77
FIGURE3.6. REPARTITION DE NON-TRS DE LA PRODUCTION.....	77
FIGURE3. 7. LE RONDEMENT DE DISPONIBILITE DES COMPRESSEURS	78
FIGURE3.8. LES PERTES DE MOIS D'NOVEMBRE ET AOUT AUX NIVEAUX DE COMPRESSEUR	79
FIGURE3.9. LES PERTES DE MOIS DE SEPTEMBRE AUX NIVEAUX DE LA STATION DEMINERALISEE	79
FIGURE3.10. DIAGRAMME DE PARETO DES PERTES DU TRS.....	80
FIGURE3.11. BOTTOM UP STATION DE DEMINERALISEE	83
FIGURE3.12. BOTTOM UP LES COMPRESSEURS.....	84

FIGURE3.13. DIAGRAM ISHIKAWA	85
FIGURE3.14. MATRICE DE DECISION.....	86
FIGURE3. 15. INTERPRETATION DES RESULTATS	94
FIGURE3. 16. POURCENTAGE DE PERFORMANCE PLUS DISPONIBILITE DES COMPRESSEUR	95
FIGURE3. 17. POURCENTAGE DE LA DISPONIBILITE DE LA STATION DEMINERALISEE.....	96
FIGURE3. 18. AMELIORATION DU TRS PENDANT LE PREMIER 06 MOIS	97
FIGURE3. 19. TRS APRES L'AMELIORATION	97

Listes des équations

ÉQUATION I. 1. CALCUL DE TAUX DE DISPONIBILITE	28
ÉQUATION I. 2. CALCUL DE TAUX DE PERFORMANCE	29
ÉQUATION I. 3. CALCUL DE TAUX DE QUALITE	29
ÉQUATION I. 4. CALCUL DE TRS	30

Liste des abréviations

COPCO

Compagne pneumatique commercial

TPM

Total Productif Maintenance

TQM

Total Quality Management

TPS

Toyota Productif System

IMVP

Internationnal Motor Vehicle Program

MIT

Massachusetts Institute of Technology

QCD

Qualité, Coût, Délai

PDCA

Plan, Do, Check, Act

5S

Seiri, Seiton, Seiso, Shitsuke, Seiketsu

TRS

Taux de Rendement Synthétique

TMS

Trouble Musculo-Squelettiques

DMAIC

Define, Measure, Analyze, Improve, Control

QOOQCP

Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Pourquoi

MSP

Maitrise Statistique des Procédés

LSS

Lean Six Sigma

5M

Matière, Matériel, Milieu, Méthode, Main-d'œuvre

SMED

Single Minute Exchange of Die

AMDEC

Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités

KPI

Key Performance Indicator

OEE

Overall Equipment Effectiveness Fonds

OPEX

Operational Excellence

SPE

Société de production d'Electricité.

SONELGAZ

(Société Nationale d'Electricité GAZ)

TGS

Turbine à gaz

HT

Haut Tension

HVAC

Heating, Ventilation and Air Conditioning.

TAC

Turbine à combustion.

FDS

Functional Design Specification.

AVR

Automatic voltage regulation.

CD

Courant direct.

VIGV

Variable inlet guide Vane.

AVR

Automatic voltage regulator.

Ups

Uninterruptible Power supply

Ppm

Parts per million.

INTRODUCTION GENERALE

Ne serait-il pas souhaitable pour toutes les entreprises manufacturières de faire plus avec moins ? Certaines d'entre elles ont réussi à le réaliser en adoptant des stratégies organisationnelles spécifiques. Dans tous les secteurs d'activité, l'amélioration de la productivité est cruciale, mais elle revêt une importance particulière dans l'industrie manufacturière. Cela peut garantir leur pérennité ou leur conférer un avantage concurrentiel sur le marché, renforçant ainsi leur compétitivité. Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'amélioration des performances des systèmes de production, en se concentrant sur une stratégie éprouvée et efficace pour de nombreuses organisations : le Lean Manufacturing. Cette approche, également connue sous le nom de production à flux tendu ou de production juste à temps, vise à optimiser l'efficacité et la rapidité de la production. Elle contribue également à réduire les coûts liés à l'approvisionnement en matières premières, à l'allocation des ressources et aux pertes dues aux surplus ou aux retards de production. Ainsi, cette méthodologie aide les organisations à éviter la surproduction, à minimiser le gaspillage de ressources humaines et matérielles, ainsi qu'à réduire les défauts et les déchets de production.

SPE est une entreprise de production d'électricité qui se spécialise dans la création et la livraison d'électricité. Son but principal est de générer l'électricité à partir d'une variété de sources énergétiques telles que le charbon, le gaz naturel, le nucléaire, l'hydroélectricité, l'énergie éolienne ou solaire, pour répondre aux besoins énergétiques des utilisateurs. Ces entreprises opèrent généralement des centrales électriques, des parcs éoliens, des installations solaires, des barrages hydroélectriques ou des réacteurs nucléaires afin de produire de l'électricité, qu'elles distribuent ensuite via des réseaux de distribution ou vendent directement aux consommateurs finaux ou à d'autres entreprises d'électricité. En plus de la production, elles peuvent également être impliquées dans la gestion et l'entretien des installations, le développement de nouvelles technologies énergétiques et la recherche sur les sources d'énergie alternatives.

Notre étude se concentre sur l'optimisation de la ligne de production, en suivant une approche tirée du Lean, qui comporte trois phases principales : l'analyse de la situation de l'entreprise, l'amélioration par l'application des modules de l'excellence opérationnelle (OPEX), et l'analyse de la situation post-amélioration.

Notre question de recherche est la suivante : en mettant en œuvre les modules de l'excellence opérationnelle (OPEX) sur la ligne de production, quel est leur impact sur le (TRS) de cette ligne ?

Dans un premier temps, nous procédons à une analyse approfondie de l'état actuel de l'atelier de production. Cette étude nous permet d'identifier les différents types de gaspillage et de déterminer le taux de rendement synthétique comme principal indicateur du projet. La mesure et l'analyse de cet indicateur nous aident à repérer les obstacles de la productivité et à identifier les principales sources de gaspillage.

Ensuite, nous mettons en œuvre les modules de l'excellence opérationnelle pour deux projets distincts : d'une part, nous cherchons à améliorer le taux de performance de la ligne de fabrication afin de réduire les pertes de vitesse en appliquant le module d'équilibrage de ligne et en adoptant une approche Bottom-up ; d'autre part, nous nous concentrons sur l'optimisation du temps de changement de couleur de la cabine de peinture en utilisant la méthode SMED dans le cadre de la démarche DMAIC. Enfin, nous analysons et interprétons les résultats obtenus ainsi que le calcul des gains suite à ces améliorations.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres selon le plan suivant :

Le premier chapitre commence par une définition de l'approche Lean Manufacturing et de ses outils d'amélioration, ainsi qu'une brève présentation de l'approche SMED et de sa démarche DMAIC. Il explore également l'identification de l'excellence opérationnelle et de ses outils (modules) d'amélioration, concluant avec un état de l'art.

Dans le deuxième chapitre, nous introduisons l'entreprise SPE Algérie, offrant un aperçu de sa production d'électricité. En fin de chapitre, nous exposons notre projet de fin d'études, ses objectifs et les étapes prévues pendant le stage.

Avant d'entamer la phase d'amélioration, nous avons procédé à une analyse approfondie de l'état actuel de l'atelier de production et à l'évaluation de la performance du système. Pour recueillir les données, nous avons utilisé des outils méthodologiques et de raisonnement, notamment l'observation outillée dès le début du stage, en particulier sur la ligne de fabrication.

Le dernier chapitre se concentre sur la mise en place des modules de l'OPEX et l'amélioration du taux de performance pour réduire les pertes de vitesse grâce à l'application du module d'équilibrage de ligne, et sur l'application de la méthode SMED pour réduire le temps de changement de couleur, suite à l'analyse diagnostique des sources de gaspillage.

Chapitre I :

Du Lean Manufacturing à l'Excellence Opérationnelle

1.1 Introduction

Depuis plusieurs années, L'amélioration continue des processus de production reste un problème majeur pour la plupart des entreprises qui cherche à améliorer leurs performances industrielles et assurer leur compétitivité dans un environnement concurrentiel. Cette amélioration est un effort de toute l'organisation afin d'atteindre les objectifs ciblés.

L'objectif de ce chapitre est de présenter le cadre théorique de notre mémoire qui est devisé en trois (03) parties :

- Dans une première partie on a défini l'approche Lean manufacturing et ces outils d'amélioration, ainsi une définition de l'approche SMED avec une brève description de la démarche (DMAIC).
- La seconde partie est consacrée à l'identification de l'excellence opérationnelle, ces acteurs, Les facteurs de réussites, les Erreurs communes à éviter et ces outils (modules) d'amélioration.
- Dans la dernière partie nous allons présenter un état de l'art portant sur l'utilisation des modules de l'excellence opérationnelle, approches Lean manufacturing et SMED (démarche DMAIC) dans les problèmes d'amélioration des processus de production.

Partie 1 : Deux concepts différents et complémentaires de l'amélioration continue « le Lean Manufacturing & le SMED »

I.2 Le Lean manufacturing

Au cours des premières années du dix-neuvième siècle, Henry Ford a bâti les premiers traits du Lean manufacturing, les Japonais ont l'adopté et l'amélioré. Établi officiellement en 1948, le Lean manufacturing est un résultat de trente ans d'expérience de Taïchi Ohno, un ingénieur à Toyota.

En effet, après la seconde guerre mondiale, des fabricants japonais faisaient face à un manque dans les ressources humaines, financières et dans la matière. Ceci est l'origine de la naissance du Lean manufacturing.

Le Lean manufacturing découle de la philosophie visant la réalisation des améliorations en suivant les voies les plus économiques tout en se focalisant spécialement sur la réduction des gaspillages (muda en japonais). Le gaspillage est toute chose autre qu'un minimum d'équipements, de matière et du temps de travail absolument essentiels pour la production. D'après Toyota, la surproduction est le pire type de gaspillage parce qu'elle engendre et camoufle les autres types. La définition du Lean manufacturing est plus précise dans les premiers livres japonais publiés en matière de Lean manufacturing. Taïchi Ohno, le fondateur du Lean manufacturing le définit comme étant la chasse totale du gaspillage.

Plusieurs définitions sont associées au Lean manufacturing, quelques chercheurs donnent des définitions spécifiques au processus de production, alors que d'autres emploient des définitions générales qui peuvent être utilisées dans une variété d'industrie.

Il est défini comme étant un ensemble de pratiques visant la réduction du gaspillage et les étapes à non-valeurs ajoutées.

Aussi définit selon 4Ps : Philosophie, Process, Partenaire et résolution de problèmes.

Au début, les chercheurs scientifiques se sont concentrés sur le juste-à-temps à cause de son concept de réduire le stock, de diminuer les gaspillages et d'assurer une amélioration continue. Ce fait est étonnant vu que chaque document venant de Toyota pour expliciter son système évoque toujours les deux piliers, le juste-à-temps et le judoka de la même attention.

Le Lean manufacturing est appliqué à partir d'un ensemble de pratiques, y compris le juste-à-temps, la qualité totale (TQM) et la maintenance productive totale (TPM).

Le Lean manufacturing a passé de plusieurs étapes critiques, a tracé la ligne du temps allant d'avant 1927 (fordisme) jusqu'au 2006, cette ligne de temps est constituée de cinq phases :

1. Avant 1927 : la période pendant laquelle Henri Ford a tracé les bases de sa philosophie tout en réalisant une révolution avec le fordisme.
2. De 1945 à 1978 : la période de progrès au Japon, où Taïchi Ohno a publié son livre TPS « Toyota production System » en 1978.

3. De 1973 à 1988, le Lean arrive à l'Amérique du Nord : cette période est marquée par la crise du pétrole de l'Amérique du Nord, et la publication du premier article scientifique concernant le Lean en 1977 par Sugimori, ainsi que la propagation des notions du Lean manufacturing comme le juste-à-temps et le kanban
4. De 1988 à 2000 : cette période est connue par le progrès académique du Lean, où il y avait une grande publication de plusieurs articles sur le Lean manufacturing ainsi que le fameux livre « The Machine That Changed The World ».
5. De 2000 à 2006 : publication de plusieurs livres sur le Lean manufacturing.

Toyota est projetée pour devenir le numéro un (01) dans l'Amérique du Nord. D'un autre côté, et à la suite d'une revue de la littérature des quatre dernières décennies, Stone a identifié cinq (05) autres phases du Lean manufacturing. Ces cinq phases peuvent être récapitulées comme suit :

1. De 1979 à 1990, « la phase de découverte » : cette phase est marquée par l'introduction des pratiques de « management » japonais et leur comparaison avec celles du monde occidental, et par la conduite du programme IMVP par MIT.
2. De 1991 à 1996, « la phase de dissémination » : pendant laquelle les principes ainsi que le langage du Lean manufacturing sont devenus répandus dans les entreprises occidentales (surtout en Amérique)
3. De 1997 à 2000, « la phase de mise en œuvre » : pendant cette phase, les études empiriques ont commencé à apparaître dans la littérature, employant des méthodes de recherche quantitatives et qualitatives et contribuant à l'expansion de plusieurs connaissances de base sur le Lean manufacturing.
4. De 2001 à 2005, « la phase d'entreprise » : dans cette phase, les recherches sur le Lean manufacturing dépassent la gestion des opérations et les disciplines de l'ingénierie pour s'introduire dans les domaines de l'économie et du développement des ressources humaines.
5. De 2006 à 2009, « la phase de performance » : reconnue par la publication d'un grand nombre d'articles par un certain nombre de cadres chez Toyota, les consultants de ces publications ont exposé les pratiques de Toyota en matière du Lean manufacturing.

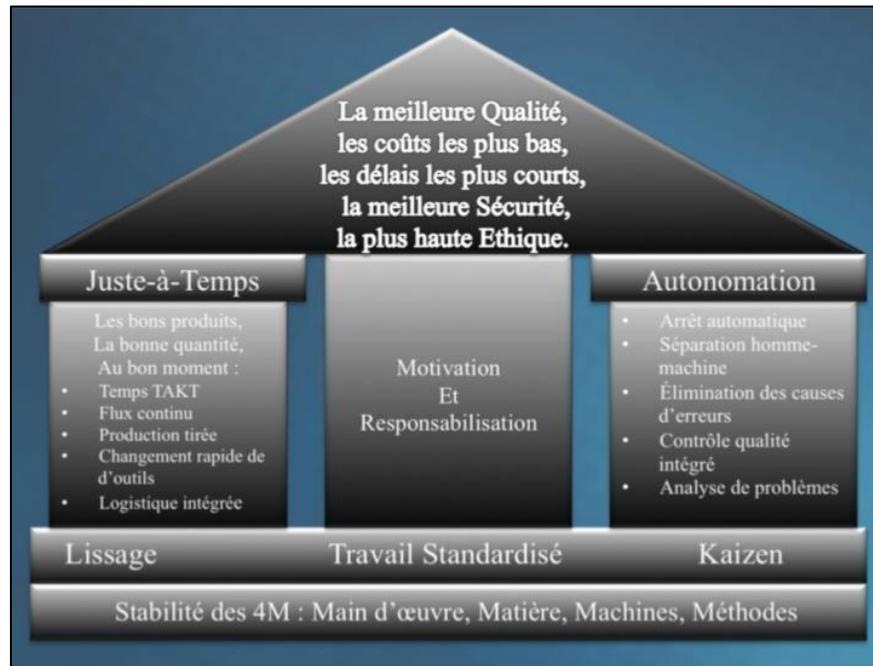


Figure I. 1. Modèle du système de production Toyota basé sur 2 piliers.

I.3 Approche du Lean manufacturing

Le Lean Manufacturing est un nom générique qui désigne un système de production originellement développé par Toyota, le Toyota Production System (TPS), et désormais utilisé par le monde dans tous les secteurs industriels. Le Lean Manufacturing est basé sur l'élimination des gaspillages (activités à non-valeur ajoutée) au sein des processus de production.

Le terme anglais Lean signifie « mince » ou « agile ». Le terme agile sera préféré, une entreprise suivant cette approche étant avant tout une entreprise qui a décidé de s'alléger de tout le superflu pour devenir réactive dans un contexte mondial instable.

Cette gestion d'entreprise dite Lean lie la performance (productivité et qualité) à la souplesse d'une entreprise qui doit être capable d'optimiser en permanence l'ensemble de ses processus. Le Lean est défini comme une approche systématique visant à identifier et éliminer tous les gaspillages à travers d'une amélioration continue, en vue d'atteindre l'excellence industrielle.

Le système Lean qui au départ, était décrit comme un système essentiellement technique, s'est largement enrichi de concepts sociaux, avec la prise en compte de l'importance de l'homme comme élément coopérant avec un système technique.

Il intègre un ensemble de principes, de pratiques, d'outils et de techniques conçus pour éradiquer les causes de mauvaise performance opérationnelle. L'objectif du Lean est d'optimiser :

- La qualité,
- Les coûts,
- Le délai,
- La productivité.

I.4 Présentation des concepts Lean

I.4.1 Juste à temps

Objectifs

Le juste-à-temps vise quatre (04) objectifs :

- (01) Une diminution des stocks et plus particulièrement des encours.
- (02) Une réduction des coûts par une diminution des stocks, des manutentions et une facilitation des réglages pour produire à partir d'une seule machine différentes pièces.
- (03) Une optimisation du temps de cycle de fabrication en réduisant le délai de livraison d'une commande.
- (04) Une augmentation de la flexibilité pour s'adapter aux variations de la demande.

Définition

Le juste-à-temps est la méthode phare du TPS, c'est une méthode de gestion des stocks en flux tendu qui vise à éliminer tout stock inutile.

Principe de fonctionnement

Cette Méthode repose sur les « cinq zéros » :

- Zéro délai ou flux tiré : la commande déclenche la fabrication.
- Zéro stock.
- Zéro papier : rendu possible par les « kanban ».
- Zéro défaut : aucun produit défectueux pour éviter les coûts de réparation.
- Zéro panne : qui aboutissent à la généralisation de « l'autonomation ».

I.4.2 Le judoka

Objectifs

L'objectif de cette méthode est de détecter automatiquement et en temps réels les défauts de fabrication, afin d'identifier la source de dysfonctionnement.

Définition

Le Judoka se traduisant par automatisation ou auto activation, consiste à équiper l'ensemble des machines de systèmes d'arrêts automatiques lorsqu'une anomalie ou un défaut est décelé, évitant ainsi à une non-qualité de se propager dans la production. Ainsi, en plus d'une simple automatisation ne prenant en compte que la réduction des tâches manuelles, les machines sont capables de détecter les défauts. L'objectif est ainsi de détecter en temps réel les défauts de fabrication et traiter la source du dysfonctionnement. Etant donné que les erreurs sont isolées à la base, cela n'engendre pas une cascade d'erreurs et de défauts.

Principe de fonctionnement

Le principe du Judoka est de développer des machines capables de détecter une anomalie le plus tôt possible sur la ligne de production, de signaler la défaillance à l'opérateur et d'arrêter la ligne afin d'éviter la production de non-conformités. La cause de ces non-conformités sera déterminée à l'aide de méthodes de résolution de problèmes.

I.4.3 Kaizen

Objectifs

Amélioration des processus par l'élimination systématique des muda.

Amélioration contenue des performances en termes de QCD (Qualité, Coût, Délai).

Définition

Le mot Kaizen est formé de deux idéogrammes chinois voulant respectivement dire « Changement » et « bon », au sens meilleur. Il est traduit en français par amélioration continue.

Le kaizen est une philosophie japonaise qui cherche constamment à améliorer par des actions simples, concrètes et peu coûteuse pour ne pas laisser dépasser par la concurrence.

I.4.4 Total productive maintenance « TPM »

Objectif

La démarche TPM vise les objectifs suivants :

Obtenir l'efficacité maximale des équipements. Le TPM est un très bon indicateur de la performance des équipements.

Diminuer les surcoûts directs et indirects pour diminuer le prix de revient.

Accroître l'efficacité des lignes en supprimant les pertes (temps, matière, etc.)

Impliquer tous les services opérationnels de l'entreprise.

Impliquer chacun, individuellement, depuis la direction jusqu'aux opérateurs.
Créer une dynamique d'amélioration continue dans l'entreprise, en valorisant l'Homme.

Définition

- **Maintenance** : maintenir en bon état (réparer, nettoyer, graisser et accepter d'y consacrer le temps nécessaire).
- **Productive** : assurer la maintenance tout en produisant ou en pénalisant le moins possible la production.
- **Totale** : considérer tous les aspects et y associer tout le monde

Elle est définie comme un moyen de créer une culture d'entreprise qui poursuit en permanence l'amélioration de l'efficacité du système de production. Elle établit un système pour prévenir toutes sortes de problèmes et à la recherche du 0 défaut, 0 problème, 0 sinistre.

Principe de fonctionnement

La TPM est basée sur huit piliers qui sont répartis selon deux approches : l'amélioration de l'efficacité du système de production et la mise en place de conditions idéales au service de la performance industrielle.

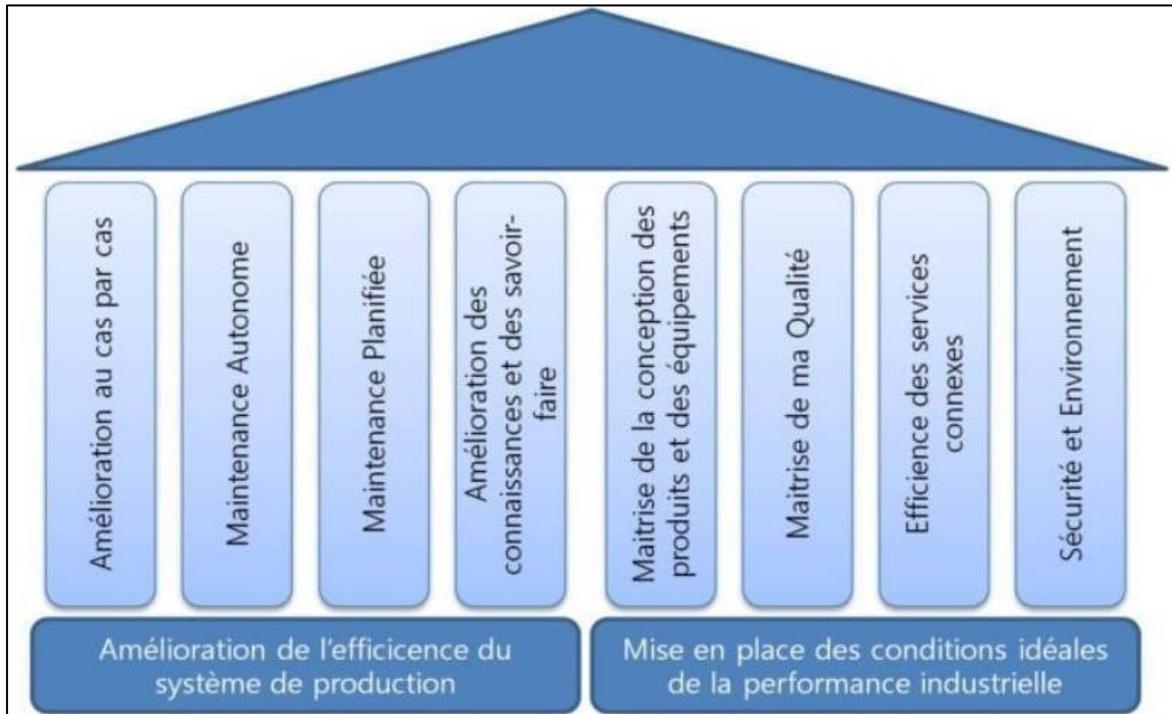


Figure 1. 3. Les 8 piliers de la TPM, extrait de (Rousseau C, 2014-2016)

II. Le Six sigma

II.1. Définition de la méthode Six Sigma

Six Sigma est le système de management qui se développe le plus vite aujourd'hui dans l'industrie. Centré sur une puissante méthodologie de résolution de problème et d'optimisation des processus, Six Sigma a permis d'économiser des millions de dinars dans les sociétés qui ont appliqué la démarche ces dix dernières années. La puissance de Six Sigma vient de l'application d'outils statistiques dans le contexte d'une méthodologie structurée et facile à mettre en œuvre. Ces outils, utilisés le plus souvent dans un environnement opérationnel de production, s'appliquent également à tous les processus, y compris administratifs. Cette démarche se décline de plusieurs façons, C'est :

Une certaine philosophie de la qualité orientée vers la satisfaction totale du client

Un indicateur de performance permettant de savoir où se situe l'entreprise en matière de qualité.

Une méthode de résolution de problèmes par l'implication totale des hommes permettant de réduire la variabilité sur les produits et services.

Une organisation des compétences et des responsabilités des hommes de l'entreprise.

Un mode de management par la qualité qui s'appuie fortement sur une gestion par projet.

II.2 Les étapes de la méthode Six Sigma

La mise en œuvre de cette méthode s'effectue au cours de projets très encadrés et judicieusement choisis. Tous ces projets sont menés à partir de la réalisation de cinq étapes **D-M-A-I-C** s'obtiennent que par l'investissement dans un procédé nouveau.

DMAIC est une démarche d'amélioration continue utilisée pour piloter les projets de manière structurée. Cette démarche se décompose en cinq étapes, qui constituent l'acronyme DMAIC

II.2.1 Définir

Cette première étape vise à dégager tous les problèmes et à les classer par ordre de priorité. Le problème est ensuite défini dans le temps et dans l'espace, généralement à l'aide d'un QOOQCP en vue de le formuler en termes de faiblesses et d'insatisfactions clients. Une charte d'équipe (Project Charter) est ensuite rédigée pour détailler l'ensemble des composantes du projet : département, description du projet, contexte, objectifs, résultats financiers, membres de l'équipe, bénéfices pour le client, planning, matériel requis

II.2.2 Mesurer

Il s'agit ensuite de rechercher les données pertinentes caractérisant le processus concerné et de mesurer les résultats existants. L'étape donne lieu à une description de la situation actuelle où sont listées les variables qui participent au processus et où sont décrits précisément les problèmes rencontrés. Quelques outils qui seraient utiles de les utiliser sans Analyse de Causes à effet, Feuille de relevé, Maîtrise statistique des procédés (MSP), Taux de rendement synthétique (TRS)

II.2.3 Analyser

Les informations cachées sont mises en évidence par une analyse statistique des données. Cette étape inclut la détermination ainsi que la formalisation des causes premières des problèmes rencontrés. Les dysfonctionnements sont ensuite confirmés par des tests réalisés sur le processus.

II.2.4 Améliorer

Les solutions sont recherchées, mises en œuvre puis validées. Un contrôle est effectué pour vérifier que les solutions implémentées agissent effectivement sur les causes identifiées.

II.2.5 Contrôler

L'écart entre les données initiales et les résultats obtenus est analysé de manière à dresser un premier bilan des améliorations obtenues. Ce bilan permet également, au besoin, d'ajuster la solution en fonction des effets non prévus.

Partie 2 : L'excellence opérationnel OPEX

I. Définitions de l'excellence opérationnelle

L'excellence opérationnelle est une démarche systématique et méthodique menée dans une entreprise afin de maximiser les performances en termes de productivité, de qualité des produits et de réduction des coûts, et plus généralement de performance.

Cette démarche est un levier puissant de compétitivité pour les entreprises qui d'autant plus évoluent dans un environnement extrêmement concurrentiel.

Cette méthode s'appuie sur les besoins du client, l'optimisation des processus et surtout sur la capacité des équipes à trouver des solutions. En effet, c'est l'implication et la motivation du personnel dans la recherche de solutions qui fait la force de l'excellence opérationnelle.

II. Révolution dans le temps

L'excellence opérationnelle accompagne trois grandes révolutions :

1. Mondialisation

Depuis plusieurs années, les échanges entre nations des activités de production et de consommation de biens et de services n'ont cessé de s'accroître, on parle de mondialisation économique. Ces interdépendances concernent les échanges et les flux de capitaux internationaux, ce qui favorise la fragmentation internationale du travail, ainsi que du processus de production. La mondialisation impose un aspect réglementaire des activités qui dépasse le niveau national.

La politique industrielle a pour mission de modifier le volume et la qualité de la production des entreprises de façon à augmenter la performance économique et de répondre aux nouveaux modes de consommation.

La mondialisation est associée, selon Albert Meige, à une « commodisation » omniprésente. En effet, l'économie globalisée accélère la copie et la commercialisation à moindre coût des innovations, qui perdent ainsi leur statut privilégié.

2. La numérisation

Aujourd'hui, le digital est omniprésent dans les entreprises quel que soit leur domaine d'activité. En effet, le numérique a longtemps eu un impact sur le produit fini, mais maintenant, ce phénomène touche les méthodes de fabrication. Bien entendu, pour que cela fonctionne, il est nécessaire que les dirigeants aient sélectionné les technologies les plus pertinentes et les plus adaptées à leurs processus de fabrication. Aussi, il est important qu'ils n'aient pas perdu de vue l'humain qui doit toujours rester au cœur du système.

Le numérique permet également à l'ingénieur et au commercial de collaborer de manière optimale. Le premier préfère le temps long pour lisser le processus de production, quant au second, il agit sur le temps court pour correspondre au plus près des évolutions de la demande des clients.

3. La nouvelle génération

De nouveaux comportements apparaissent : l'utilisation est préférée à l'appropriation, le mode compétitif en collaborateurs est abandonné pour un mode collaboratif, et la hiérarchie verticale devient horizontale.

III. Les acteurs de l'excellence opérationnelle

De la gestion d'un projet d'amélioration type Lean Six Sigma (LSS) au déploiement d'une culture d'entreprise des acteurs sont nécessaires pour posséder au sein du projet l'expertise adéquate et le management nécessaire durant tout le projet.

1. Le Commanditaire

C'est la personne qui programme le Lean Six Sigma et les projets, établit les priorités et le lien entre les projets et la stratégie d'entreprise. La plupart du temps il est directeur d'usine ou site. S'il s'agit d'une petite entreprise il assure également la fonction de sponsor.

2. Le Sponsor

Son rôle est d'organiser le déploiement du Lean Six Sigma au sein de l'entreprise. Il fait partie de la direction le plus souvent. Détenteur des ressources et du budget il est chargé de la gestion financière des divers projets, veille à leur réussite et peut intervenir en cas

d'obstacles ou ralentissement des projets. Il peut être décisionnaire sur la clôture définitive du projet si l'écart entre résultats obtenus et fixés est trop important.

3. Le Champion

Agissant en étroite collaboration avec le Sponsor, le champion promeut la démarche LEAN dans son secteur d'activité. Il s'agit d'un manager de niveau intermédiaire qui s'occupe d'allouer les ressources nécessaires au déroulement des projets, et reporte au Sponsor l'avancée des projets. Il va définir pour son secteur d'activité la politique d'amélioration continue, sélectionne les clés (Green Belt et/ou Black Belt) de projet nécessaire à leur réussite.

Il sera chargé de valider chaque fin de cycle (PDCA, DMAIC) et participe aux revues de fin de projets en collaboration avec les responsables. Les Belts : S'inspirant des ceintures de Judo, l'apprentissage et la maîtrise du Lean Six Sigma passe par plusieurs niveaux représentés par des Belts. Chaque belt possède un niveau de maîtrise et une connaissance particulière des grands principes du Lean Six Sigma et de ses outils. On compte en général quatre niveaux de maîtrise qui ont des rôles différents dans la gestion de projets.

4. Le White Belt

Comme dans les arts martiaux cette ceinture désigne le débutant. Le white Belt correspond à tout membre du personnel ayant reçu une sensibilisation sur les concepts du Lean, la valeur ajoutée, les gaspillages ainsi que la variabilité. Lors d'un projet il peut apporter sa vision neutre et son regard extérieur à l'équipe.

5. Le Yellow Belt

Le Yellow Belt connaît la majorité des outils de résolutions de problèmes, il a suivi une journée de formation sur le déploiement de ces outils comme le : QQQCCP, 5 pourquoi, 5M, 5S etc... Il est capable de gérer la réalisation de Quick Wins c'est à dire des projets simples rapides et non coûteux pour l'entreprise. Son scope se focalise sur la mise en pratique d'actions sur le terrain en optimisant l'organisation, les procédures...

6. Le Green Belt

Il est accompagnateur du progrès, maîtrise parfaitement la méthode DMAIC et possède des capacités méthodologiques et organisationnelle reconnue. Il va consacrer 15 à 30 % de son temps sur des projets d'améliorations, dans certaines entreprises la totalité de son temps professionnel. On estime que les gains en matière de projets Green Belt sont en moyenne de 50 000 euros.

7. Le Black Belt

Il est le leader en termes de progrès Lean, il maîtrise la gestion de projets complexes sur tous les niveaux. Responsable de nombreux projets il possède un très bon leadership et de grandes compétences en méthodologie. Il est le référent des Green Belts pour les accompagner, les former et leur transmettre ses connaissances. On estime à plus de 100 000 euros les gains d'un projet Black Belt.

8. Master Black Belt

C'est un Black Belt ayant déjà mené à bien une dizaine de projets Black Belt, il est un mentor pour les Black Belt qu'ils forment et assistent dans des domaines pointus et leurs projets respectifs. Il excelle dans l'utilisation des outils statistiques et méthodologiques et supervise des projets de grandes envergures.

IV. Les facteurs de réussites

Lorsque l'on souhaite lancer un projet de transformation d'excellence opérationnelle il est important de mettre toutes les chances de son côté pour réussir (Les acteurs, la façon de manager, la communication sont des éléments sur lesquels il faut être rigoureux).

1. Administration

Avoir le soutien de la direction est une bonne chose mais il faut que celle-ci se donne les moyens de réussir le projet. Des personnes 100% dédiées au projet ne suffisent pas, un réel changement de culture est nécessaire et ce à tous les niveaux hiérarchiques. Assurer une formation afin de sensibiliser le personnel aux méthodes et outils mais également à l'intérêt du déploiement de tels efforts et la situation de crise.

2. Management

Résoudre les problèmes sur le terrain avec les personnes concernées, la nécessité d'accompagner les personnes dans la gestion de problème. Être exemplaire en tant que manager sur les nouveautés reste le meilleur moyen de faire durer les améliorations instaurées. Faire confiance aux collaborateurs en leur fixant des objectifs collectifs.

3. Communication

Communiquer afin d'instaurer une vision globale sur les enjeux, les objectifs. La communication concerne aussi les autres projets de l'entreprise, les réussites.

4. Encourager

La réussite d'un projet pilote peut aider à convaincre le personnel de déployer des efforts dans les projets. L'importance de persévérer, fêter les succès assure la motivation et suscite l'intérêt des collaborateurs. Rechercher derrière chaque problème une opportunité et capitaliser sur les erreurs pour apprendre à ne pas les refaire.

V. Erreurs communes à éviter

La communication est un élément crucial pour la gestion de projet de changement. Une mauvaise communication sur les objectifs, il ne faut pas axer les objectifs sur les gains de coûts, productivité.

Eviter de créer des jeux de pouvoir entre les collaborateurs en désignant un pilote qui impliquera tout le monde.

Créer un environnement d'écoute des opérateurs et supprimer la peur de répression des employés vis-à-vis du management.

Une bonne gestion de projet passe par une organisation rigoureuse sur la définition et mise en place d'un groupe de travail. Il ne faut pas voir trop grand, bien définir la date de fin, les indicateurs de suivis ne doivent pas plonger les collaborateurs dans un labyrinthe de données.

Ne surtout pas négliger la sensibilisation à la nouvelle culture, travailler sur l'ouverture d'esprit des collaborateurs. Encourager à la persévérance plutôt que de générer du défaitisme au sein de l'équipe.

Ne pas voir les problèmes et obstacles comme sources de conflit, laisser vivre les améliorations sans oublier de suivre leur durée dans le temps. Attention à l'étape de standardisation qui demande un temps d'apprentissage pour tous les collaborateurs, il ne faut pas vouloir standardiser tout le monde trop vite.

VI. Les outils de l'excellence opérationnelle

1. Elimination des gaspillages

Objectifs

L'objectif principale est de réduire le maximum des opérations à non-valeurs ajoutées.

Principe de fonctionnement

Une multitude de sources d'améliorations se présente lorsque débute la volonté d'atteindre l'excellence opérationnelle. A ce stade on cherche à supprimer les opérations n'apportant pas de valeur ajoutée. Le LEAN suggère qu'il faut, pour créer efficacement de la valeur, il est important d'identifier les différents gaspillages, les supprimer ou les réduire quand cela n'est pas possible.

Il existe 8 catégories de perte :

8 WASTES OF LEAN MANUFACTURING



Figure I. 4. Les 8 sources de gaspillages

2. Diagramme Ichikawa

Objectifs

Classer par famille les causes d'un effet observé et faciliter la recherche de solution.

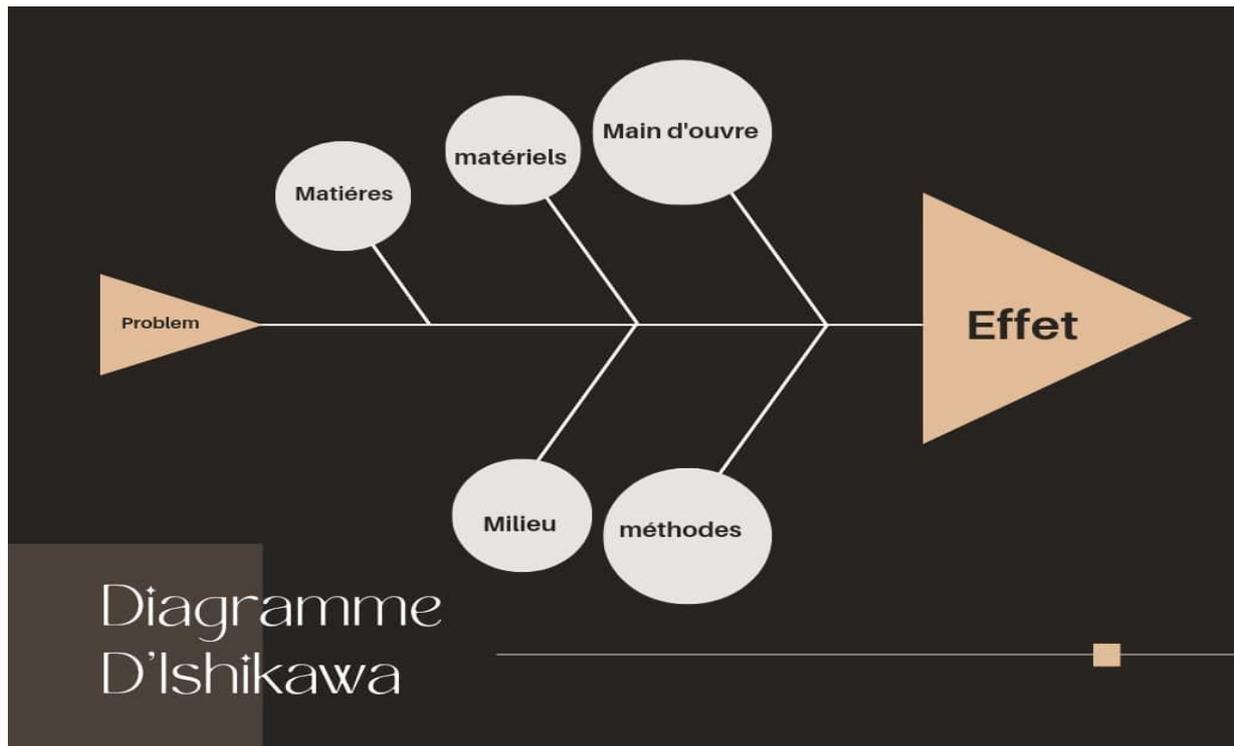


Figure 1. 5. Diagramme d'Ishikawa

3. Brainstorming

Objectifs

Sur un thème donné produire un maximum d'idée en un minimum de temps, dans des conditions agréables.

Définition

C'est une méthode de résolution de problème participative qui va s'appuyer sur la réflexion, la créativité des participants. Le principe est de noter toutes les idées pour ensuite ne garder que les meilleures.

Principe de fonctionnement

Les étapes à suivre pour réaliser une session de Brainstorming :

- Expliquer aux participants le processus ainsi que les règles à respecter. S'il s'agit d'une première participation le mieux est de donner un exemple concret réalisé ou non dans l'entreprise. Il est important de préciser qu'on ne doit pas critiquer les idées des autres, il faut laisser place à l'imagination et rester ouvert d'esprit. Si une idée s'apparente à celle d'une autre personne il est important de la dire voire de se servir de celles des autres pour construire les siennes.
- S'assurer que tous les participants aient bien compris le problème, leur vision doit être claire. Il faut donc bien expliquer le problème et laisser un temps de réflexion pour répondre ensuite à d'éventuelles questions.
- On écrit tout le mieux reste encore le tableau blanc en face de tout le monde. Trier les idées, effacer les idées similaires afin de supprimer les doublons. Puis ordonner les idées en groupe d'idées, les catégoriser.
- Garder les meilleures idées, les plus pertinentes, ayant le plus fort impact.

4. Méthode SMED

Objectif

Réduire les temps de changement de série de manière drastique.

Définition

La méthode **SMED** (Single Minute Exchange of Dies) a été développée au Japon par Shigeo Shingo, au cours de la période allant de 1950 à 1969. C'est une méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié. (Norme AFNOR NF X 50-310).

Single Minute Exchange of Die = Échange d'outil en moins de 10 minutes.
 Cette expression signifie que le temps en minutes nécessaire à l'échange doit se compter avec un seul chiffre.

Le **SMED** est une méthodologie permettant de réduire les temps de changements de série. Mais un changement de série est une notion précise. Par définition comme la figure 6 montre, le temps de changement de série, c'est le : Temps qui se passe entre la dernière

pièce bonne d'une série produite à la cadence nominale et la première pièce bonne de la série suivante à la cadence nominale

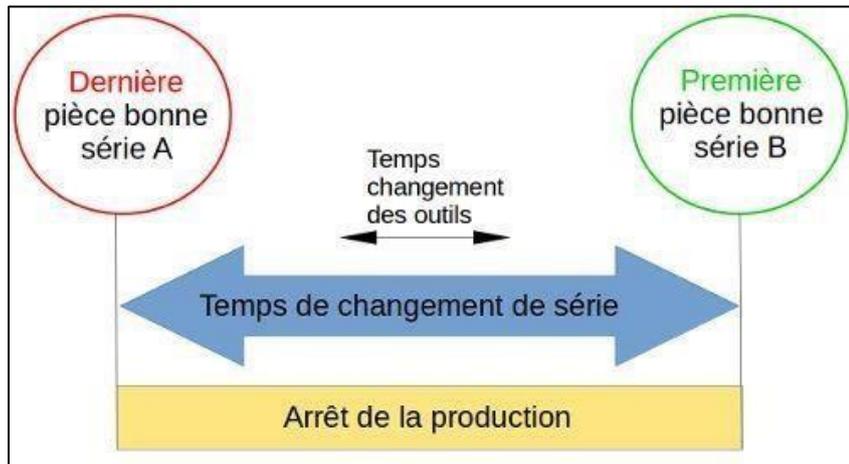


Figure 1. 6. Principe de SMED

Il y a 2 types d'opérations lors d'un changement de format :

- **Les opérations internes** : Sont impérativement effectuées machine arrêtée qui nécessitent obligatoirement un arrêt de la machine ou arrêt de production pour être exécutées (monter et démonter les outillages, par exemple).
- **Les opérations externes** : Sont celles qui peuvent être réalisées pendant que les machines ou la production sont en marche (par exemple, sortir les outillages et les réintégrer au magasin, la préparation des prochains outils qui vont être montés).

Principe de fonctionnement

Phase 1 : Analyser

C'est l'analyse d'un changement de fabrication dans l'état initial. Le but est d'identifier objectivement toutes les opérations réalisées lors de ce changement. Identifier : les opérations internes et externes. Il s'agit donc d'analyser ce qui se passe au cours du réglage. Le moyen idéal est la réalisation d'un film vidéo qui donne la chronologie exacte des opérations.

Phase 2 : Dissocier

Il s'agit de la séparation des opérations "internes" et "externes". L'objectif est de réaliser en temps masqué des opérations externes. Le but de cette étape consiste à effectuer

un maximum d'actions tant que la machine travaille sur l'ancienne série. Pour ce faire il est nécessaire d'agir sur l'organisation du changement de production, en particulier pour les phases de préparation et de mise à disposition de moyens. A ce niveau les investissements nécessaires sont minimales.

Phase 3 : Convertir

Cette phase consiste en la transformation d'opérations internes en opérations externes. C'est dans cette phase qu'est effectué l'examen du bien-fondé de certaines opérations et que se détermine l'apport de moyens matériels indispensables. Il en résulte une réduction du nombre d'opérations internes et un gain global de temps. Cette étape implique en général un investissement.

Phase 4 : Réduire

C'est la réduction du temps d'exécution des opérations, tant internes qu'externes, par leur rationalisation. Cette étape est consacrée à la recherche de simultanéité de tâches, à l'optimisation de celles-ci ainsi qu'à l'amélioration des réglages en vue de la diminution du nombre de pièces d'essais.

Les différentes opérations génériques d'un changement de série sont les suivantes :

- Préparation et vérification de l'environnement, des machines, des outils, de la matière (la présence et le bon fonctionnement des éléments utilisés lors du changement de série sont vérifiés).
- Montage et démontage des pièces et outillages : cette étape inclut le démontage des pièces de la série précédente et le montage des pièces de la série suivante.
- Centrage, positionnement et réglage : cette étape correspond au positionnement des outillages et au réglage de paramètres divers (température, pression, intensité, etc.)
- Essais et ajustements : cette phase aboutit à la production des premières pièces de la série suivante. Elle permet de vérifier que les réglages sont corrects et permettent de produire des pièces conformes. Si ce n'est pas le cas, il faut procéder à des réajustements avant de réitérer

Les contrôles. Malgré les apparences, c'est l'étape la plus longue d'un changement de format.



Figure.1. 7. Indicateur de Performance (TRS)

Un indicateur est une information ou un ensemble d'informations contribuant à l'appréciation d'une situation par le décideur.

Un indicateur de performance KPI (Key Performance Indicator) est une mesure ou un ensemble de mesures braquées sur un aspect critique de la performance globale de l'organisation. Les indicateurs de performance sont au cœur du Lean management, ils reposent sur la transparence des résultats en temps réel pour tenter d'améliorer la réactivité aux problèmes constatés. Il s'agit en effet, d'éléments d'information représentatifs par rapport à la mesure tangible et de l'observation de l'état des zones ou des services. Ils rendent compte du fonctionnement des lignes de production, apparaissent comme des outils essentiels pour en améliorer le pilotage. Alors, un indicateur est un moyen :

- D'évaluer la performance
- De réaliser un diagnostic
- De communiquer
- D'informer
- Et de motiver.

Il doit être :

- Spécifique
- Mesurable
- Atteignable
- Evaluable sur une durée

Il existe quatre principaux types de KPI :

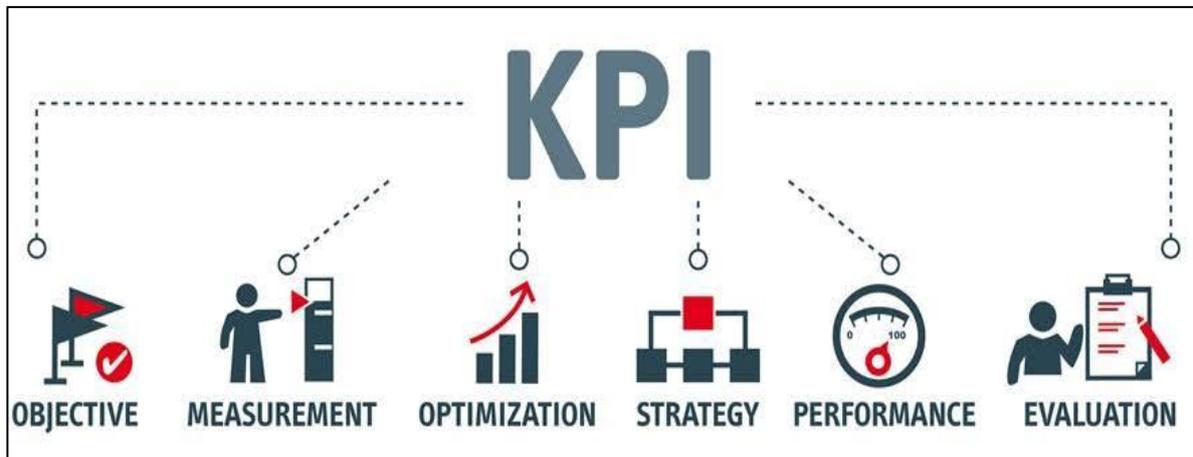


Figure. 1.8 Grand Type de KPI

Ces différents indicateurs sont définis de la manière suivante :

- Les indicateurs de performance de productivité permettent de corréler l'utilisation des ressources disponibles et le nombre de produits finis délivrés par le processus au cours d'une période donnée,
- Les indicateurs de performance de qualité mettent en évidence les produits finis livrés qui ne correspondent pas au standard de qualité et les écarts rencontrés au cours du processus,
- Les indicateurs de performance de capacité permettent de définir les limites d'un processus, par exemple une quantité maximale de produits finis pouvant être délivrés sur une période définie,
- Les indicateurs de performance stratégiques concernent des objectifs liés à la planification stratégique des activités de l'entreprise.

L'ensemble des indicateurs de performance construisent un tableau de bord de façon périodique, pour guider les décisions et les actions d'un responsable en vue d'atteindre les objectifs de performance.

Au niveau de la productivité des machines, le plus sévère et le plus répandu des indicateurs est appelé : Taux de Rendement Synthétique TRS (ou OEE pour Overall Equipment Effectiveness).

5.1. Taux de Rendement Synthétique TRS (pour Overall Equipment Effectiveness)

Objectif

L'objectif principal de la TRS est de mesurer l'importance des contraintes (arrêts, nonqualité, ralentissements) sur l'efficacité des équipements de production.

Définition

Le TRS est un indicateur de productivité basé sur la disponibilité de l'équipement ou d'une ligne de production en termes de temps d'arrêt planifié et de fiabilité, sur la performance de l'équipement et sur la qualité du produit. Cet indicateur représente la performance globale de l'équipement ou de la ligne lorsque celui-ci ou celle-ci est en fonctionnement.

La valeur du TRS est comprise entre 0 et 100%. Plus cette valeur est proche de 100%, plus la productivité de la ligne de production est meilleure. **Principe de fonctionnement**

5.2 Constitution

Le Taux de Rendement Synthétique est constitué de trois composantes, trois "dimensions", qui sont :

- **La disponibilité** de la machine ou de l'équipement : C'est le nombre des heures de production par rapport au nombre d'heures planifiées.
- **La performance** de celle-ci, en régime normal : C'est le nombre d'unités produites pendant les heures productives par rapport à la capacité maximale.
- **La qualité** qu'elle est capable de fournir : C'est le nombre d'unités respectant les critères de qualité par rapport au nombre total d'unités produites pendant les heures productives.

Chacune de ces composantes pouvant s'exprimer par un taux propre : Taux de disponibilité, taux de performance et taux de qualité.

Le TRS condense ces différents éléments en un seul chiffre exprimé en pourcent (%), il fournit une vision simple et synthétique. Cette vision autorise le pilotage et la décision.

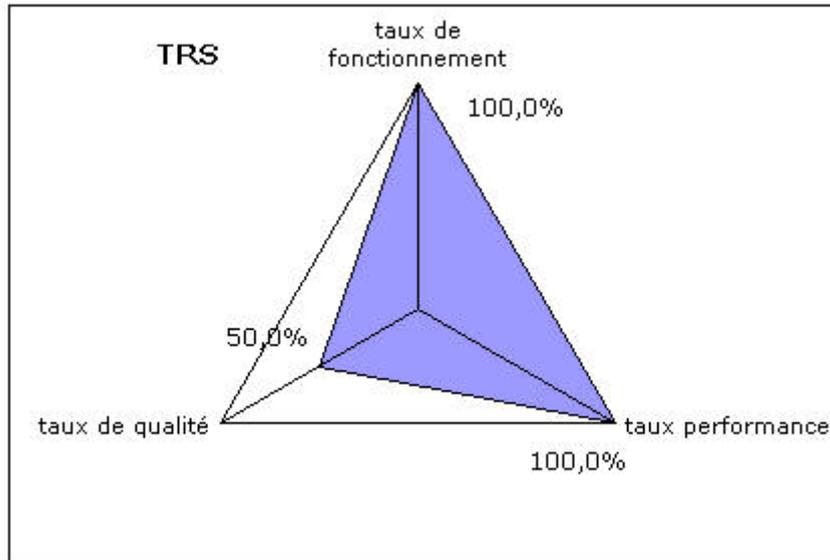


Figure I. 9. L'influence des taux intermédiaires sur TRS

5.3 Mode de calcul

5.3.1 Calcul de taux de disponibilité

$$\text{Taux de Disponibilité} = \frac{\text{Temps de fonctionnement}}{\text{Temps net d'opération (temps programmé)}}$$

5.3.2 Calcul de taux de performance

$$\text{Taux de Performance} = \frac{\text{Nombre d'unité produits réel}}{\text{Nombre d'unités produites planifiées}}$$

5.3.3. Calcul de taux de qualité

$$\text{Taux de Qualité} = \frac{\text{Nombre d'unité de bonne qualité}}{\text{Nombre d'unités produites réels}}$$

5.3.2 Calcul du TRS

$$TRS = \text{Taux de Disponibilité} \times \text{Taux de Performance} \times \text{Taux de Qualité}$$

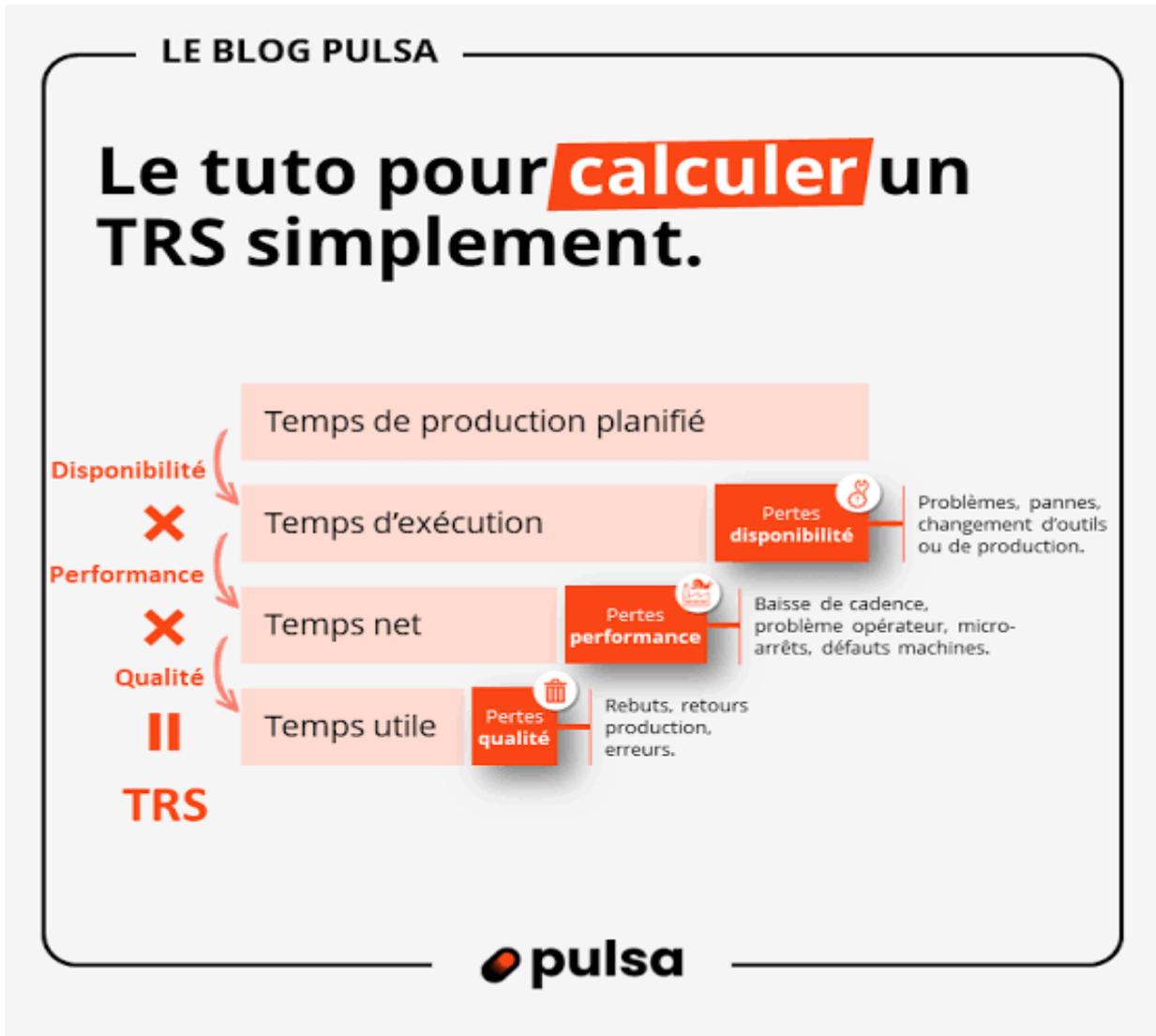


Figure 1. 10. Formule calcul de TRS

Chapitre II :
*Présentation de l'organisme
d'accueil et Contexte de projet*

I.1 Introduction

L'énergie électrique avec ces différentes sources, que ce soit énergie fossile (gaz, charbon, pétrole...), renouvelables (eau, soleil, biomasse...) ou nucléaire est un facteur essentiel de développement économique, dans tous les pays du monde. Son importance relative s'accroît avec les progrès techniques, l'industrialisation et le besoin de confort moderne.

L'augmentation de sa production est synonyme d'amélioration de la qualité de vie et de création de richesse. La production d'électricité, ramenée au nombre d'habitants, est donc un bon indicateur permettant de mesurer les écarts de développement entre les différentes régions de monde.

En suite le choix d'un système de production d'électricité dépend principalement de la disponibilité des ressources énergétiques. Par exemple, la majorité des centrales de production d'énergie électrique en Algérie utilise le gaz naturel comme énergie primaire, c'est le cas de la société de production d'électricité de RELIZANE (SONELGAZ « SPE »).

Les centrales à gaz sont basées sur la combustion du gaz naturel ou fioul dans de l'air sous pression et sur la détente des gaz chauds brûlés dans une turbine couplée à un alternateur. [25]

I.2 SONELGAZ

I.2.1 Définition

SONELGAZ (acronyme de **S**ociété **N**ationale de l'**E**lectricité et du **G**AZ) est un groupe industriel énergétique algérien, spécialisé dans la production, la distribution et la commercialisation d'électricité, aussi de l'achat, le transport, la distribution et la commercialisation de gaz naturel.

Son siège social est situé à Alger. Sonelgaz est le premier producteur et fournisseur d'électricité et le premier distributeur de gaz en Algérie. Il fournit l'électricité à 10 millions clients et le gaz à 6 millions clients. [26]

I.2.2 Centrales De Production Nationale SPE

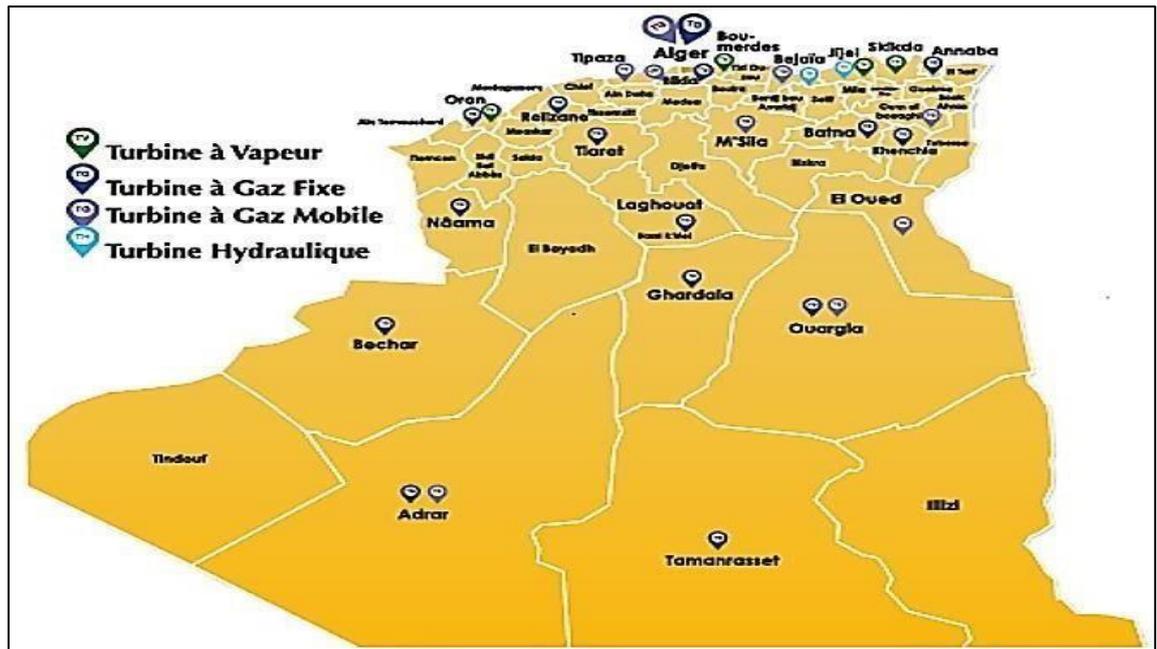


Figure 2.1 Carte des sites de production d'électricité en Algérie selon SPE.

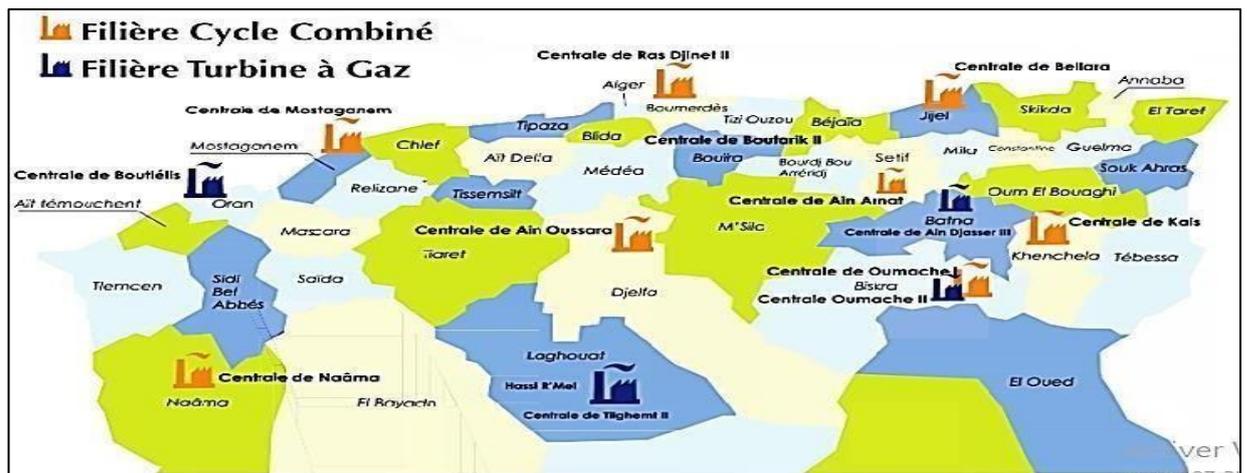


Figure 2.2. Sites des centrales CC et TG des projets SPE à réaliser en 2018-2021.

- Pour le pôle In Salah – Adrar - Timimoune, le parc sera renforcé avec plus de 320 MW sur la période 2018-2025.
- A noter que 320 MW (16 TG mobiles) ont déjà été installés au niveau du PIAT : '02 groupes à Adrar' [25]

I.3 IDENTIFICATION DE L'UNITE « SPE.RELIZANE »

I.3.1 Organigramme De Société

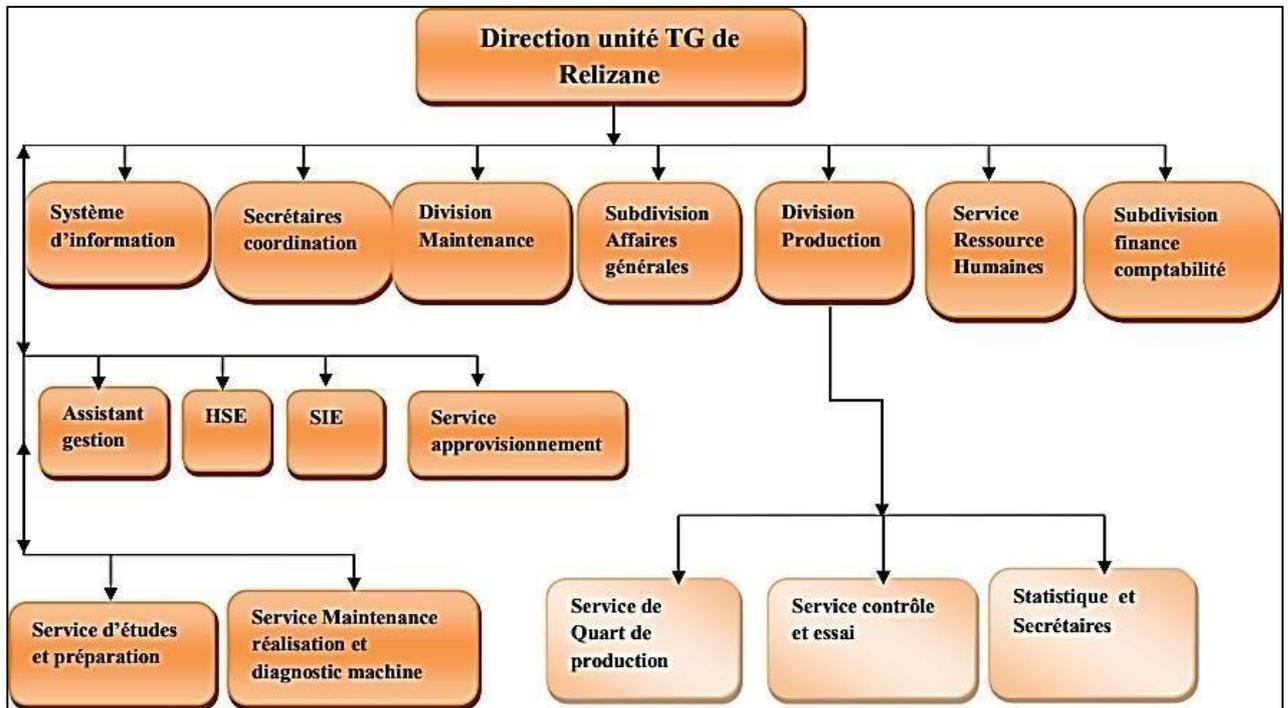


Figure 2.3. Organigramme de société.

I.3.2 Caractéristiques

La centrale est composée de trois groupes de puissance de 155 MW chacun. Les groupes turboalternateurs ont la possibilité de fonctionner avec deux types de combustible à savoir : gaz naturel et en gaz oil (fuel), La centrale est réalisée par la compagnie française ALSTOM.

- ❖ Couplage du groupe 01, réalisé le 16/07/2009.
- ❖ Couplage du groupe 02, réalisé le 18/08/2009.
- ❖ Couplage du groupe 03, réalisé le 08/09/2009.

NB : Les Alternateurs et les turbines à gaz des trois Groupes sont de marque ALSTOM.

I.3.3 Les Equipements

La centrale comprend 03 groupes turboalternateurs, dont chaque groupe turbine à gaz sera constituée des équipements suivants :

1. Bloc thermique turbine à gaz ALSTOM de type GT13E2. Il composé de :
 - Turbine avec cinq (05) étages
 - Une ligne d'arbre
 - Vitesse de rotation 3000 Trs/min
 - Un compresseur axial à 21 étages
 - Une chambre de combustion annulaire
 - Nombre de brûleurs : 72
2. Une ligne gaz combustible située en amont de la turbine à gaz. Le circuit gaz est composé de :
 - Une vanne d'arrêt principal
 - Trois vannes hydrauliques de contrôle
 - Une vanne de décharge
3. Un bloc combiné d'injection gaz oïl et eau ; Le circuit d'alimentation gaz oïl est composé de :
 - Une vanne hydraulique de déclenchement
 - Trois vannes hydrauliques de régulation
 - Trois vannes pneumatiques de purge
4. Le circuit d'injection d'eau de réduction NOx est composé de :
 - Un débitmètre pour la mesure du débit de gaz oïl (fuel)
 - Une vanne hydraulique de déclenchement
 - Trois vannes pneumatiques de contrôle
 - Une vanne de purge.
5. Une unité d'allumage est composée de :
 - Deux bouteilles de gaz propane
 - Une vanne de commutation et de détente
 - Une soupape de sûreté
 - Un filtre
 - Une moto ventilateur d'extraction de gaz à courant continu.
6. Collecteur d'admission d'air
7. Section du diffuseur et compensateur d'échappement
8. Arbre intermédiaire (Alternateur –turbocompresseur)

9. Capot pour soupapes de purges et silencieux du compresseur axial, Chaque turbine est équipée des auxiliaires suivants :

- Un bloc des auxiliaires :

Le bloc est constitué d'un ensemble de pompe et de circuits :

- Circuit d'huile de graissage : il est composé de deux (02) pompes à l'huile principales à courant alternatif et d'une (01) pompes à l'huile de secours à courant continu
- Circuit d'huile de commande : il est composé de deux (02) pompes à vis à courant alternatif
- Circuit d'huile de soulèvement : il est composé de deux (02) pompes à piston à courant continu
- Système de virage du rotor (vireur) : il est composé d'une pompe à moteur continu et d'une pompe manuelle, pour le cas d'absence de courant continu.

- Un système d'admission d'air avec filtre autonettoyant
- Une cheminée d'échappement ;
- Un réservoir de récupération des purges des circuits gaz oïl ;
- Un circuit réfrigérant de turbine à gaz ;
- Un jeu de refroidisseur eau/air ;
- Un kit d'équipement de protection contre les incendies ;
- Un ensemble de système de détection du gaz combustible ;
- Un système mobile carte de lavage compresseur (commun à toutes les unités) ;
- Un ensemble enceint du bloc turbine à gaz (enceinte acoustique pour le bloc thermique - bloc vannes de régulation et alternateur).

I.3.4 Poste Gaz

Le poste gaz assure l'alimentation de la turbine à gaz en gaz naturel de bonne qualité. Il comprend

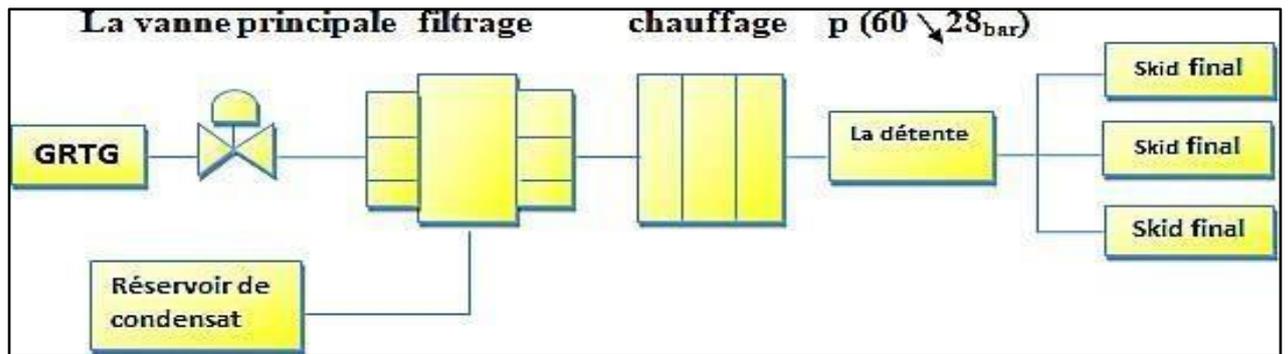


Figure 2.4. Les composants de poste gaz.

- Un skid de séparation et filtration pour purifier le gaz de toute particule liquide en suspension (humidité et poussière)
- Un skid de réchauffage gaz pour assurer que le gaz restera bien au-dessus du point de rosée pendant son parcours aval
- Un skid de détente de gaz qui permet de régler la pression à la condition requise pour le fonctionnement de la turbine
- Un skid de filtration finale qui purifie d'avantage le gaz au plus proche de la turbine



Figure 2.5. Poste Gaz.

I.3.5 Système Electrique

L'alternateur est accouplé à la turbine à gaz par un arbre intermédiaire. Il est synchrone bipolaire triphasé et refroidit par un système en circuit fermé (air – eau). L'alternateur est

connecté au transformateur principal par un jeu de barre sous gai (IPB). Un disjoncteur alternatif est inséré entre l'alternateur et de la turbine à gaz et le transformateur principal, pour permettre le couplage du groupe au réseau haute tension.

I.3.5.1 Alternateur De La Turbine A Gaz

- Alternateur triphasé de type **50WY21Z-095** :
 - ✓ Puissance apparente nominale S_n : 200 MVA ;
 - ✓ Puissance active P_n : 180 MW ;
 - ✓ Facteur de puissance : 0.9 ;
 - ✓ Tension nominale U_n : 14.5 KV ;
 - ✓ Courant nominal I_n : 7963 A ; ü Fréquence nominale f_n : 50 Hz.

- Un disjoncteur générateur triphasé, type SF6
- Excitatrice avec système balais – collecteur
- Paliers et supports paliers
- Système de refroidissement alternateur
- Une cellule de point neutre
- Un jeu de barre à phase isolé sortie alternateur

I.3.5.2 Système D'évacuation D'énergie

Le transformateur principal est raccordé au réseau haute tension à travers un avant-poste blindé 220 KV (poste de RELIZANE). Deux soutirages sont réalisés, sur le jeu de barres isolées permettent d'alimenter le transformateur d'excitation et le transformateur de soutirage 14.5/6.6 KV, qui via un tableau 6.6 KV alimente le transformateur auxiliaires groupe, le transformateur de démarrage et le transformateur auxiliaires généraux du site. Le système d'évacuation d'énergie est constitué de :

- Transformateur principal triphasé 14.5/220 KV à deux enroulements à bain d'huile.
- Transformateur de soutirage triphasé 14.5/6.6 KV à deux enroulements, immergé dans l'huile.
- Transformateur d'excitation triphasé 14.5/0.42 KV à deux enroulements de type sec.
- Transformateur de démarrage triphasé 6.6/1.8 KV à deux enroulements, immergé dans l'huile.
- Transformateur auxiliaire groupe triphasé 6.6/0.42 KIV à deux enroulements, immergé dans l'huile.
- Transformateur auxiliaire généraux triphasé 6.6/0.42 KV à deux enroulements, de type sec.



Figure 2.6. Transformateurs Auxiliaire et de Démarrage

- Un ensemble de (03) générateurs Diesel black Start (Diesel de secours) de (3*2.25 MW), de type QSK60-G4 et modèle C2250 D5 : v Constructeur du moteur : CUMMINS ; v Charge nominale S_n : 2.25 MVA.
 - ✓ Vitesse nominale N_n : 1500 Trs/min.
 - ✓ Tension de démarrage : 24 VDC
 - ✓ Type d'alternateur : HVS180S
 - ✓ Tension de sortie : 6.6 KV
 - ✓ Courant nominal à pleine charge I_n : 200 A

I.3.5.3 Poste Avancé Blindé 220 KV

Le poste avancé 220KV est du type, à double jeu de barres avec disjoncteur de couplage .il est conçu pour le raccordement des travées d'arrivées des groupes et de départs lignes 220KV vers le poste HT de RELIZANE.

- L'avant-poste blindé 220 KV est constitué de :
 - ✓ Deux (02) travées arrivées groupe ;
 - ✓ Deux (02) travées départs groupe ;
 - ✓ Une travée de couplage ;
 - ✓ Un double jeu de barre ;
 - ✓ Tableau basse tension pour alimentation des auxiliaires ;
 - ✓ Un ensemble de tableau de distribution courant continu
 - ✓ Un ensemble de chargeurs de batteries et onduleurs ;
 - ✓ Un ensemble de batteries ; Un ensemble d'armoires de protection.

I.3.6 Système Mécanique Commun

- Système d'alimentation en gaz naturel
- Système d'alimentation en gaz oïl
- Système de surveillance des émissions des gaz NOx
- Système commun d'alimentation en eau (incendie, traitée, usée et sanitaire)
- Station d'air comprimé (air de service).

I.3.7 Station D'eau Déminéralisation

- Station d'eau déminéralisation « grande déminée »
 - ✓ Production des filtres à sable : max 20 m³/h
 - ✓ Production de l'osmose inverse : max 2 × 165 m³/h
 - ✓ Filtre de polissage : max 2 × 160 m³/h
- Station d'eau déminéralisation « petite déminée »
 - ✓ Production d'eau, chaque ligne : eau osmosée : 2 × 1.5m³/h
 - ✓ Eau déminéralisée : 2 × 0.5 m³/h
 - ✓ Eau potable : 2 × 1m³/h
 - ✓ Réservoirs de stockage
 - ✓ Réservoirs eau brute : 4×7000 m³
 - ✓ Réservoir eau prétraitée : 1×3500 m³ ü Réservoir eau déminéralisée : 1×3500 m³
- L'utilisateur l'eau déminé :
 - ✓ Refroidisseur d'air
 - ✓ Lavage compresseur online offline
 - ✓ Nettoyage des linges

I.3.8 Station Fuel

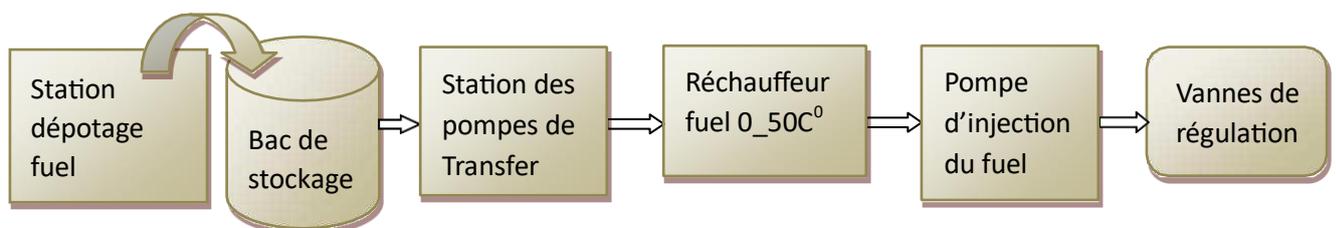


Figure 2.7. Station fuel.

On a :

- Réservoirs de stockage
- 06 Skids pompes de transfert
- 03 Section de préchauffage fuel (une par TG)

I.3.9 Station D'air Comprimé

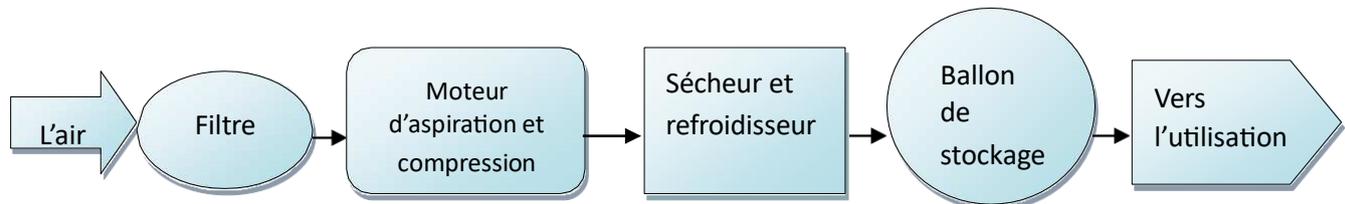


Figure 2.8. Station d'air comprimé.

La station est composée de :

- 04 Compresseurs d'air
 - ✓ Pression à l'aspiration : 1 bar abs
 - ✓ Débit unitaire au refoulement : 307 N m³/h
 - ✓ Pression air refoulé : 9.5 bars
 - ✓ Vitesse d'entraînement compresseur : 2965 tr/min
- 04 Sécheurs d'air
 - ✓ Capacité air libre : 1 [bar abs]
 - ✓ Température entrée air : 35 [°C]
 - ✓ Pression sortie air : 11 [bar eff]
 - ✓ Consommation énergie électrique : 63 W

I.3.10 Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai parlé de la société de production d'électricité de Relizane et de ses différents équipements nécessaires à la réalisation du processus de production. Dans la suite de ce chapitre, j'expliquerai le travail des équipements usagés, y compris la turbine, le deuxième facteur principal dans la réalisation et la production de cette énergie après le gaz.

II. Fonctionnement des équipements de centrale thermique a gaz

Les centrales thermiques comprennent plusieurs dispositifs indispensables à leurs fonctionnements et qui consomment de l'énergie. De plus, le principe de Carnot fait qu'une partie seulement de l'énergie thermique (vapeur, gaz, etc.) est convertie en énergie mécanique, le reste étant dissipé dans l'atmosphère à travers la tour de refroidissement. Pour ces raisons, le rendement des centrales thermiques se trouve limité à ~40%. Ces centrales produisent la majeure partie de l'électricité en Algérie.

II.2 Les Composants Principaux D'installation Turbine A Gaz

L'installation turbine à gaz complète comprend tous les systèmes, composants et dispositifs nécessaires pour assurer un fonctionnement sûr et rentable de l'installation. Les composants principaux d'une installation d'une turbine à gaz sont illustrés sur "Figure II.9". Ils sont désignés par la KKS (KSS est une abréviation allemande du système de désignation des centrales électriques. Toutes les centrales électriques ALSTOM utilisent le système d'identification KKS (Figure 2.9).

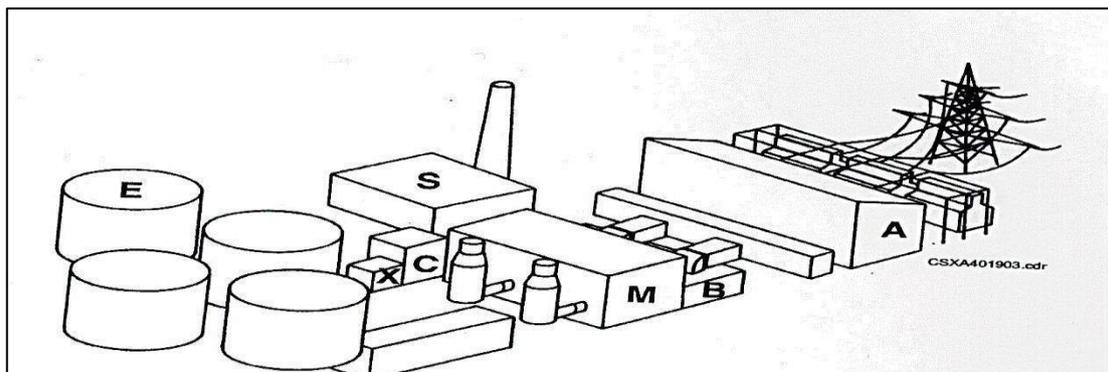


Figure 2.9. Les composants principaux d'installation d'une turbine à gaz.

II.2.1 Groupes De Machines Principaux

Les groupes de machines principaux se chargent de toutes les conversions énergétiques et constituent le noyau de la centrale électrique. Ils comprennent des alternateurs à une ou plusieurs turbines à gaz.

II.2.2 Réseau & Systèmes De Distribution

Le réseau et les systèmes de distribution permettent le raccordement électrique des groupes de machines principaux au réseau électrique, permettant ainsi le transport d'énergie à l'extérieur de l'installation. Les composants du réseau et des systèmes de distribution comprennent les éléments suivants :

- ✓ Equipement de commutation couvrant les plages de 1 kV à 420 kV ou plus.
Instruments et matériel de mesure
- ✓ Répartiteurs. Panneaux et armoires décentralisés
- ✓ Transformateurs de puissance...

II.2.3 Alimentation En Combustible Et Equipement D'élimination Des Résidus

L'alimentation en combustible et l'équipement d'élimination des résidus conservent, traitent, distribuent et fournissent l'énergie d'alimentation du combustible aux groupes de machines principaux. De plus, ils évacuent, traitent et conditionnent les résidus de combustible en vue de leur élimination.

Les composants de l'alimentation en combustible liquide et de l'élimination des résidus comprennent les éléments suivants :

- ✓ Equipement de dépotage (conduite y compris). Parc de stockage. Système de pompage. Réseau de tuyauterie de distribution. Système de chauffage de l'agent.
- ✓ Système d'élimination des résidus.

II.2.4 Equipement D'instrumentation Et De Contrôle

L'équipement est chargé du fonctionnement, du contrôle et de la supervision de la totalité de l'installation à turbine à gaz. L'équipement comprend :

- Armoires pour les verrouillages de protection.
- Armoires pour la commande du groupe fonctionnel.
- Armoires pour le conditionnement de signal binaire.
- Armoires pour les systèmes de signalisation
- Armoires pour l'équipement de mesure et d'enregistrement
- Armoires d'instrumentation et de contrôle pour les groupes de machines principaux.
- Armoires pour la protection du transformateur et de l'alternateur.
- Surveillance en ligne et ordinateur de diagnostic
- Salles de contrôle principales
- Dispositifs de réglage locaux
- Systèmes d'alarme acoustiques et optiques.



Figure 2.10. Salle contrôle.

II.2.5 Systèmes Auxiliaires

Les systèmes auxiliaires supportent la centrale électrique avec des services communs. Les principaux composants des systèmes auxiliaires sont les suivants :

- Equipement de chauffage, d'aération et climatisation (HVAC)
- Alimentation en air comprimé stationnaires
- Systèmes de nettoyage stationnaires
- Systèmes d'alimentation en gaz de soudage stationnaires
- Systèmes de protection anti-feu stationnaires
- Grues, vérins fixes et appareils de convoyage
- Ateliers, entrepôts, équipement de laboratoire et installations pour le personnel à l'intérieur et à l'extérieur de zones contrôlées.

II.2.6 Machinerie Lourde

La machinerie lourde supporte l'installation électrique au moyen de services spécialisés comme l'alimentation en énergie électrique d'urgence. Les principaux composants de la machinerie lourde sont les suivants :

- Ensemble de l'alternateur à moteur diesel de secours.
- Ou un ensemble de l'alternateur à turbine à gaz d'urgence.
- Ou un ensemble de l'alternateur à moteur à gaz d'urgence

II.3 Description Du Fonctionnement

L'alimentation en énergie électrique à partir d'une installation à turbine à gaz implique l'utilisation d'une turbine à gaz, d'un alternateur, d'une excitatrice, d'une traversée pour l'alternateur, d'un disjoncteur pour l'alternateur et d'un transformateur survolteur du l'alternateur. Le rôle de chacun de ces éléments est décrit brièvement par la suite.

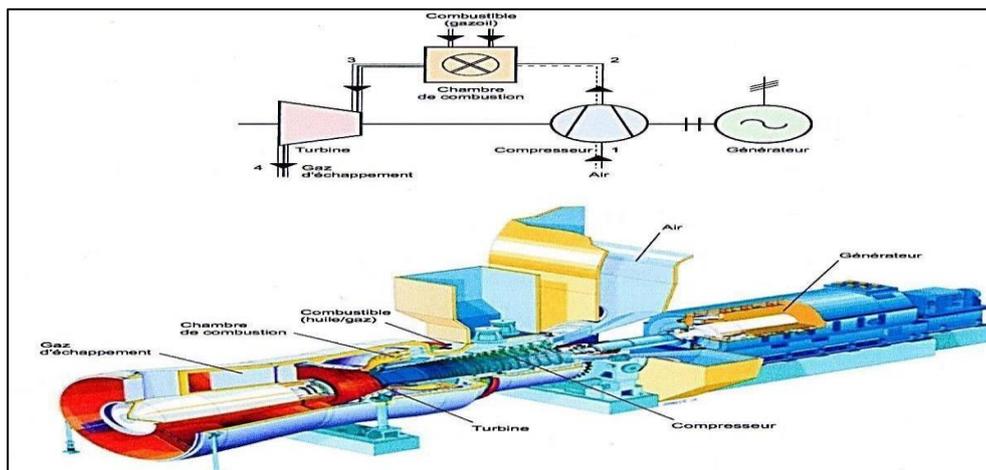


Figure 2.11. Fonctionnement de turbine à gaz.

II.3.1 Turbine A Gaz

Une turbine à gaz, ou plus exactement turbine à combustion (TAC) est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne.

Une telle turbine sert à produire soit du travail, par l'entraînement en rotation d'un arbre lui-même couplé à une machine industrielle ou à une hélice (hélicoptère ou propfan, par exemple), soit de la propulsion, par détente des gaz en sortie de turbine dans une tuyère, comme dans un turboréacteur. Les deux principes peuvent être regroupés, notamment dans un turboréacteur à double flux. La turbine à gaz est composée de 3 éléments faisant partie du processus.

II.3.1.1 Un Compresseur [28]

Le compresseur est de 21 étages de type axial, il est fixé sur le même arbre que la turbine. Il est composé d'un stator et un rotor maintenu par deux paliers, les ailettes fixées sur le stator sont dites ailettes fixes, les ailettes fixées sur le rotor sont dites ailettes mobiles. Les ailettes fixes augmentent l'énergie cinétique de l'air en augmentant sa vitesse, les ailettes fixes transforment cette énergie cinétique en pression environ 12 bars ” [11bar eff]”.



Figure 2.12. Le compresseur (vue d'extérieur) avec la vanne anti-pompement Au-dessus (en vert).

II.3.1.2 Une Chambre De Combustion

La chambre de combustion est un dispositif annulaire (circulaire) placé autour de l'arbre entre le compresseur et la turbine, elle est équipée par 72 brûleurs EV disposés circulairement sur deux rangés autour de la chambre, le processus de la combustion se produit à l'intérieur des brûleurs dans la chambre de combustion.



Figure 2.13. Chambre de combustion (Vue l'emplacement des brûleurs à travers un trou de visite.)



Figure 2.14. Système de distribution de combustible

La combustion est une réaction chimique entre l'oxygène contenu dans l'air et les composants du combustible. L'air pressurisé est fourni aux brûleurs par le compresseur à travers un diffuseur, Le combustible est fourni aussi aux brûleurs par un système de distribution de combustible. Deux allumeurs ou bougies d'allumage fournissent l'étincelle nécessaire pour la combustion en activant électriquement les torches d'allumage qui sont alimentées en propane, les allumeurs sont éteints une fois la combustion en cours.

II.3.1.3 Turbine

La turbine où se fait la détente est de 5 étages elle se compose d'un stator (le corps) sur lequel les ailettes fixes sont fixées et un rotor qui supporte les ailettes mobiles. Les ailettes fixes dirigent le gaz de la combustion vers les ailettes mobiles ou il se dilate et exerce une force de pression sur les ailettes mobiles, cette action engendre la rotation du rotor qui transmet cette énergie mécanique à l'alternateur.



Figure 2.15. Le rotor du compresseur et de la turbine sur le même arbre

II.3.1.3.1. Le Principe De Fonctionnement

La turbine convertit l'énergie chimique du combustible en énergie mécanique au niveau de l'accouplement et constitue le premier mécanisme entraînant l'alternateur. La turbine est entraînée par un gaz de combustion chaud comprimé qui fait tourner les ailettes montées sur le rotor.

Le gaz de combustion passe par la turbine avant d'être déchargé dans l'atmosphère. On le désigne alors par le terme gaz d'échappement. Le gaz de combustion entraînant la turbine est fourni par la chambre de combustion qui est une enceinte fermée et pressurisée dans laquelle de l'air et un combustible gazeux ou liquide sont continuellement brûlés.

L'air sous pression nécessaire pour la combustion est fourni par le compresseur, ce dernier étant entraîné par la turbine par l'intermédiaire d'un arbre commun. L'air se trouvant dans le compresseur est pressurisé grâce à l'aubage fixes et rotatif. Le débit du combustible passant dans la chambre de combustion est contrôlé par le réglage approprié des vannes de régulation qui peuvent être placées sur n'importe quelle position entre la position entièrement ouverte et entièrement fermée.

II.3.2 Alternateur

L'alternateur est la machine entraînée qui convertit l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique. Il est constitué d'une partie fixe appelée stator et d'une partie mobile appelée rotor. Ce dernier est couplé au rotor de la turbine directement.



Figure 2.16. L'alternateur (vue d'extérieur).[28][29]

II.3.2.1 Partie Mobile

Le **rotor** est un aimant qui crée un champ magnétique rotatif dans la machine grâce à l'excitation de l'enroulement de champ, ce dernier étant souvent appelé l'enroulement du rotor pour faciliter la compréhension. Il est nécessaire d'ajuster l'intensité du champ magnétique en fonction de la charge électrique du l'alternateur pour maintenir la synchronisation entre l'alternateur et le réseau et pour que la tension de l'alternateur et la puissance réactive fournie au réseau soient comprises dans des limites définies.

Pour cela, un courant direct (appelé courant d'excitation) doit passer dans l'enroulement de champ du rotor. Le courant d'excitation est à son tour contrôlé par l'équipement de régulation automatique de tension (automatique voltage régulation, AVR) qui commande la tension aux bornes d'alternateur et le flux de puissance réactive vers le réseau.

II.3.2.2 Partie Fixe

Le **stator** contient des enroulements fixes dans lesquels le champ magnétique rotatif induit une tension alternative.

II.3.3 Excitatrice

L'excitatrice fournit le courant direct (CD) pour l'enroulement du champ magnétique rotatif de l'alternateur. Deux types d'excitatrice sont utilisés, le type statique et le type sans balais. Leur fonction est la même.

II.3.4 Gains Coaxiales De L'alternateur

Les gains coaxiales de l'alternateur fournissent la connexion permettant de délivrer l'énergie électrique de l'alternateur vers l'extérieur.

Les gains coaxiales sont montées sur le boîtier du stator de l'alternateur et elles reçoivent la haute tension délivrée par les enroulements du stator.

II.3.5 Disjoncteur Du Groupe

Le disjoncteur de l'alternateur représente la connexion électrique entre les traversées de l'alternateur et le transformateur survolteur.



Figure 2.17. Disjoncteurs à bain d'huile



Figure 2.18. Deux disjoncteurs

II.3.6 Transformateur De Puissance

Le transformateur de puissance est utilisé pour adapter la tension de sortie de l'alternateur à la tension du réseau.

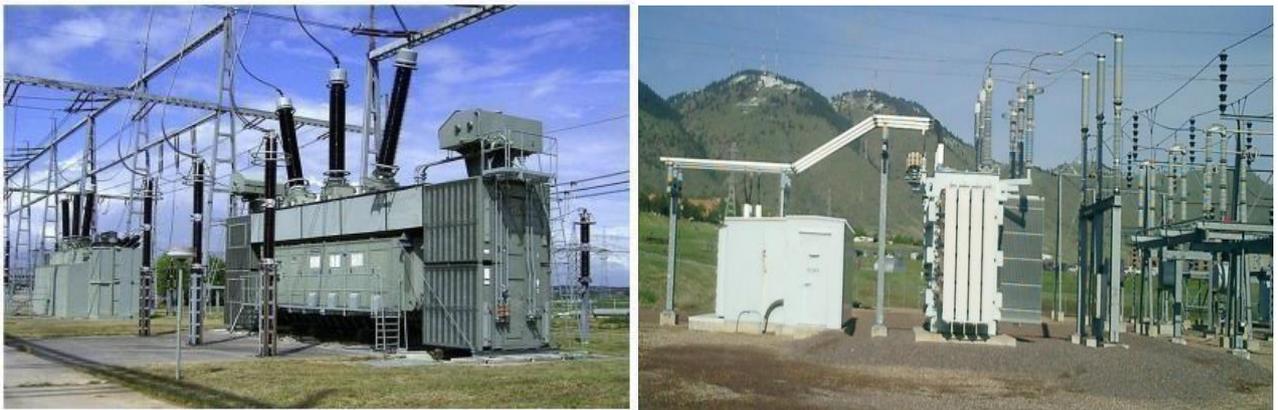


Figure 2.19. Transformateur de puissance dans un poste électrique.

NB :

Les Postes Electriques

Les postes électriques sont les nœuds du réseau électrique. Ce sont les points de connexion des lignes électriques. Les postes des réseaux électriques peuvent avoir deux finalités

L'interconnexion

Entre les lignes de même niveau de tension : cela permet de répartir l'énergie sur les différentes lignes issues du poste ;

La transformation de l'énergie

Les transformateurs permettent de passer d'un niveau de tension à un autre.

De plus, les postes électriques assurent des fonctions stratégiques : assurer la protection du réseau : un système complexe de protection permet qu'un défaut sur un seul ouvrage n'entraîne pas la mise hors tension de nombreux ouvrages, ce qui risquerait de mettre une vaste zone hors tension. Cette protection est assurée par des capteurs qui fournissent une image de la tension et du courant à des relais de protection, lesquels élaborent des ordres de déclenchement à destination des disjoncteurs. [29]



Figure 2.20. Poste électrique.

II.4 Arrangement Et Equipement Typique De La Centrale Electrique A Turbine A Gaz

Le concept modulaire de l'installation à turbine à gaz permet de remplir les exigences variées des différents clients.

Ainsi, une installation à l'extérieur est possible, de même qu'une installation à l'intérieur. Une installation intérieure typique d'une unité est illustrée sur 'Figure II.21' qui montre l'équipement nécessaire pour faire fonctionner une installation à turbine à gaz. Tous les articles illustrés sur la figure sont brièvement décrits ci-dessous.

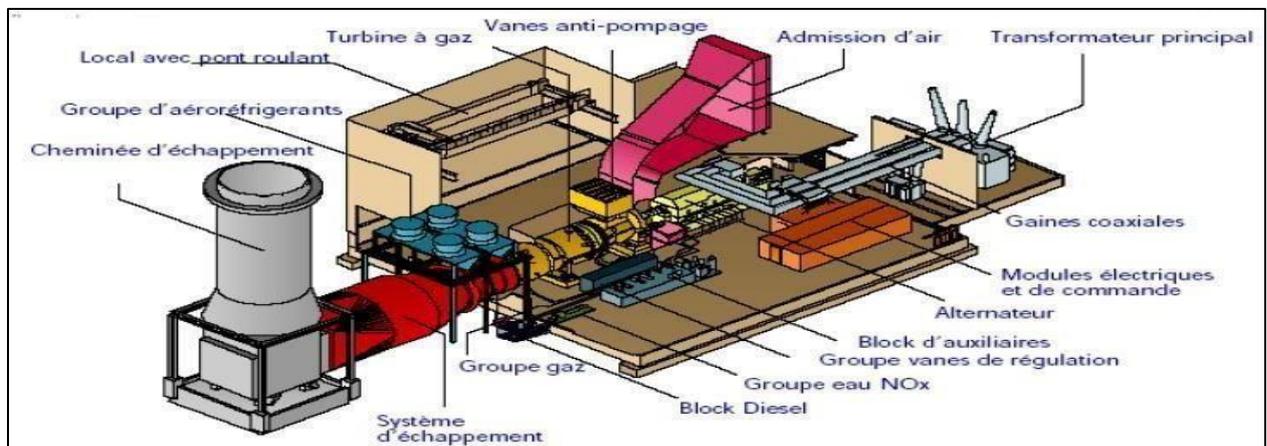


Figure 2.21. L'équipement nécessaire pour une installation de turbine à gaz

II.4.1 Système D'admission D'air

Le système d'admission d'air est le composant de départ dans le cycle thermique de la turbine à gaz. Son rôle est de fournir de l'air pur au compresseur. Il comprend un boîtier, des filtres et un silencieux.



Figure 2.22. Compartiment d'aspiration d'air (vue d'extérieur).



Figure 2.23. Silencieux.



Figure 2.24. Filtres d'air.

II.4.2 Système D'échappement

Le système d'échappement optimise le flux de gaz d'échappement entre la turbine et la cheminée d'échappement. Il comprend un tube cylindrique, horizontal isolé et son support.

II.4.3 Groupe De L'alternateur

Le groupe alternateur est le composant principal de la partie électrique de l'installation à turbine à gaz. Ses composants principaux sont l'alternateur et l'excitatrice. Il convertit l'énergie mécanique du groupe thermique en énergie électrique.

II.4.4 Transformateur Principal

Le transformateur principal ou de puissance est le composant central du réseau et des systèmes de distribution. Il adapte la tension de sortie de l'alternateur à la tension du réseau et établit la connexion électrique entre ces deux éléments. Il comprend un boîtier, un noyau électromagnétique, un système de refroidissement et des traversées de connexion.



Figure 2.25. Transformateur principal.

II.4.5 Groupe D'auxiliaires [30]

Le groupe auxiliaire est un composant auxiliaire de la turbine à gaz chargé du stockage d'un fluide unique utilisé comme huile de lubrification, huile de commande, huile de soulèvement et huile de virage. Ses composants principaux sont un réservoir, des pompes, des filtres et de la tuyauterie.



Figure 2.26. Pompe à l'huile de graissage.

II.4.6 Groupe Eau NOx

Le groupe eau NOx est un composant auxiliaire de la turbine à gaz. Il est chargé d'injecter de l'eau dans la chambre de combustion lorsque le gasoil est brûlé pour réduire l'émission de l'oxyde d'azote polluant (NOx). Il comprend la vanne d'arrêt principale, la pompe d'injection de l'eau et la valve d'écoulement minimal d'eau.

II.4.7 Groupe Vannes De Régulation

Le groupe de vannes de régulation est un composant auxiliaire comprenant les différentes vannes de régulation hydrauliques et pneumatiques. Ce groupe est constitué des composants de contrôle des systèmes de combustible, du système des vannes anti-pompage du compresseur, du système de combustible d'allumage, du système d'huile motrice, du système de commande des ailettes directeur d'entrée variable (VIGV) et du système d'eau.

II.4.8 Groupe D'aéroréfrigérants

Le groupe d'aéroréfrigérant est un composant auxiliaire contenant les échangeurs de chaleur ou aéroréfrigérants permettant de refroidir l'eau utilisée pour refroidir l'huile de lubrification pour la turbine à gaz et l'alternateur.

II.4.9 Modules Electriques Et de Commande [30]

Les modules électriques et de commande sont les composants de l'équipement d'instrumentation et de contrôle et ont la même fonction que la station de contrôle locale de la centrale électrique. Ils contiennent les éléments suivants :

- Un dispositif de démarrage statique, également appelé convertisseur de fréquence statique v Des batteries et des chargeurs de batterie.
 - ✓ Un régulateur de tension automatique (AVR).
 - ✓ Un équipement de synchronisation et de mesure.
 - ✓ Un équipement de protection de l'alternateur.
 - ✓ Une alimentation continue en énergie électrique (un interruptible power supply, UPS).
 - ✓ Un tableau de commande auxiliaire.
 - ✓ Un tableau d'éclairage.
 - ✓ Un équipement de traitement du signal analogique et numérique.
 - ✓ Un équipement de contrôle et de protection automatisé Egatrol.

II.5 Caractéristiques Techniques [30]

Les caractéristiques techniques de l'installation à turbine à gaz sont généralement fournies pour les catégories mentionnées ci-dessous.

- **La puissance électrique fournie brute** : est la puissance électrique délivrée par l'alternateur, mesurée au niveau des traversées de ce dernier. L'unité usuelle de la puissance électrique fournie est le mégawatt (MW).
- **Le rendement brut** : est le quotient de la puissance électrique fournie et de la puissance d'entrée du combustible. Ce rendement est toujours inférieur à 1 et s'exprime en pourcentages (%). Il n'a pas d'unité.
- **La consommation spécifique** : est la valeur inverse du rendement brut. Il représente la quantité d'énergie calorifique nécessaire pour produire une unité d'énergie électrique, L'unité usuelle est kJ / kWh
- **La fréquence** : est la vitesse de répétition d'un phénomène périodique. Dans une installation à turbine à gaz, elle s'applique au courant alternatif de l'alternateur. L'unité usuelle de la fréquence est l'Hertz (Hz).
- **Emissions NOx** : le processus de combustion d'air et de combustible produit des substances polluantes, appelées émissions de gaz d'échappement. Parmi ces émissions, l'une des plus dangereuses est l'oxyde d'azote (NOx), quantifié en parties par million (ppm).

II.6 traitements des contenus

Dans ce troisième chapitre, j'ai traité les détails les plus importants contenus dans la société de production d'électricité à Relizane « SPE » à partir de différentes explications des fonctions de l'équipement de l'entreprise pour compléter le processus de production d'électricité, qui à son tour l'envoie à une entreprise spécialisée dans le transport, et cette dernière l'envoie à une entreprise spécialisée dans la distribution au profit des clients consommateurs qui ont besoin d'électricité.

Cela ne signifie pas que la société de production n'utilise pas son énergie, mais prend plutôt de la valeur pour gérer ses équipements, ce qui est mentionné ci-dessus, et tout cela se fait selon les critères de base utilisés dans le transport, qui sont la même fréquence, la même amplitude et le même déphasage, et dans le cas où l'un de ces éléments diffère, le processus de transmission n'a pas lieu.

CONCLUSION

Dans la période de découverte et de développement des compétences obtenues à partir de longues études qui ont apporté des avantages scientifiques et autres. Cette acquisition d'informations insistait sur l'augmentation de la recherche, car tout comme la philosophie signifie l'amour de la sagesse, la connaissance est une mer sans fin.

La période d'essai que j'ai effectuée à la société de production d'électricité, située à Relizane, nous a permis de connaître le principe de fonctionnement des différents équipements et outils utilisés dans la production de courant électrique tels que : transformateurs, moteurs, générateurs...

Le réseau de production de Relizane après la production d'énergie et son passage par plusieurs étapes pour atteindre le transformateur principal a pour objet de s'adapter au réseau national « c'est-à-dire la compatibilité dans des conditions de transmission à la même fréquence 50 Hz, la même amplitude 220 kV et le même angle (déphasage) environ 0 degrés. Ensuite, versez-le jusqu'aux sociétés de transport et de distribution à travers des étapes dédiées à chaque entreprise

CHAPITRE III :
Etat de lieu et mise en place
des modules de l'OPEX

Etat des lieux

Introduction

L'électricité, issue de diverses sources d'énergie, qu'elles soient fossiles (gaz, charbon, pétrole, ...) ou renouvelables (eau, soleil, biomasse, ...), ainsi que nucléaire, est un facteur essentiel du développement économique dans tous les pays du monde. Son importance relative augmente avec les progrès techniques, l'industrialisation et le besoin de confort moderne. Une augmentation de sa production est synonyme d'amélioration de la qualité de vie et de création de richesse. La production d'électricité par habitant constitue un bon indicateur des disparités de développement entre les différentes régions du monde.

Aussi la mission de la Société Algérienne de production de L'Electricité (SPE) consiste à produire de l'électricité à partir de sources hydrauliques répondant aux exigences de disponibilité, fiabilité, sécurité et protection de l'environnement. Elle est également chargée de la commercialisation de l'électricité produite. La centrale de RELIZANE est une usine de production d'énergie électrique a trois groupes TG ; Le site de la centrale électrique de RELIZANE 3*155 MW.

III.1. Description Du Fonctionnement

L'alimentation en énergie électrique à partir d'une installation à turbine à gaz implique l'utilisation d'une turbine à gaz, d'un alternateur, d'une excitatrice, d'une traversée pour l'alternateur, d'un disjoncteur pour l'alternateur et d'un transformateur survolteur du l'alternateur. Le rôle de chacun de ces éléments est décrit brièvement par la suite.

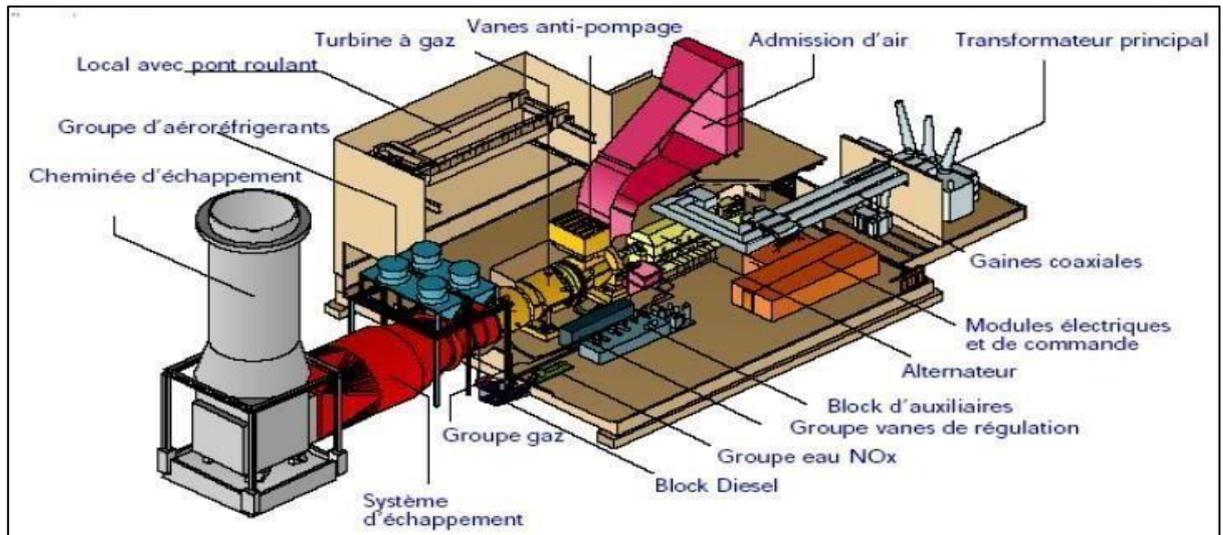


Figure 3.1. Les équipements nécessaires pour une turbine à Gaz (Groupe) ALSTROM GT13E2

Ce chapitre est fractionné en trois sections, organisées comme suit

- La première section est l'analyse de la société de production existant. Cette analyse nous a aidé à identifier les types des pertes ; en outre, le deuxième passage contient l'analyse du taux de rendement synthétique, l'un des indicateurs clés du projet. Bien entendu, la mesure et l'analyse de celui-ci nous aideront à voir les principales sources de perte de valeur.
- Dans la seconde partie, une importance particulière est accordée à l'application des modules de l'excellence opérationnelle pour les deux projets :
 - ✓ **Améliore de fonctionnement des compresseur ATLAS-COPCO et la Station Déminéralisée pour la performance et la disponibilité** par dépoulement de la méthode SMED dans l'ordonnancement de la démarche DMAIC.
 - ✓ **Réduire le temps des arrêts** par l'utilisation du module d'équilibrage de ligne de production (**Lean Manufacturing**) et l'approche **Bottom-up**.
- La dernière partie est consacrée pour l'interprétation des résultats et les calculs des gains après l'amélioration.

III.I.1 Diagnostique et analyse l'existant

Un diagnostic de l'existant de la centrale électrique est nécessaire en premier lieu pour entamer le plan d'amélioration, après avoir étudié le processus de production de la société. Ensuite, les pertes doivent être détectées, et un plan d'action conçu pour supprimer les mudas identifiés, ce qui améliorera le taux de rendement synthétique de la ligne de production.

III.I.2 Les sources pannes

Premièrement, Les compresseurs sont des machines essentielles dans des nombreuses industries, permettant de comprimer l'air et de le fournir à différentes applications. Cependant, ces compresseurs peuvent subir des pertes mécaniques, thermiques et aérodynamiques qui réduisent leur efficacité. Cette introduction vous aidera à mieux comprendre les sources de ces pertes et les techniques pour les réduire, afin d'optimiser le fonctionnement de vos compresseurs (Atlas COPCO).

Deuxièmement, La station déminéralisée est un site équipé pour éliminer les minéraux de l'eau utilisée dans le processus. Cela garantit un fonctionnement optimal de la turbine en réduisant l'accumulation de dépôts minéraux qui pourraient entraver son efficacité, de meilleure performance et une durée de vie prolongée de l'équipement.

Cependant, la station possible inclue des problèmes de filtration, des défaillances du système de traitement de l'eau ou des interruptions de l'alimentation électrique.

III.I.3. Définition des pertes

- 1. Les pertes dans un compresseur**, se définissent comme toute l'énergie qui n'est pas convertie en énergie de compression de l'air. Ces pertes se manifestent sous différentes formes, notamment des pertes mécaniques dues aux frottements, des pertes thermiques liées à la chaleur générée pendant la compression, et des pertes aérodynamiques causées par la résistance de l'air lors de son passage à travers le compresseur.

Chacune de ces sources de pertes à un impact significatif sur l'efficacité globale du compresseur, et il est essentiel de les comprendre et de les minimiser pour optimiser les performances de votre équipement Atlas COPCO.



Figure3.2. Équipement Atlas COPCO.

Les Pertes	Priorité
<i>Sources de pertes Mécaniques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Frottements au niveau des paliers et des roulements.</i> • <i>Frottements entre les pièces mobiles, comme les pistons et les cylindres.</i> • <i>Pertes d'énergie dues à l'entraînement mécanique du compresseur (moteur, courroies, engrenages, etc.).</i>
<i>Sources de pertes Thermiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>De la chaleur générée par la compression de l'air, qui entraîne une augmentation de la température.</i> • <i>Des fuites de chaleur à travers les parois du compresseur.</i> • <i>Des échanges thermiques avec l'environnement extérieur.</i>
<i>Sources de pertes Aérodynamiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>À la résistance de l'air lors de son passage à travers les conduits d'admission et de refoulement.</i> • <i>Aux turbulences et aux phénomènes de décollement de l'air dans les roues du compresseur.</i> • <i>Aux fuites d'air entre les différentes parties du compresseur.</i>

2. Défaillances sur la station déminéralisée

Défaillances	Priorité
Détérioration du rendement de la turbine	<i>Les propriétés de refroidissement supérieures de l'eau déminéralisée améliorent les performances de la turbine et le rendement énergétique.</i>
Coûts d'entretien élevés	<i>La prévention de la corrosion et des dépôts prolonge la durée de vie des composants de la turbine, réduisant ainsi les coûts de réparation et de remplacement.</i>
Faible fiabilité	<i>Une qualité d'eau constante et un refroidissement efficace contribuent à garantir le fonctionnement de la turbine à gaz sans arrêts inattendus.</i>

III.2.1. Analyse de l'indicateur TRS de la production

Avant de commencer une amélioration ciblée il est essentiel de calculer le TRS et quantifier les pertes avant toute amélioration, car le Taux de Rendement Synthétique est la meilleure mesure pour identifier les pertes, évaluer les progrès et améliorer la productivité des équipements de production.

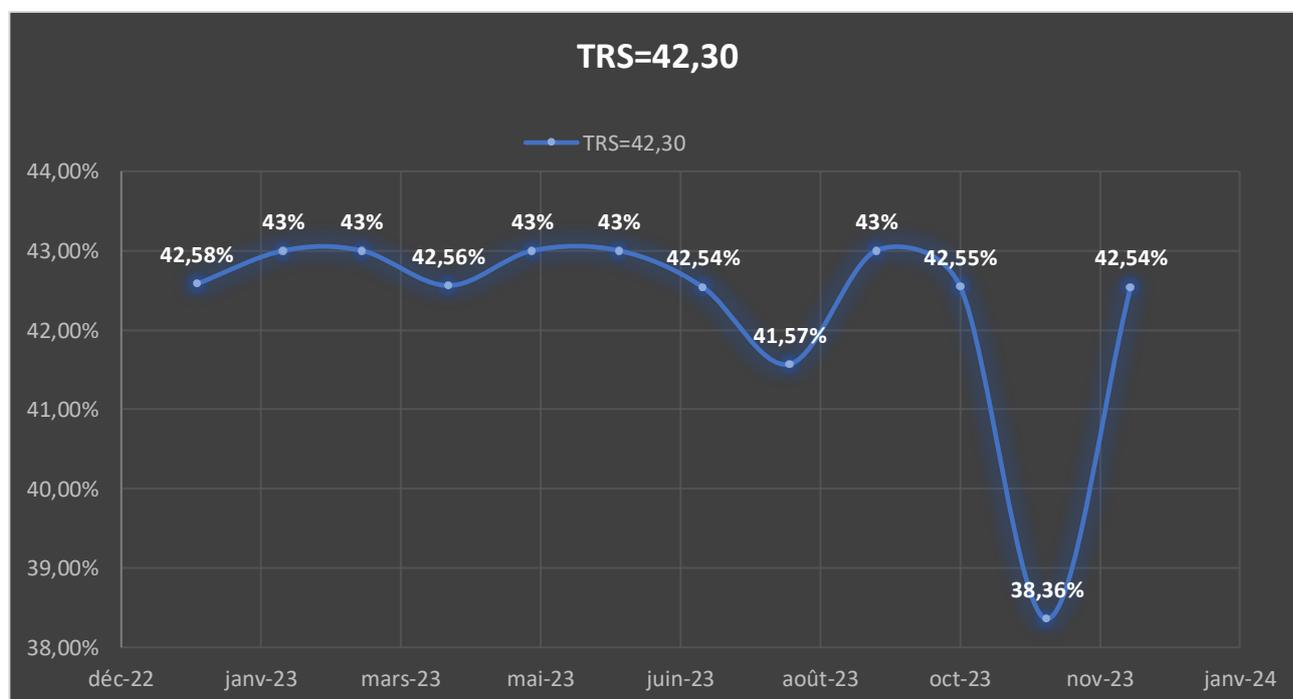


Figure.3.3. Suivi de TRS de la ligne de production

Sur le suivi ci-dessus, nous remarquons de manière générale que le TRS n'est pas stable, il y a une variation mensuelle pendant la période de (12 Mois). La valeur de Taux de rendement synthétique est de 43%, alors il est moyennement bon, mais cela n'empêche pas de l'améliorer en agissant sur le composant qui cause plus de pertes.

Donc la recherche des causes des pertes de productivité, c'est-à-dire des écarts entre la production réalisée et la production planifiée conduit à identifier les facteurs influents. Pour augmenter la productivité il faut donc éliminer ou réduire toutes les pertes liées à ces différents facteurs non productifs.

Pour cela on détermine les catégories de pertes qui influencent sur les 3 facteurs de base de TRS

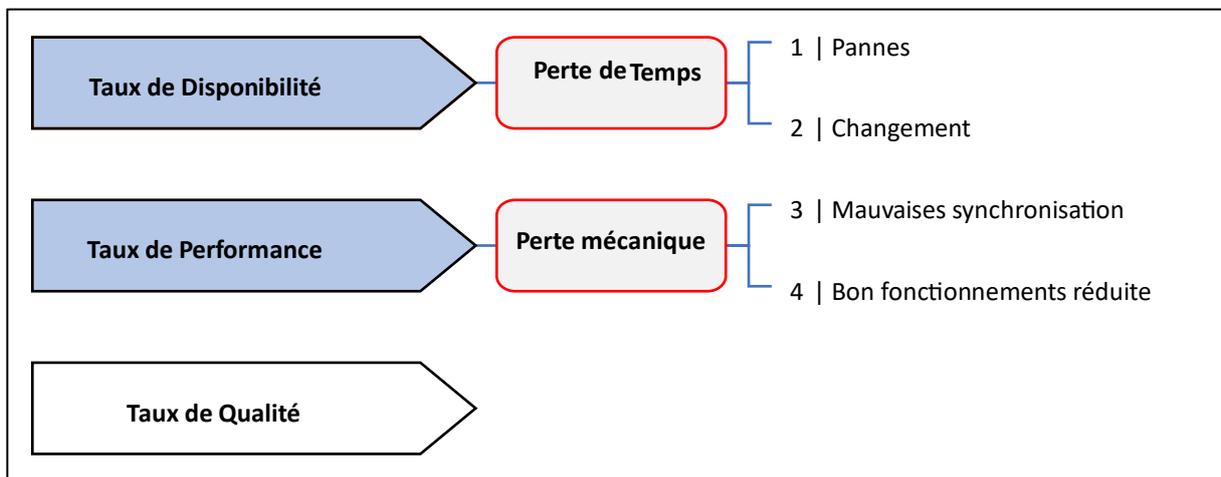


Figure 3. 4. Les grands catégories de pertes sur TRS

On a analysé et quantifié d'après un diagramme d'arbre les pertes de Deux mois (aout et novembre 2023).

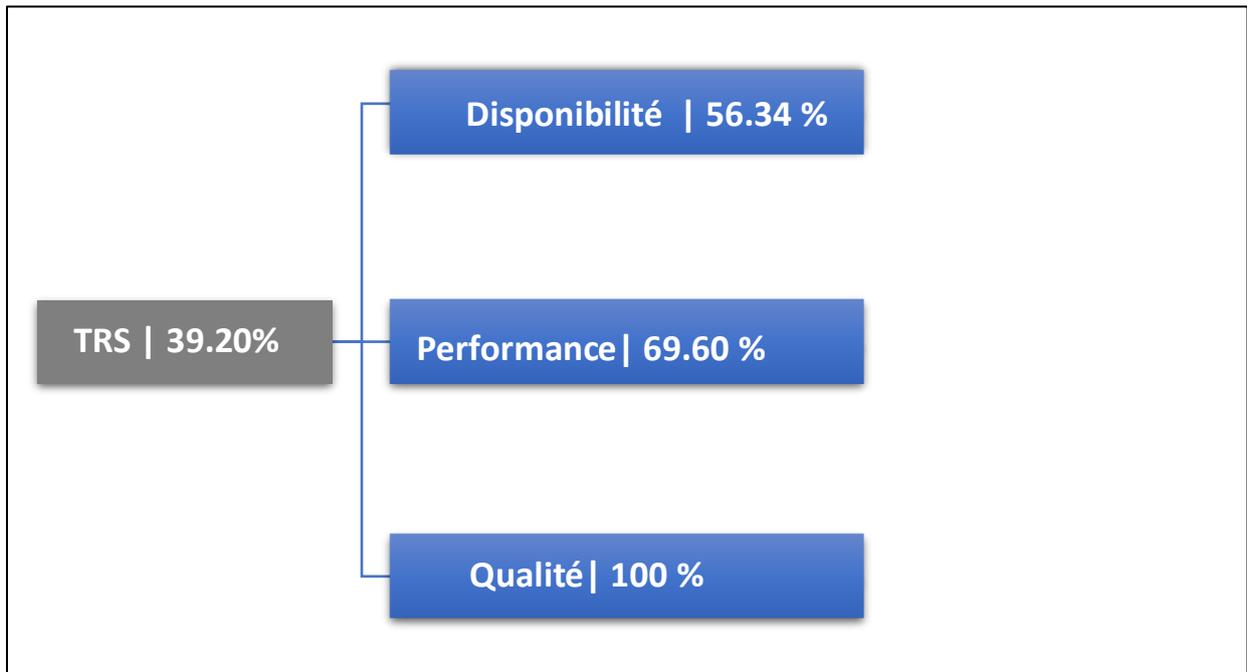


Figure 3. 5. La Moyenne de TRS pendant les 2 mois (Aout et Novembre)

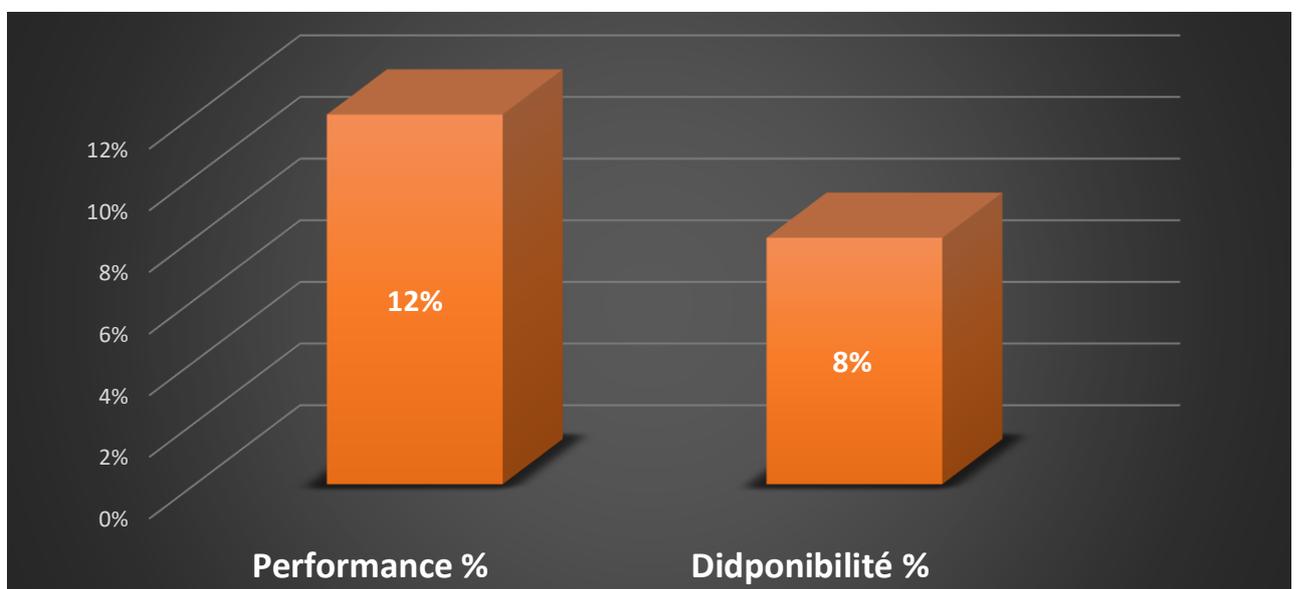


Figure3.6. Répartition de Non-TRS de la production

Le graphique ci-dessus représente la répartition de Non-TRS de la production sur la période d'Aout 2023 et Novembre 2023. Alors il est clair que taux de rondement synthétique est impacté par le taux de performance et le taux de disponibilité, donc l'étude d'amélioration TRS portera principalement sur l'amélioration de ces taux.

A partir de diagramme d'arbre, la Performance et la Disponibilité non productive est décrite par 2 pertes : perte de Temps et celle des mécaniques, cette dernière n'est pas identifiable et difficile à quantifier donc l'entreprise la prend aussi comme une perte de Performance.

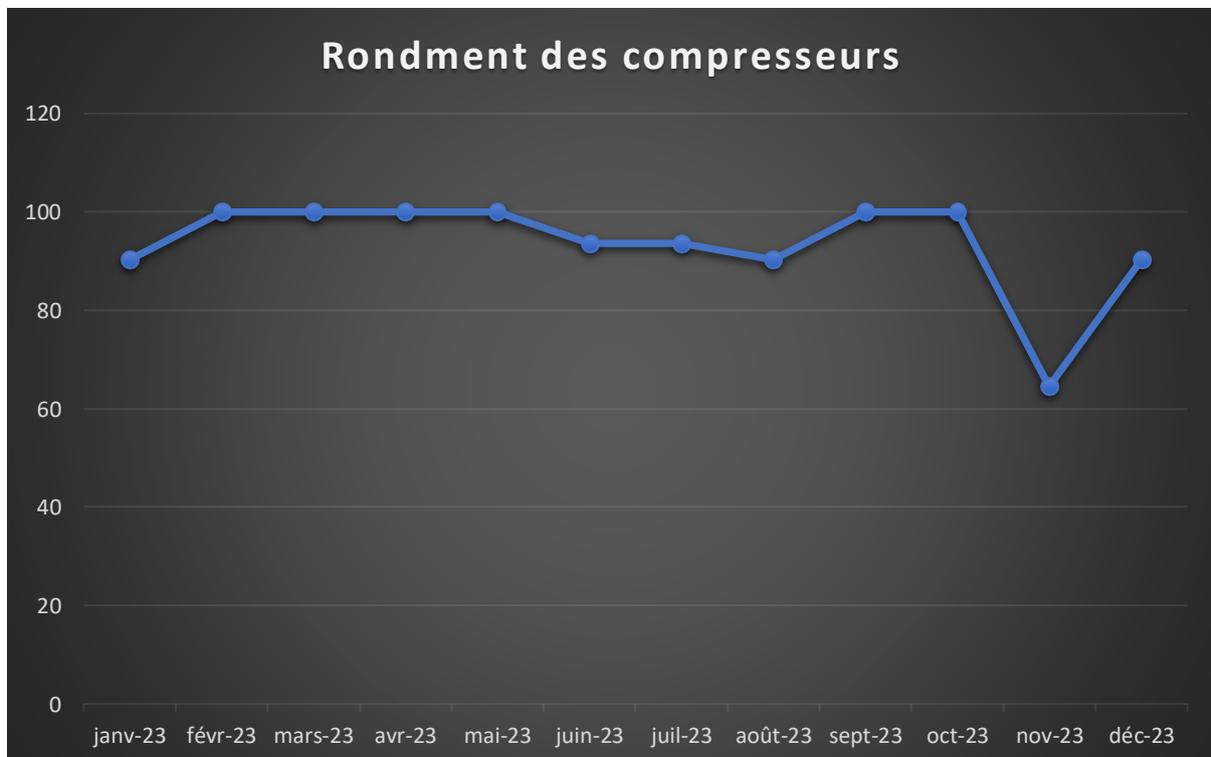


Figure3. 7. Le rondement de Disponibilité des compresseurs

D'après le Graphique III.3 et le Graphique III.1 en remarquant pendant la période du mois d'Novembre, que la Disponibilité du compresseur ATLAS COPCO elle a une relation directe avec le TRS, car Le compresseur est un élément essentiel du processus de production d'électricité par turbine à gaz, responsable de l'augmentation de la pression et de la densité de l'air entrant. Son fonctionnement efficace est crucial pour les performances et l'efficacité

globales du système de turbine à gaz. En comprenant les principes de conception et de fonctionnement du compresseur, ainsi que les facteurs qui influencent ses performances, les ingénieurs et les opérateurs peuvent optimiser l'efficacité du compresseur et, par conséquent, améliorer l'efficacité globale et la puissance de sortie de la turbine à gaz. Un entretien et un Dépannages appropriés du compresseur sont également essentiels pour garantir le fonctionnement fiable et à long terme de la centrale électrique à turbine à gaz.

	A	B	C	D	E
1		Desc. Interv.	Priorité		
2	05/08/2023	Alarme température élevé du compresseur d'air N 02	Moyenne: Dégradation des performances		
3	10/08/2023	Alarme température élevé du compresseur d'air N 02	Moyenne: Dégradation des performances		
4	24/08/2023	Alarme température élevé sur compresseur d'air N°01 (90QFA10)	Moyenne: Dégradation des performances		
5	10/11/2023	voir pourquoi les trois compresseur esclaves (1,2,3,) ne demmarre pas en	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la disponibilité		
6	10/11/2023	- bruit anormale au niveau du compresseur .	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la disponibilité		
7	11/11/2023	Elimination bruit au niveau moteur.	Faible: Travaux ordinaires		
8	14/11/2023	Alarme température élevé du compresseur d'air N 02	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la disponibilité		
9	14/11/2023	Soupape de purge de separateur d'eau 90QFA10AT007 détérioré.	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la disponibilité		
10	15/11/2023	Soupape de purge de separateur d'eau 90QFA10AT006 détérioré.	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la disponibilité		
11	15/11/2023	Changement d'huile du compresseur d'air après la révision du compresseur	Faible: Travaux ordinaires		
12	17/11/2023	Fuite d'air au niveau du compresseur d'air N03	Moyenne: Dégradation des performances		
13	18/11/2023	Fuite d'air au niveau du compresseur d'air N02	Moyenne: Dégradation des performances		
14	19/11/2023	Fuite d'huile au niveau de la soudure du réservoir d'huile	Moyenne: Dégradation des performances		
15	20/11/2023	fuite d'air au niveau de sécheur N°01	Moyenne: Dégradation des performances		

Figure3.8. Les pertes de mois d'Novembre et aout aux niveaux de compresseur

	A	B	C	D
1	Date déclaration	Priorité	Desc. Interv.	
2	14/09/2023 04:10	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la sécurité, l'environnement et/ou la disponibilité	pompe vide fut de la station déminée en défaut	
3	15/09/2023 12:00	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la sécurité, l'environnement et/ou la disponibilité	fuite d'air importante au niveau du chemin de cable coté dégazeur de la station déminée	
4	16/09/2023 01:00	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la sécurité, l'environnement et/ou la disponibilité	Percement et fuite d'eau au niveau du tamis d'alim osmose inverse KKS 90GHA50AT101.	
5	17/09/2023 16:00	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la sécurité, l'environnement et/ou la disponibilité	Défaut extracteurs au niveau locale pompes doseuses dans la station déminée	
6	18/09/2023 10:40	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la sécurité, l'environnement et/ou la disponibilité	Détecteur de débit produit acide chlorhydrique Protection marche à vide pompe d'acide	
7	19/09/2023 09:40	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la sécurité, l'environnement et/ou la disponibilité	mise en marche de la 2eme pompe doseuse du produit chimique flocculant.	
8	20/09/2023 09:10	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la sécurité, l'environnement et/ou la disponibilité	fuite d'air importante au niveau du chemin de cable coté dégazeur de la station déminée	
9	21/09/2023 03:30	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la sécurité, l'environnement et/ou la disponibilité	Détecteur de débit produit acide chlorhydrique Protection marche à vide pompe d'acide	
10	22/09/2023 13:10	Elevée: Effet potentiel ou immédiat sur la sécurité, l'environnement et/ou la disponibilité	pompe vide fut de la station déminée en défaut	
11				

Figure3.9. Les pertes de mois de septembre aux niveaux de La Station Déminéralisée

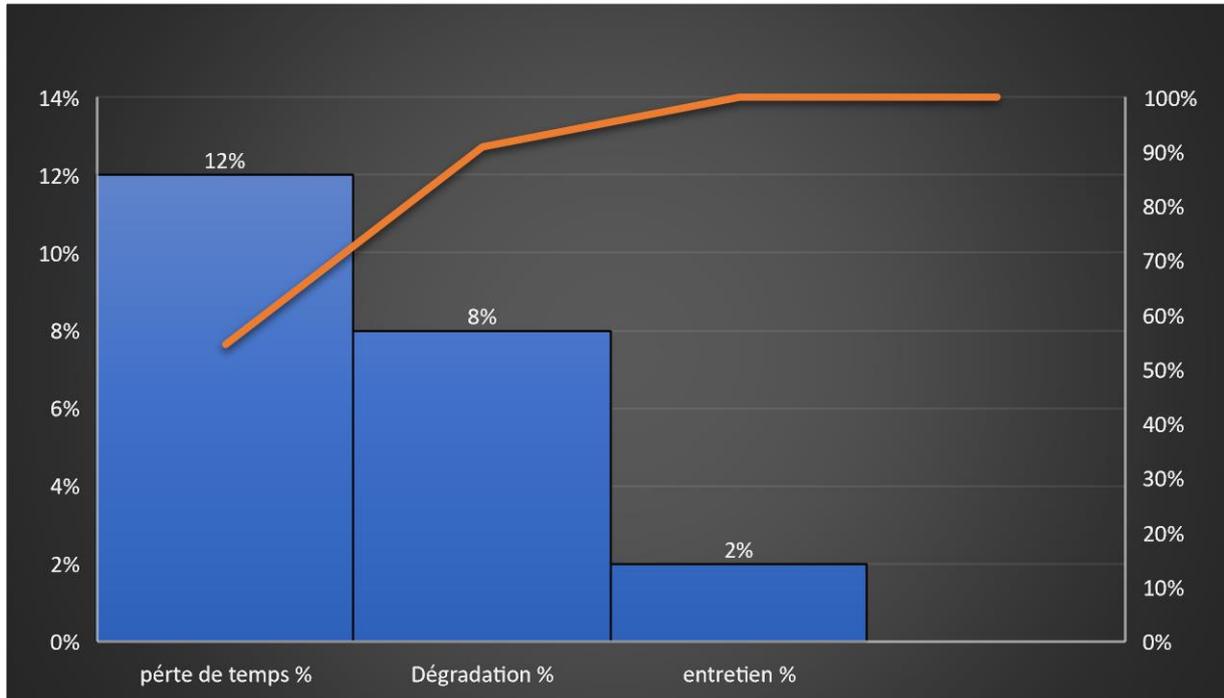


Figure3.10. Diagramme de Pareto des Pertes du TRS

Ce diagramme ci-dessus nous a permis de prioriser les pertes à traiter grâce à la ligne de cumul. Le pourcentage cumulé de la **perte de Temps** et du **Dégradation de Performance** s'élève à 86%.

Section 2 : Mise en place des modules de l'excellence opérationnelle OPEX

Après avoir identifié les anomalies de la ligne de production, il est impératif de mettre en œuvre des mécanismes d'amélioration pour éliminer ces pertes et accroître la productivité. Cela nécessite l'engagement de toute l'équipe et une résolution rapide des problèmes rencontrés. Dans notre étude, nous avons sélectionné deux projets d'amélioration consistant à mettre en place des modules d'excellence opérationnelle (OPEX) visant à éliminer les pertes identifiées afin d'améliorer le TRS de la production.

Le projet	Ligne de production	Type de perte
Amélioration du Taux de Performance	Lean Manufacturing	Pertes aux niveaux de fonctionnement de compresseur et la Station Déminéralisée
Optimisation du Taux de la Disponibilité	Période de fonctionnements	Le Temps des Arrêts

Les projets d'amélioration sélectionnés

III.3.1 Projet : Amélioration du taux de performance et Optimisation du Taux de la Disponibilité

Les Pertes aux niveaux de fonctionnement des compresseurs et la Station Déminéralisée sont :

➤ *Le Surchauffe du compresseur et le Risque accru de Défaillance de la station déminéralisée*

La température extérieure élevée sur les compresseurs peut entraîner une augmentation de la température de fonctionnement du compresseur ; ce qui peut réduire son efficacité et augmenter la consommation d'énergie, Cependant, le risque accru de défaillance de la station déminéralisée entraîner des temps d'arrêt non planifiés de la centrale électrique et des coûts de réparation importants.

*L'identification des objectifs clés de l'approche de ligne de production et
L'ordonnancement de la démarche DMAIC*

1. Pour les compresseurs

Solutions	Description
Planification de l'entretien préventif	Programmation régulière d'inspections et de maintenances pour éviter les pannes imprévues.
Installation d'un système de refroidissement efficace	Mise en place de dispositifs pour maintenir la température du compresseur dans des limites sûres.
Utilisation de lubrifiants de haute qualité	Application de lubrifiants adaptés et remplacement régulier des filtres pour assurer le bon fonctionnement.
Formation du personnel	Sensibilisation sur les bonnes pratiques d'exploitation et d'entretien pour minimiser les risques.
Surveillance continue des performances	Utilisation de logiciels de gestion des actifs pour détecter les tendances et prendre des mesures correctives.
Investissement dans des technologies de pointe	Adoption de technologies pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les besoins en entretien.

De plus, des mesures pour atténuer l'impact de la chaleur extérieure, telles que l'amélioration de la ventilation ou l'installation de systèmes de refroidissement supplémentaires, peuvent également être envisagées

2. Pour la station déminéralisée

Solutions	Description
Identifier la source de la fuite	Cela pourrait être dû à des joints défectueux, des tuyaux endommagés ou d'autres composants défectueux.
Réparer ou remplacer les composants défectueux	Une fois la source de la fuite identifiée, procédez à la réparation ou au remplacement des pièces nécessaires.
Effectuer un entretien régulier	Assurer la vérification et le remplacement périodiques des joints, le nettoyage des filtres et des tuyaux, et la surveillance de l'état général de la station déminéralisée.

Il est également recommandé de consulter les manuels d'utilisation de la turbine à gaz et de la station déminéralisée pour des instructions spécifiques sur l'entretien et le dépannage. Si nécessaire, faites appel à des professionnels qualifiés pour effectuer les réparations et l'entretien.

III.3.2 Pour réduire le temps en vas utiliser ; L'approche Bottom Up

L'approche Bottom-up est une méthode où l'on commence par examiner les détails ou les éléments spécifiques pour ensuite en déduire les modèles ou les conclusions générales.

Alors nous avons appliqué cette approche sur les Compresseurs et la station de Déminéralisée.

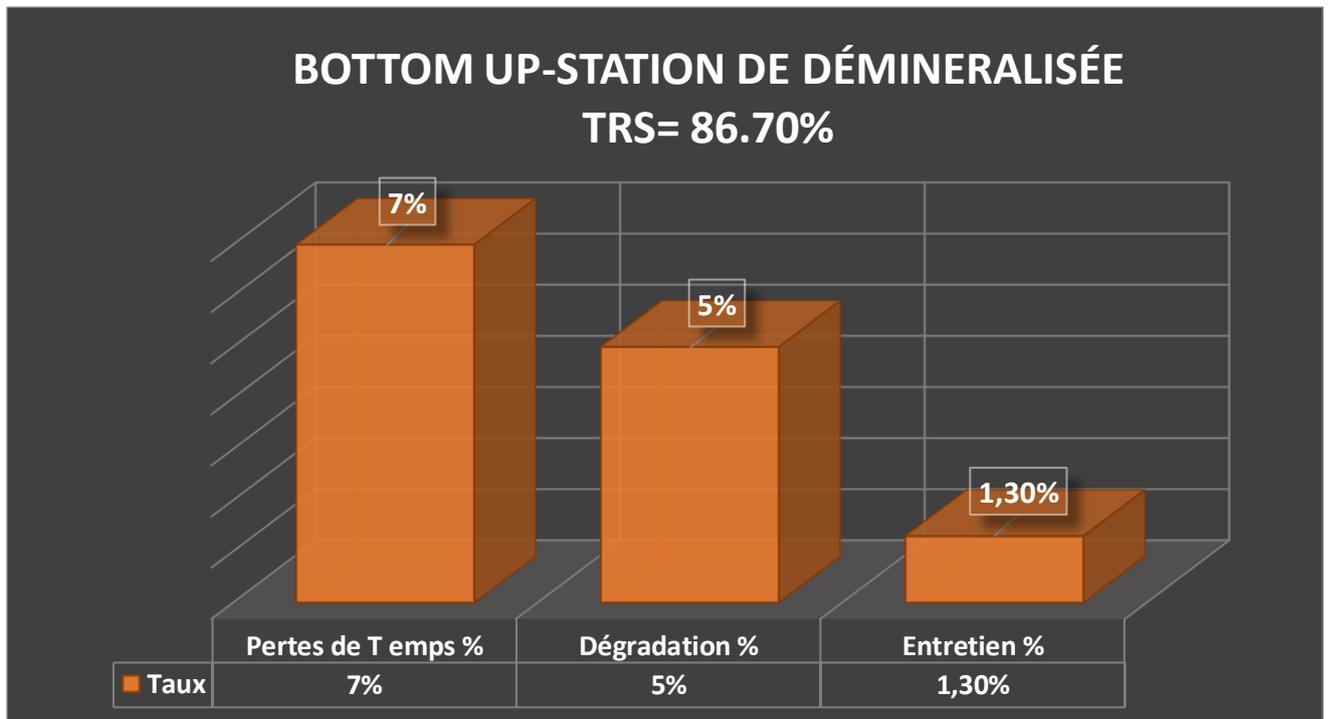


Figure3.11. BOTTOM UP station de déminéralisée

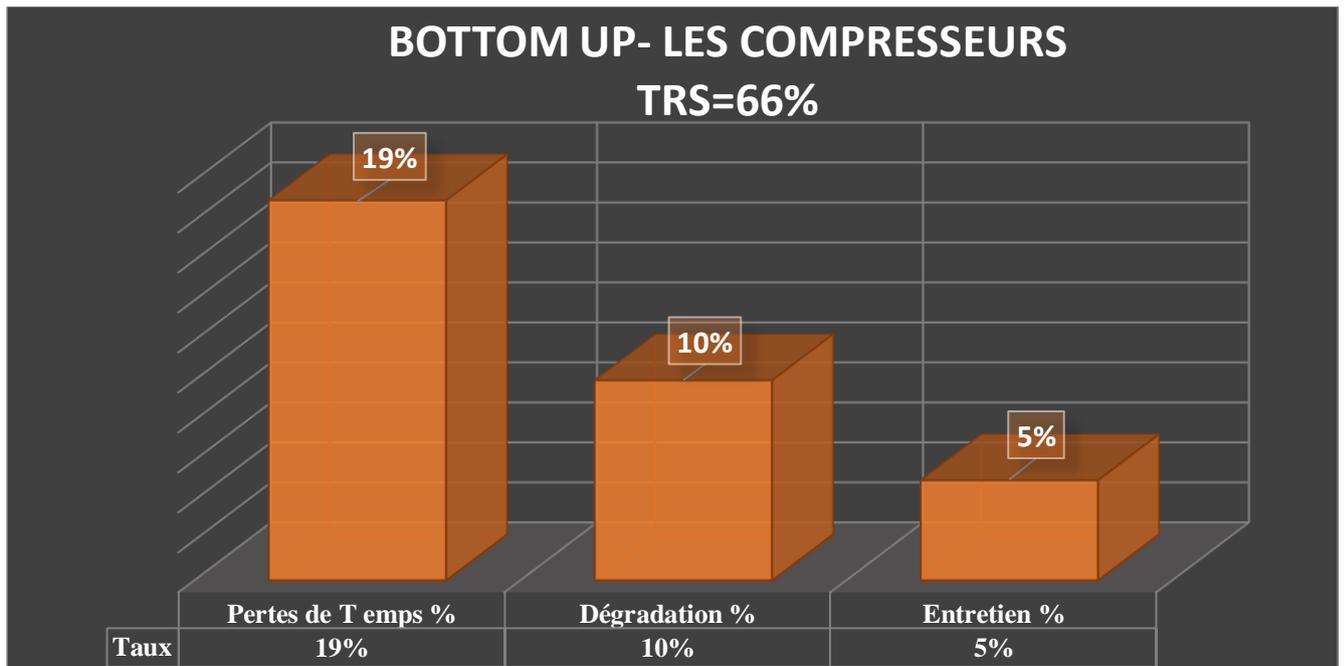


Figure3.12. BOTTOM UP les Compresseurs

D'après les Deux graphiques (ci-dessus), représentent les problèmes identifiés qui peuvent présenter des répétitions d'après les Bottom-up appliqués.

Notre l'objectif principal de cette recherche est de minimiser les défauts et d'améliorer la Convivialité globale, et grâce à la réalisation d'une réunion de brainstorming par une équipe de projet pour analyser les Bottom-up, ces problèmes précédents peuvent être traités et éliminé.

Équipe de projet

- *Directeur de la société*
- *Responsable d'OPEX*
- *Responsable Maintenance*
- *Superviseur Maintenance*
- *Superviseur Sécurité*
- *Superviseur de la ligne de production*

III.3.3. Les pertes

Les pertes du compresseurs	Les pertes de la station de déminéralisée
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Frottements entre les pièces mobiles, comme les pistons et les cylindres. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Température élevée au niveau des armoires électrique.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pertes d'énergie dues à l'entraînement mécanique du compresseur (moteur, courroies, engrenages, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les fuite ; d'air, huile, eau, entre les différentes parties de la station.
Des fuites de chaleur à travers les parois du compresseur	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Problème de fixation du tuyau alimentation air comprimé.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fuites ; d'air, huile entre les différentes parties du compresseur. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Défaut extracteurs au niveau locale pompes doseuses

III.3.4. Diagramme de Ishikawa

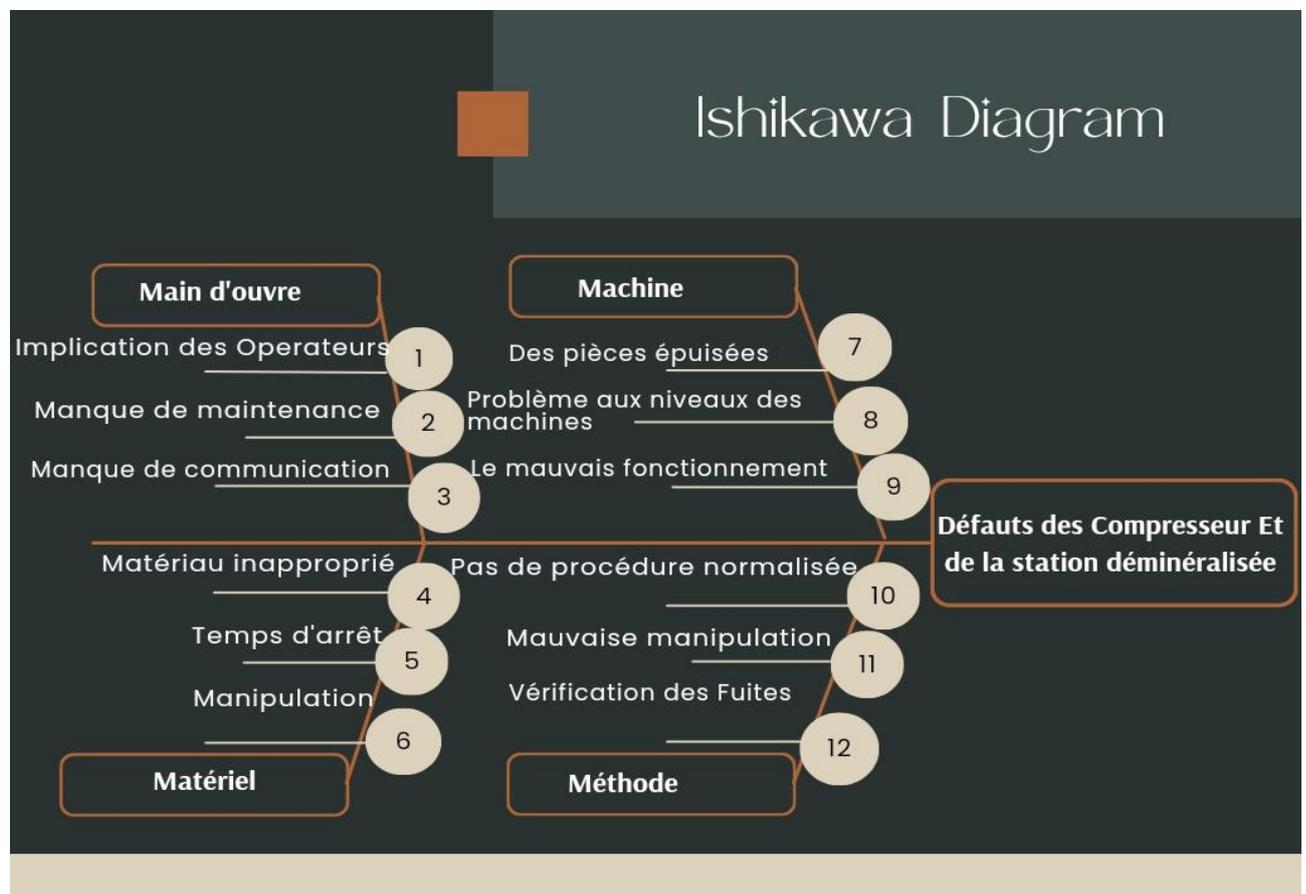


Figure3.13. Diagram Ishikawa

III.3.5 Les causes

Ces différentes causes sont classées dans une matrice en fonction de ;

- La facilité de contrôle
- La probabilité d'être la cause réelle

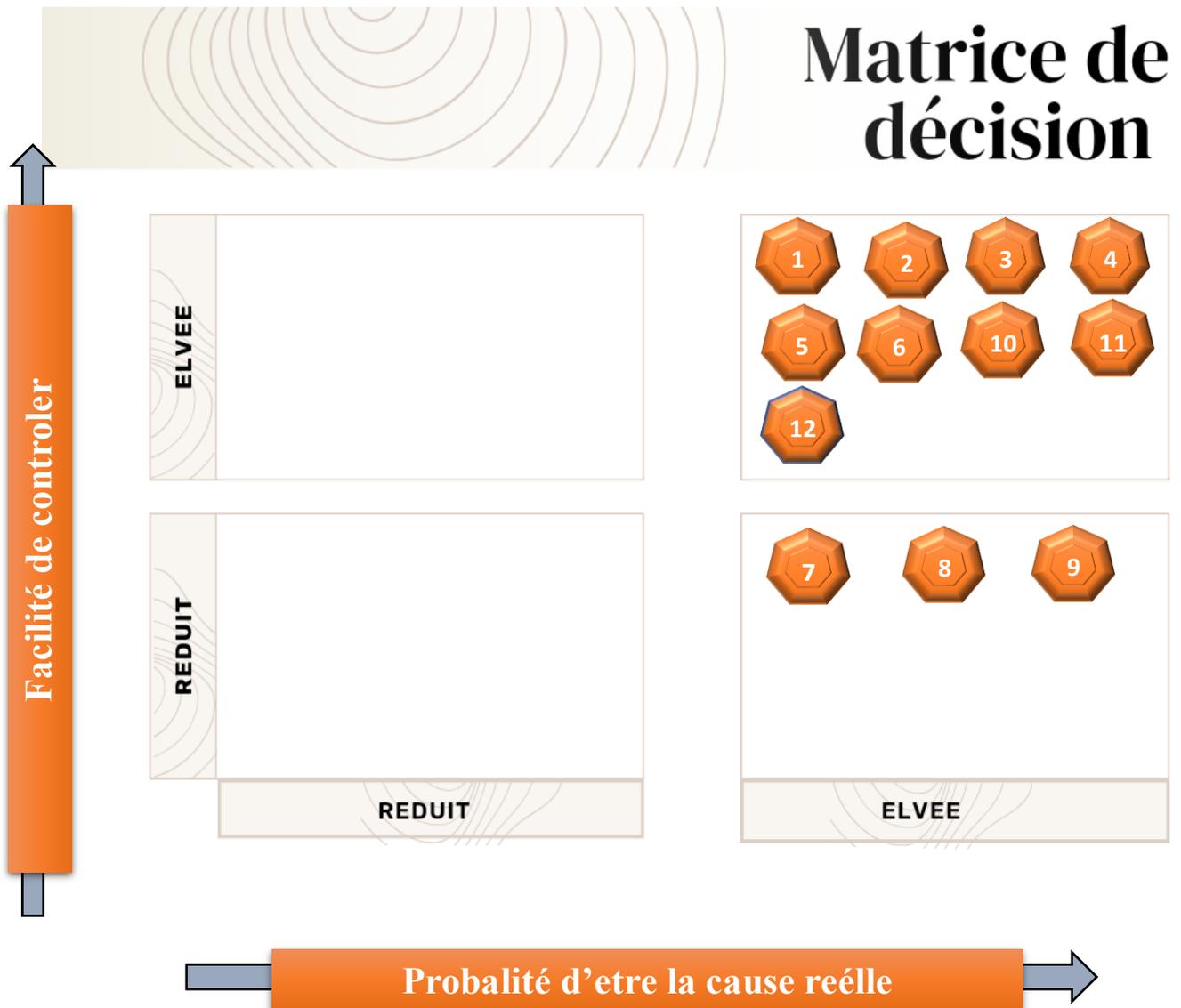


Figure3.14. Matrice de Décision

Donc, après quand on a classé les causes dans la matrice de décision, on vise les actions amélioratives sur les causes qui ont la facilité de contrôle élevé et la probabilité d'être la cause réelle élevé aussi.

Les 5M	Description des problèmes	Actions	Responsables
1	<ul style="list-style-type: none"> - Des pièces épuisées. - Problème aux niveaux des machines. - Le mauvais fonctionnement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Évaluer les performances. - Définir des indicateurs clés. - Contrôler les capteurs. - Vérification des filtres. - Remédie les points faibles du système. 	<i>Responsable Maintenance</i>
2	<ul style="list-style-type: none"> - Matériau inapproprié. - Temps d'arrêt. - Manipulation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Impliquer les équipes - Valoriser les bons résultats - Communiquer clairement 	<i>Superviseur Sécurité</i>
3	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de communication. - Implication des Operateurs. - Manque de maintenance. 	<ul style="list-style-type: none"> - Optimiser les processus. - Former le personnel. - Mettre en place des contrôles. - Entretien préventif. - Suivi des pièces. - Ajustements Techniques. 	<i>Superviseur Maintenance</i>
4	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de procédure normalisée. - Mauvaise manipulation. -Vérification des Fuites. 	<ul style="list-style-type: none"> -Etudier en détail les flux d'eau et d'air pour identifier les points d'amélioration. - Mettre en place des procédures de vérification régulières de qualité de l'eau traitée 	<i>Superviseur de la ligne de production</i>
	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la qualité de l'air. - Gestion thermique. - Espaces de repos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des systèmes de ventilation et de filtration de l'air pour réduire l'exposition aux émissions potentiellement nocives. - Mettre en place des solutions de refroidissement efficaces pour contrôler la température ambiante, surtout dans les zones proches des turbines. - Créer des zones de repos confortables pour permettre aux employés de se 	<i>Responsable d'OPEX</i>

5	- Formation et sensibilisation.	détendre et de récupérer pendant les pauses. - Organiser des formations régulières sur les bonnes pratiques environnementales et la gestion des risques liés au milieu de travail.	
---	---------------------------------	---	--

Après avoir identifié les améliorations des causes racines et les actions cibles pour les compresseurs, tels que ceux de la station de déminéralisation, nous allons comparer les résultats obtenus par rapport à l'état initial. Ces améliorations, réalisées par l'équipe de projet, visent à accroître les performances et la disponibilité avant d'évaluer les gains résultants.

Dans une société de production d'électricité à turbine à gaz, l'augmentation des performances des compresseurs est cruciale pour maximiser l'efficacité opérationnelle. Grâce à des avancées technologiques constantes et des améliorations continues, les ingénieurs ont réussi à accroître les performances ; des compresseurs et de la station de déminéralisée, de manière significative, souvent par des pourcentages impressionnants, de 81% pour les compresseurs et de 93% pour la station de déminéralisée. Ces améliorations se traduisent par une augmentation de la capacité de compression, une meilleure efficacité énergétique et une réduction des coûts de production. En optimisant les processus de compression, la société peut non seulement augmenter sa production d'électricité, mais aussi réduire son empreinte environnementale en utilisant efficacement les ressources disponibles.

III.4.1. Dépoilement de *La méthode SMED dans L'ordonnancement de la démarche DMAIC pour l'Optimisation du Taux de la Disponibilité*

III.4.2 Optimisation de la disponibilité des compresseurs.

La méthode **SMED** repose sur une analyse détaillée des étapes de changement de série, allant de l'arrêt de la production à la reprise de celle-ci. Son objectif est de minimiser le temps nécessaire à ce changement en séparant les activités internes et externes, ainsi qu'en convertissant les activités internes en activités externes.

Pour réduire le temps des pertes et de processus, ce qui contribue à réduire les temps d'arrêt non planifier et à augmenter la disponibilité des compresseurs. Cela peut être efficace dans un environnement où la rapidité et l'efficacité des changements de configuration sont essentielles pour maintenir la production

Pour conduire ces derniers, on mobilise un séquençement projet en 5 phases qu'on appelle le DMAIC.

III.4.2. La démarche DMAIC : Le DMAIC est largement adopté comme démarche de conduite de projet pour en assurer la structuration complète. Il est donc logique d'utiliser cette approche pour organiser le projet d'optimisation des changements de série (la disponibilité).

Démarche DMAIC	Démarche SMED
Définir	Identifier
Mesurer	
Analyser	Dissocier
Améliorer	Réduire
Contrôler	Convertir

➤ **1. Définir**

Avant de démarrer notre projet axé sur la disponibilité des compresseurs en production, il est impératif de former une équipe chargée de proposer des solutions pour résoudre ce problème.

Equipe de projet

- ❖ *Directeur de la société*
- ❖ *Responsable d'OPEX*
- ❖ *Responsable Maintenance*
- ❖ *Superviseur Maintenance*
- ❖ *Superviseur Sécurité*
- ❖ *Superviseur de la ligne de production*
- ❖ *Operateur des compresseurs*
- ❖ *Les Operateurs de la station de déminéralisée*

Avant de commencer toute action et pour bien démarrer le projet d'amélioration, toutes l'équipe de projet devrait faire preuve d'une bonne assimilation du sens de la méthode SMED. C'est dans ce cadre qu'on a préparé une formation SMED animé par le responsable de projet au profit des acteurs concernés.

Cette formation a pour but d'assurer l'implication de ces acteurs dans cette démarche afin d'atteindre les résultats souhaités.

Ce projet concerne la disponibilité des compresseurs en production, pour cela en visant les problèmes racines tell que ;

- Frottements au niveau des paliers et des roulements,
- Frottements entre les pièces mobiles, comme (les pistons et les cylindres)
- Pertes d'énergie dues à l'entraînement mécanique du compresseur (moteur, courroies, engrenages, etc.).
- Des fuites de chaleur à travers les parois du compresseur.
- Fuites ; d'air, huile entre les différentes parties du compresseur.

Le principal résultat en termes de Disponibilité attendu de ce projet d'optimisation, est l'augmentation de TRS, ce qui se traduira par une réduction globale du temps requis.

Pour arriver à l'amélioration, l'équipe de projet doivent être réorganisées pour être le plus optimisées possible.

Après l'amélioration, on doit comparer les résultats du gain de temps obtenus par rapport à l'objectif (d'optimiser la disponibilité des compresseurs).

2.Mesurer

Cette étape de la méthodologie **DMAIC** implique une analyse approfondie du processus en question pour évaluer la faisabilité de l'optimisation à travers l'examen minutieux des données collectées.

Après avoir suivi la séquence **SMED** pour réduire les temps d'arrêt et optimiser le taux de disponibilité des compresseurs, les opérateurs sont impliqués dans le processus d'optimisation. À partir des données collectées, il est alors possible d'établir une liste des différentes tâches composantes :

- Utiliser des systèmes de (ventilation et filtration) supplémentaires de l'air pour réduire l'exposition aux émissions potentiellement nocives.
- Mettre en place des solutions de refroidissement efficaces pour contrôler la température ambiante, surtout dans les zones proches des turbines.
- Etudier en détail les flux d'eau et d'air pour identifier les points d'amélioration.
- Assurer la vérification et le remplacement périodiques des joints, le nettoyage des filtres.
- Application de lubrifiants adaptés et remplacement régulier des filtres pour assurer le bon fonctionnement.

Après avoir collecté et analysé les données, nous passons à la situation actuelle. Nous avons créé un fichier Excel qui permet de générer le graphique suivant, représentant le nouveau pourcentage de disponibilité pour les compresseurs.

➤ 3.Analyser

L'étape (**Analyser**), impliquerait une évaluation approfondie des données collectées lors de l'étape **Mesurer**. Cela pourrait inclure l'identification des causes racines des problèmes rencontrés avec les compresseurs. L'analyse des disponibilité passées et actuelles, ainsi que l'examen des facteurs pouvant influencer la fiabilité et l'efficacités des compresseurs. Cette analyse permettrait de cibler les domaines nécessitant des améliorations et de formuler des solutions efficaces pour optimiser le fonctionnement des compresseurs et, par extension, de l'ensemble du système de production d'électricité à turbine à gaz.

L'équipe du projet a pu analyser la situation initiale en se basant sur les constatations sur le terrain et les données de départ. À ce stade, l'équipe va catégoriser les observations opérationnelles, ce qui constitue l'étape de dissociation dans la méthode **SMED**.

Pour cela en détermine les causes racines de cette situation :

- ❑ Dysfonctionnements des composants du compresseur : Des composants défectueux ou usés du compresseur, tels que les roulements ou les joints d'étanchéité, peuvent provoquer une augmentation de la chaleur due à un fonctionnement inefficace ou à des frottements excessifs.
- ❑ Températures ambiantes élevées : Les températures élevées dans l'environnement extérieur peuvent entraîner une augmentation de la température des compresseurs, car ils ont besoin d'une température plus basse pour fonctionner efficacement.
- ❑ Mauvais fonctionnement des systèmes de refroidissement : Les systèmes de refroidissement, tels que les échangeurs de chaleur ou les circuits de refroidissement, peuvent rencontrer des problèmes techniques, ce qui limite leur capacité à dissiper la chaleur efficacement.

La majeure de Ces deux derniers facteurs mentionner ci-dessus provoque des temps d'arrêts (problèmes mécaniques après trois mois) à cause d'un problème thermique.

4. Améliorer

Avant d'entamer l'étape d'amélioration, il est essentiel de mettre en œuvre les solutions sur le terrain avec l'équipe de projet afin de réduire le temps et maximiser le taux de disponibilité des compresseurs.

Suite à l'observation, l'analyse et la mise en place pratique de cette situation, la méthodologie pour améliorer le taux de disponibilité passe par les étapes suivantes :

- Observer, mesurer le Taux de disponibilité pris par l'optimisation.
- Eliminer tout gaspillage dans les opérations externes.
- L'optimisation de la conception des aubes.
- L'utilisation de matériaux résistants à la chaleur.
- Le contrôle de la température pour améliorer l'efficacité et la durabilité du compresseur.
- Des systèmes de refroidissement sophistiqués peuvent également être mis en place pour maintenir les températures de fonctionnement optimales.
- L'utilisation de ventilateurs pour refroidir les compresseurs peut être une solution efficace pour maintenir les températures à des niveaux optimaux. Ces ventilateurs peuvent être utilisés pour augmenter le débit d'air à travers les compresseurs, aidant ainsi à dissiper la chaleur générée par le fonctionnement des turbines à gaz. En outre, l'installation de systèmes de ventilation et de refroidissement bien conçus peut contribuer à améliorer l'efficacité globale du processus de production d'électricité et à prolonger la durée de vie des équipements.

5. Contrôler

La réorganisation du SMED améliore la disponibilité des compresseurs par rapport à l'objectif initial, ce qui réduit les pertes de temps de manière significative. En conséquence, le Taux de Rendement Synthétique (TRS) augmente, indiquant une amélioration de la fiabilité globale de la chaîne de production. Pour maintenir ces résultats, il est essentiel d'établir simultanément plusieurs éléments fondamentaux, notamment la mise en place de nouveaux standards de travail par le biais de la formation et de l'accompagnement des opérateurs par les responsables lors des incidents de perte de temps.

Via l'utilisation de fichiers Excel, nous avons pu créer des graphiques illustrant les pourcentages des diverses tâches réalisées dans le cadre de notre projet d'amélioration des performances et de la disponibilité des compresseurs et de la station de déminéralisation.

III.4.3 Interprétation des résultats

Cette partie de travail consiste à suivre les résultats de l'amélioration. La mise en place des modules de l'excellence opérationnel au niveau de la ligne de production nous a permis, sans investissement majeur, d'améliorer les performance et disponibilité des machines d'une manière considérable. Le graphique ci-dessous renseigne sur l'état actuel des lignes après l'amélioration.

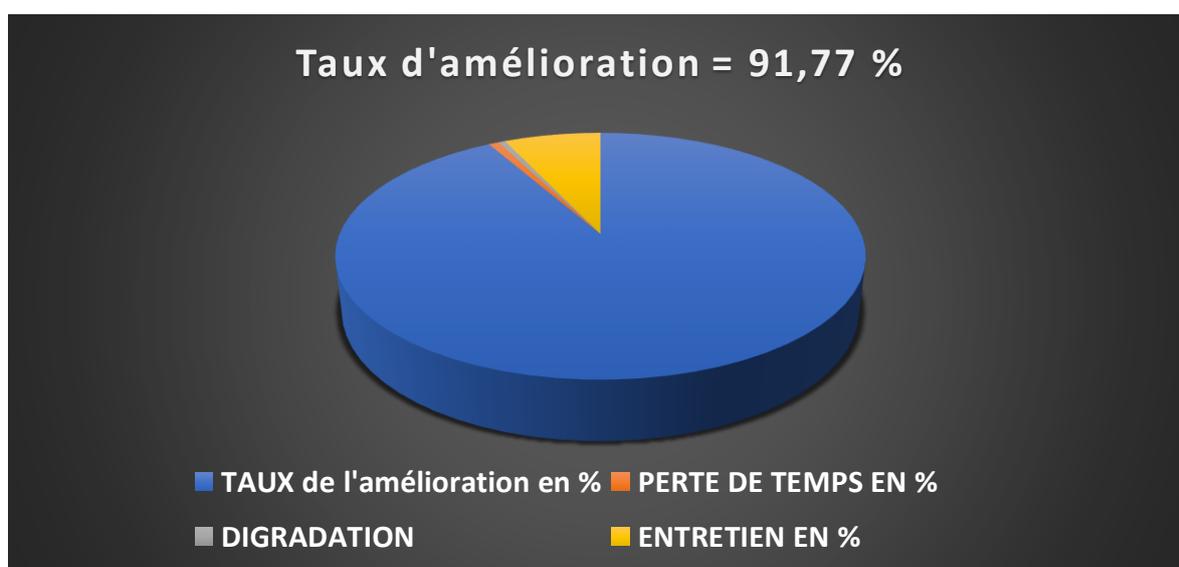


Figure3. 15. Interprétation des résultats

D'après cette amélioration on à réaliser une efficacité opérationnelle élevée signifie que la centrale produit de l'électricité de manière efficace, une disponibilité élevée garantit que la centrale fonctionne la plupart du temps, une fiabilité élevée signifie que la centrale fonctionne sans pannes majeures, et une rentabilité élevée signifie que la production d'électricité est rentable sur le long terme. Cependant, maintenir ces performances de manière constante peut nécessiter une gestion continue, une maintenance préventive

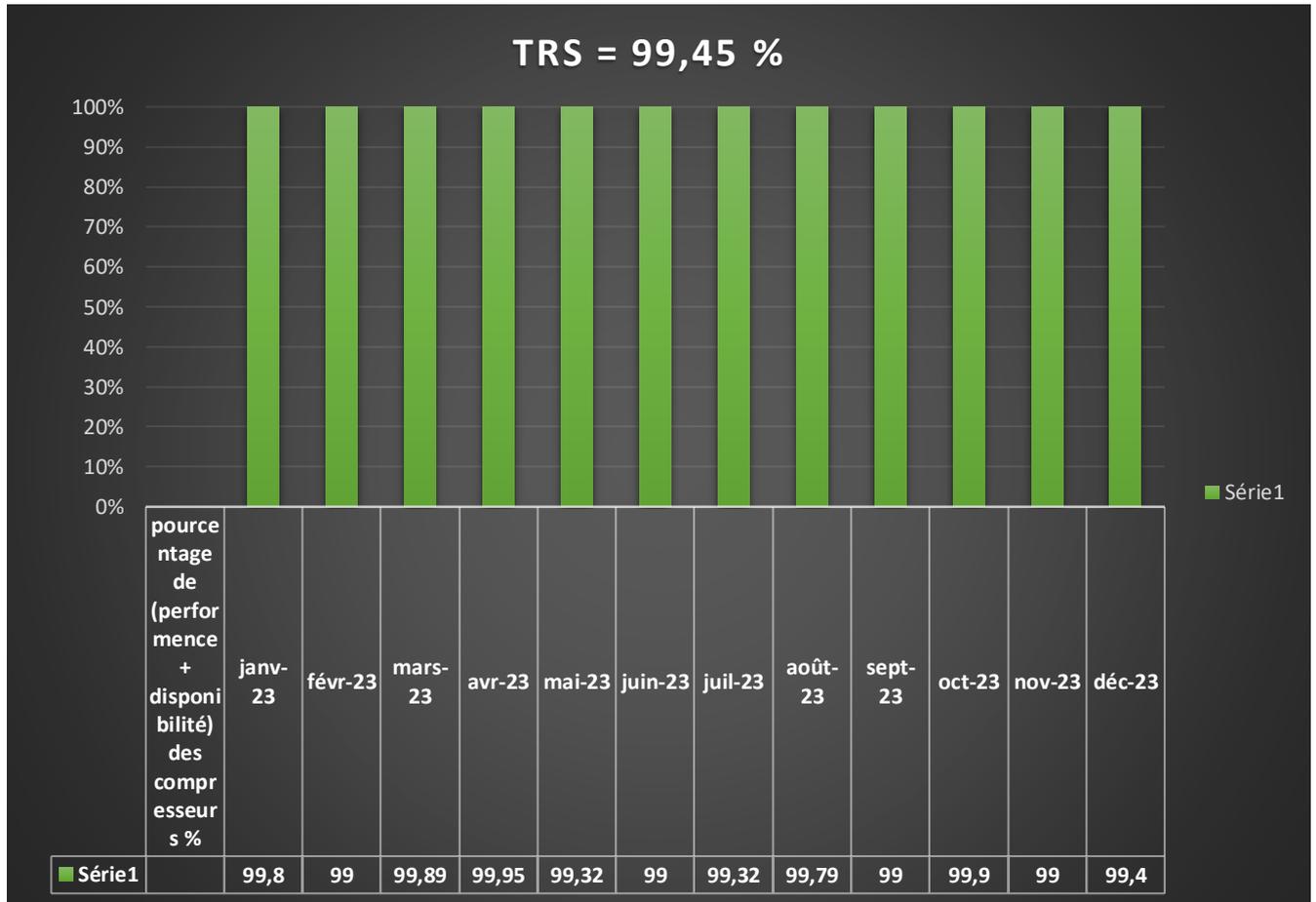


Figure3. 16. Pourcentage de performance plus Disponibilité des Compresseur

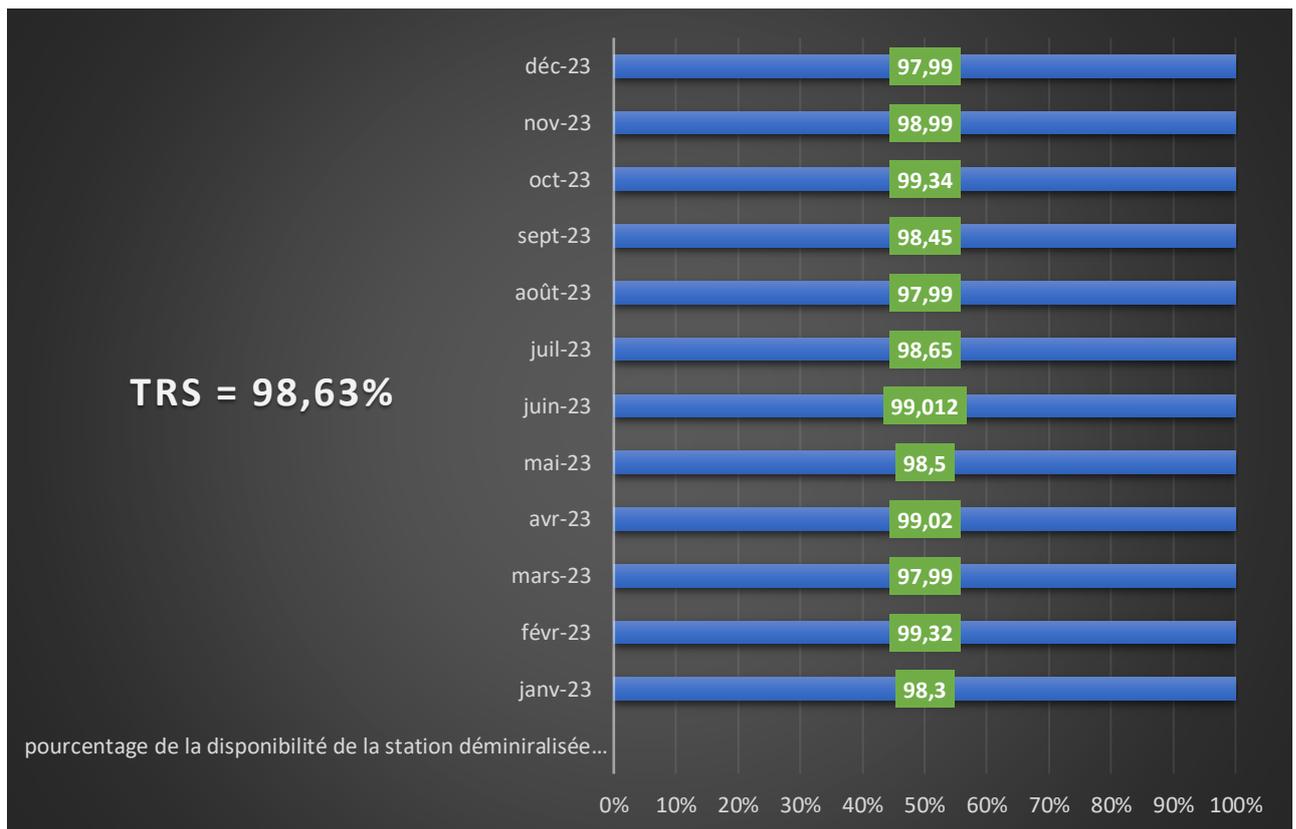


Figure3. 17. Pourcentage de la Disponibilité de la Station Déminéralisée

D'après l'excellence opérationnelle, on a obtenu une performance et une disponibilité optimales, pour cela plusieurs avantages peuvent être observés

Rentabilité accrue : Une efficacité opérationnelle élevée et une disponibilité optimale signifient généralement des coûts opérationnels réduits et une capacité à répondre à la demande d'électricité, ce qui peut améliorer la rentabilité globale de l'entreprise.

Fiabilité renforcée : Une fiabilité élevée réduit les risques de pannes imprévues, ce qui garantit une production d'électricité stable et fiable pour les clients.

Compétitivité sur le marché : Une performance optimale peut permettre à la société de production d'électricité de proposer des tarifs compétitifs sur le marché de l'électricité, attirant ainsi davantage de clients et renforçant sa position concurrentielle.

Durabilité environnementale : Une efficacité opérationnelle élevée peut également se traduire par une réduction des émissions de gaz à effet de serre et une empreinte environnementale réduite, contribuant ainsi aux objectifs de durabilité de l'entreprise et à son image de marque.

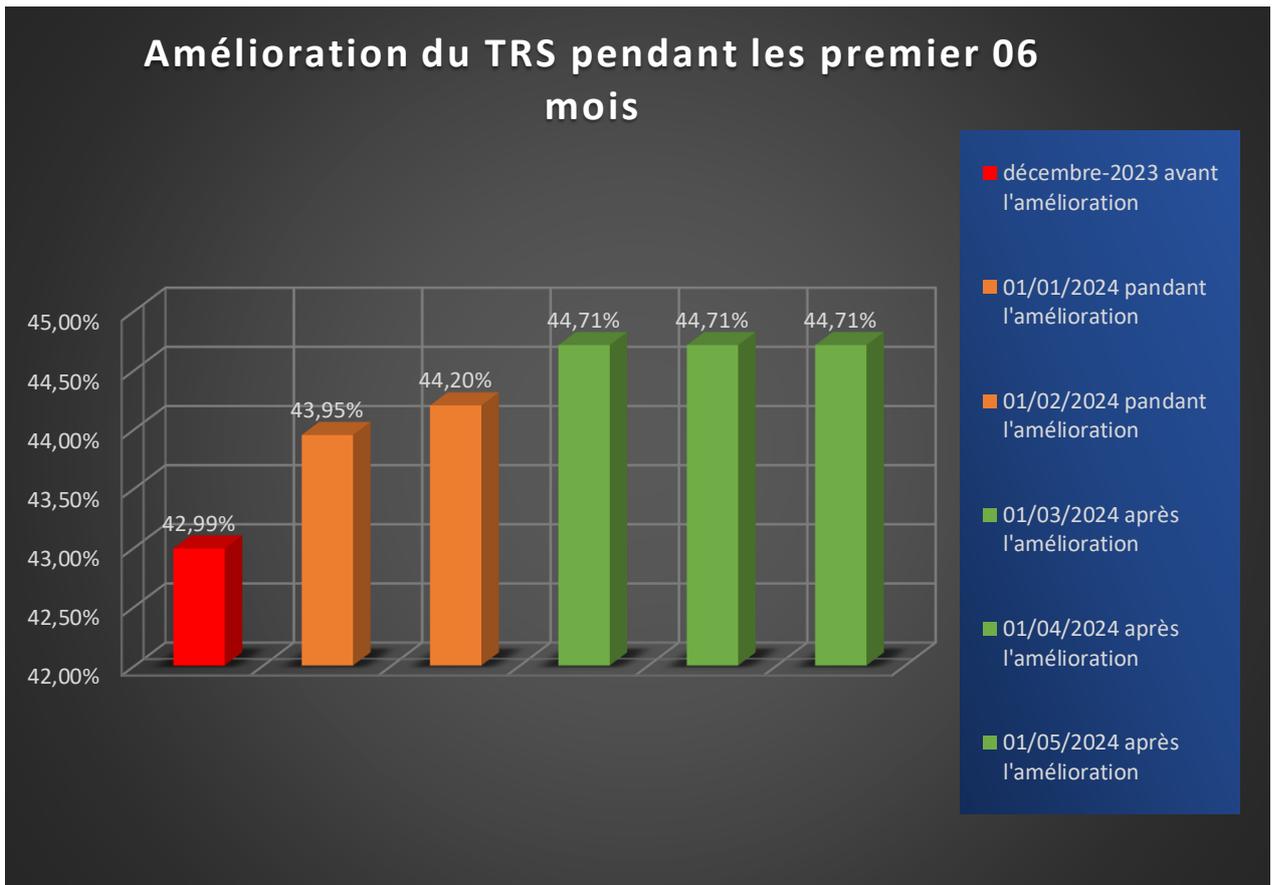


Figure3. 18. Amélioration du TRS pendant le premier 06 mois

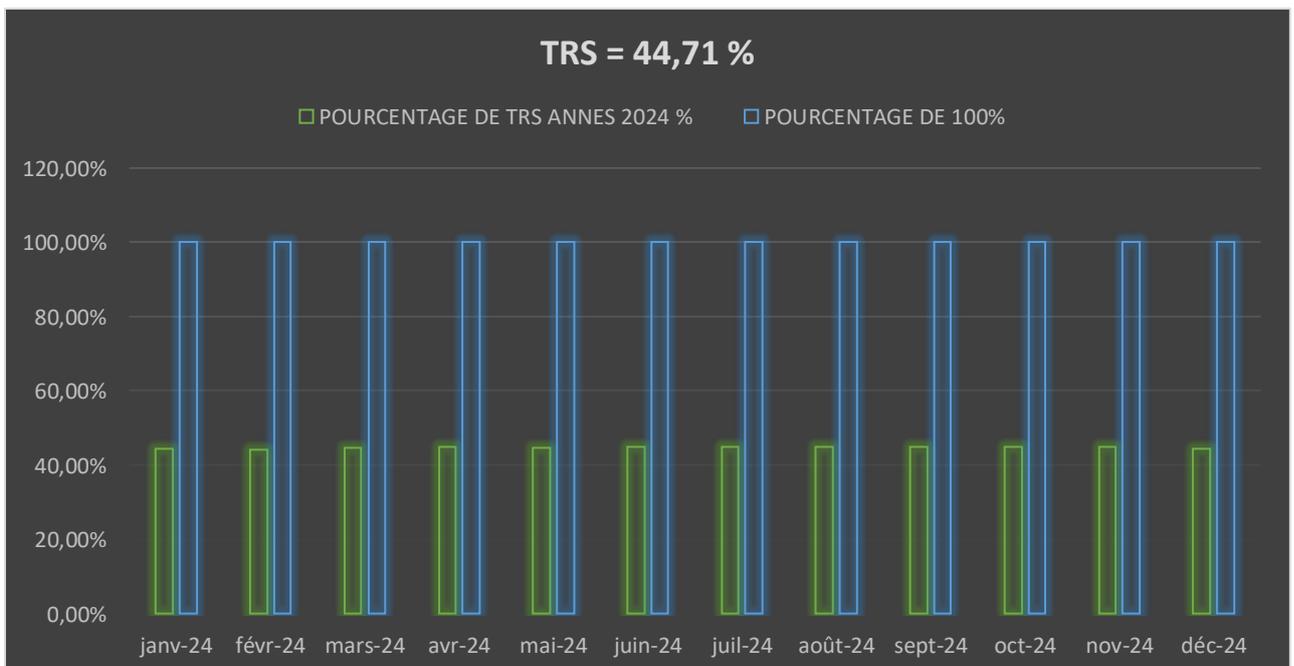


Figure3. 19. TRS après l'amélioration

Conclusion

Le rendement global de production d'électricité d'une turbine à gaz comme l'Alstom GT13E2 dépend de nombreux facteurs, y compris les conditions de fonctionnement, l'efficacité des installations et d'autres variables. Dans des conditions optimales et avec une exploitation efficace, le rendement de production d'électricité pour un modèle comme le GT13E2 pourrait atteindre de 40 à 45%. Cependant, il est essentiel de noter que ces chiffres peuvent varier en fonction des conditions spécifiques de chaque installation.

Avec une turbine à gaz Alstom GT13E2 affichant un rendement de 45 %, la production d'électricité devient non seulement plus efficace mais aussi plus économique. Cette performance impressionnante est particulièrement notable lorsque la turbine est exploitée en tant que groupe de turbines, une configuration qui capitalise sur les avantages de l'échelle pour accroître l'efficacité globale. Avec trois groupes de turbines fonctionnant à un rendement de 45 %, l'installation peut générer une quantité substantielle d'électricité tout en minimisant la consommation de combustible et en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. Cette efficacité accrue reflète l'engagement d'Alstom envers l'innovation et la durabilité dans le domaine de la production d'électricité à partir de turbines à gaz.

CONCLUSION GENERALE

Ce projet s'est concentré sur l'amélioration de la productivité de l'entreprise SPE à Relizane, en Algérie, en mettant particulièrement l'accent sur l'amélioration de sa ligne de production. Dans un premier temps, nous avons exploré les concepts de Lean Manufacturing, d'Excellence Opérationnelle et du Taux de Rendement Synthétique, visant à améliorer les performances et la disponibilité de la production par le biais d'une approche Lean Manufacturing. Ensuite, nous avons analysé l'état actuel de l'entreprise, en examinant son historique et son processus actuel. Enfin, nous avons détaillé l'étude de cas spécifique portant sur l'amélioration des compresseurs et de la station déminéralisée. Nous avons également mis en place un système de suivi des indicateurs, en utilisant l'approche SMED, et avons souligné l'importance du bon fonctionnement pour le succès de l'approche Lean Maintenance, en appliquant des méthodes telles que le DMAIC et en utilisant divers outils Lean et de qualité. Les résultats ont montré une augmentation du TRS après les actions d'amélioration. Pour l'avenir, nous envisageons d'étendre cette démarche Lean Maintenance à d'autres secteurs industriels pour en tester la validité et la fiabilité.

Bibliographie

1. S. BHASIN, Lean management beyond manufacturing,., New York: NY: Springer, 2015.
2. Le Lean Manufacturing. [En ligne]. Site disponible sur : <http://leleanmanufacturing.com/>. (Page consultée le 14 octobre 2016)
3. PETITQUEUX Aldéric, Implantation Lean : application industrielle. : Techniques de l'ingénieur. [En ligne]. Site disponible sur : <http://www.techniquesingenieur.fr/basedocumentaire/genie-industriel-th6/modes-de-pilotage-des-flux-Logistiques-42121210/implementation-lean-application-industrielle-ag5195/>. (Page consultée le 04 octobre 2016)
4. LYONNET B. Lean management : Méthodes et exercices, Ed. Dunod, Malakoff, 2015, p37. BUFFERNE J. Le guide de la TPM : Total Productive Maintenance, Ed. Eyrolles, 2011.
5. Breton TG. Taïchi Ohno, la révolution du « juste-à-temps ». Site disponible sur : <https://www.lesechos.fr/2016/07/taiichi-ohno-la-revolution-du-juste-a-temps-1112071> (page consultée le 01/02/2020).
6. M.-B. C. B. P. C. PILLET Maurice, Gestion de production : les fondamentaux et les bonnes pratiques, Paris : : Eyrolles, 2012.
7. L. Jeffrey, Le modèle Toyota : 14 principes qui feront la réussite de votre entreprise, Paris : Pearson Education France, 2006.
8. LYONNET B. Lean management : Méthodes et exercices, Ed. Dunod, Malakoff, 2015, p224.
9. BUFFERNE J. Le guide de la TPM : Total Productive Maintenance, Ed. Eyrolles, 2011.
10. La guide de la TPM (total productive maintenance) livre outils performance, édition d'organisation.
11. PECHELA R. TPM et maintenance industrielle : Définition et exemples. Site disponible sur :

<https://www.mobility-work.com/fr/blog/optimiser-maintenance-industrielle-tps>
(page consulté le 10/01/2019).

12. C. Y. AZZABI L. AYADI D. KOBI A. ROBLEDO, «The method analytic hierarchies process for the search and selection supplier, » chez *Ninth International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference*, 2008
13. Amélioration du taux de rendement synthétique au sein de l'unité 11 « Teinture Finissage »
14. A. L. A. D. K. A. R. C. H. B. Y, «Improvement of human safety in the complex system integration of Six Sigma methods, » chez *5th International Conference on Quality and*, 2007.
15. L'excellence opérationnelle, c'est quoi ? [Internet]. Lean Services. [Cité 21 janv. 2020]. Disponible sur : <http://www.lean.setec.fr/lexcellence-operationnelle-c-est-quoi>
25. Jambart P. L'excellence opérationnelle Piloter l'entreprise 5.0. L'Archipel ;2016.
16. Acteurs de l'excellence opérationnelle – Thèse du Diplôme d'état de Docteur en Pharmacie – D'Esmoulières Marie-Astrid.
17. Facteurs de réussites et sources d'échecs d'un projet de transformation – Excellence opérationnelle TV Disponible à partir de l'URL : <http://www.excellenceoperationnelle.tv/linfographie-du-mois-les-facteursdechec-et-de-succes-dune-trans>
18. Documents formation Yellow Belt – BMS Service Opex
19. Diagramme d'Ishikawa et les 5m, pour une gestion de projet sans problème. Pouillard., Nathalie. Mars 2021.
20. . Le Brainstorming – Formation Self-Service Root cause analyses - Service OPEX – BMS
21. Colin, R. Le SMED, éditions Afnor. 2003.
22. . Robert CHAPEAUCOU. Techniques d'amélioration continue en production. Edition DUNOD. Aout 2003.
23. T. Leconte. La pratique du SMED - Obtenir des gains importants avec le changement d'outillage
24. PINGFLOW. 6 étapes pour mettre en place le management visuel digital dans votre équipe. Site disponible sur : pingflow.com/management-visuel-digital/ (site consultée le 22/02/2020). J

25. Dr. TEBANI HOCINE, Polycopié de Cours Licence 2ème Année Intitulé « Production de l’Energie Electrique », Département d’Electrotechnique, Université Hassiba Benbouali Chlef, 2019/2020.
26. Ce document provient de
27. «<https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Sonelgaz&oldid=201061357>».
- 28.
29. Groupe Sonelgaz (<http://www.sonelgaz.dz/?page=article&id=33>) [archive].
- 30.
31. Mlle: CHADI Nadjwa, Projet de Fin d’études pour l’obtention du diplôme de Master en Génie mécanique, Thème « Etude des essais de performance et calculs de la consommation spécifique pour une turbine à Gaz – GT13E2, DEPARTEMENT DE MECANIQUE, UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA, 2019/2020.
32. Support de Cours Réseaux Electriques, Centre Universitaire Nour El Bachir El Bayadh,
33. 2017/2018. « Polycopie-Réseaux-Electriques-corr-1.pdf »
34. <http://www.CHAP4%20postes%20electrique.pdf>
35. <https://images.app.goo.gl/Aq1EgRBZCYN4ynUt6>
36. <https://aircompressors-parts.com>
- 37.

Remarque :

Les informations sans source au niveau du chapitre II ont été fournies par la société de SPE - Relizane.

