الجمهـــوريـــــة الجزائـــريـــــة الديمقـــراطيـــة الشـعبيـــة
RépubliqueAlgérienneDémocratiqueetPopulaire
وزارة التـــعلـــيـــــم العـــــالـــــي والبـــحـــــث العـلمـــي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أ حمد
Universitéd'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Electromécanique

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique Industrielle

Thème

Application De La Méthode RCM Dans Les Systèmes De Production Du Verre d'Alver Spa

Présenté et soutenu publiquement par :

AMOUR KHALED

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
BOUCHAALA MohammedAbdelghani	MCB	Universitéd'Oran 2 MBA	**Président**
METAHRI Dhiyaeddine	MCB	Universitéd'Oran 2 MBA	**Encadreur**
TITAH Mawloud	MCB	Universitéd'Oran 2 MBA	**Examinateur**

Année 2023/2024

بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciements

Par la grâce et la faveur de Dieu, cette œuvre est achevée

Je remercie Dieu tout-puissant de m'avoir permis d'achever ce travail.

Je remercie mon directeur de mémoire, Dr. **Metahri Dhiyaeddine**, Qui a accepté de me superviser et m'a guidé tout au long de ma mémoire.

Je tiens également à remercier mon ancien directeur de mémoire, Dr. **Charef Djillali**, qui est décédé.

Merci à tous les professeurs qui m'ont enseigné tout au long de mes années d'études à l'Institut de Maintenance Industrielle et de Sécurité jusqu'à ce niveau de Master « 2 »

Je tiens également à exprimer mes remerciements à mon superviseur à la société de production de verre creux Alver Spa, l'ingénieur **Madasse Abdelhak**, qui m'a beaucoup aidé par ses conseils et ses compétences.

Je remercie également les membres du jury pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à l'avancement et à la réalisation de cette mémoire.

تطبيق منهجية الصيانة المرتكزة على الموثوقية RCM على خط إنتاج الزجاج بشركة ألفار

ملخص

نسعى في هذا العمل إلى دراسة كفاءة وموثوقية خط إنتاج الزجاج المجوف بشركة ألفار بهدف معرفة المعدات الأكثر حرجية واقتراح حلول استباقية أوتصحيحية لأوضاع الفشل وذلك من خلال تطبيق منهجية الصيانة المرتكزة على الموثوقية لتلبيتها متطلبات هذا العمل من تقليل وقت الفشل ورفع موثوقية المعدات وتقليل تكاليف الصيانة.

الكلمات المفتاحية : الصيانة، الموثوقية، الحرجية، وقت الفشل

Application De La Méthode RCM Dans Les Systèmes De Production Du Verre d'Alver Spa

RÉSUMÉ

Dans ce travail, nous cherchons à étudier l'efficacité et la fiabilité de la ligne de production de verre creux de la société Alver Spa dans le but d'identifier les équipements les plus critiques et de proposer des solutions proactives ou correctives aux modes de défaillance en appliquant la méthode de la maintenance basée sur la fiabilité pour répondre aux exigences de ce travail en termes de réduction du temps de défaillance, d'augmentation de la fiabilité des équipements et de réduction des coûts de maintenance.

Mots clés : Maintenance, Fiabilité, Criticité, Temps d'arrêt

Application Of The RCM Method Of Alver Spa's Glass Production Systems

ABSTRACT

In this work, we seek to study the efficiency and reliability of the hollow glass production line at Alphar Company with the aim of identifying the most critical equipment and proposing proactive or corrective solutions to failure modes by applying the reliability-based maintenance methodology to meet the requirements Of this work in terms of reducing failure time, increasing equipment reliability and reducing maintenance costs.

Keywords: Maintenance, Reliability, Criticality, Downtime

Table des matières

Remerciements i
Dédicaces ii
Résumés iii
Abstracts iii
Liste des abréviations iv
Liste des figures v
Lista des tableaux vi
Introduction générale.....1

Chapitre I : Généralités sur la maintenance.....3

I.1. Introduction.....3
I.2. Définition de la maintenance 4
I.3. Les stratégies et les types de maintenance.....4
I.3.1. Maintenance réactive.....5
I.3.2. Maintenance préventive (programmée ou proactive) 5
I.3.3. Maintenance prédictive.....5
I.3.4. Maintenance axée sur la fiabilité.....5
I.4. Choisir la bonne stratégie de maintenance.....6

I.5. Les cinq niveaux de maintenance [4] 7

I.6. Les objectifs de la maintenance 8

I.6.1. Assurer la sécurité 8
I.6.2. Améliorer la disponibilité.....8
I.6.3. Améliorer la fiabilité.....8
I.6.4. Réduire les coûts 8
I.6.5. Garantir la qualité des produits 8
I.6.6. Préserver l'environnement.....8
I.6.7. Amélioration des conditions de travail 9
I.6.8. Faciliter l'innovation 9

I.7. Maintenance basée sur la fiabilité (MBF/RCM).....9

I.7.1. Définition de la maintenance basée sur la fiabilité RCM 9
I.7.2. L'histoire de la maintenance axée sur la fiabilité 10
I.7.3. Avantages de la maintenance centrée sur la fiabilité 11
I.7.4. Applications de la RCM 11
I.7.5. Les inconvénients de la RCM 12

I.9. Définitions **17**

I.9.1. Fonction 17
I.9.2. Défaillances fonctionnelles 17
I.9.3. Effets et conséquences des défaillances 17
I.9.4. La relation entre la probabilité de défaillance et le temps 17
I.9.5. La fiabilité 18
I.9.6. La maintenabilité 18
I.9.7. Disponibilité 18

I.10. Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) **19**

I.10.1. Définition de l'AMDEC 19
I.10.2. Les principaux objectifs de l'AMDEC sont les suivants 19
I.10.3. Le processus AMDEC comprend généralement les étapes suivantes 19
I.10.4. Les avantages de l'analyse AMDEC 20
I.10.4.1. Fiabilité et sécurité accrues 20
I.10.4.2. Optimisation de la maintenance et de l'exploitation 20
I.10.4.3. Réduction des coûts 20
1.10.4.4. Amélioration de la prise de décision 21
1.10.4.5. Meilleure connaissance des faiblesses du système 21
I.10.5. AMDEC et maintenance centrée sur la fiabilité (RCM) 21
I.10.6. L'indice de priorité du risque (IC) 22

Chapitre II : Présentation de la Société ALVER Spa **22**

II.1. Introduction **23**

II.2. Présentation de la Société ALVER Spa **24**

II.2.1. Présentation de l'organisme 24
II.2.2. Situation géographique 25
II.2.3. Caractéristique Technique 25
II.2.3.1. Capacités techniques 26
II.2.3.2. Capacités humaines 26
II.2.4. Historique 27
II.3. Produits d'Alver Spa **29**
II.4. Le processus de fabrication du verre d'ALVER SPA **31**
II.4.1. Composition matières premières 31
II.4.2. Composition 32
II.4.3. Atelier fusion 32
II.4.4. Atelier bout chaud 34
II.4.4.1. Machine IS 34
II.4.4.2. Soufflé-soufflé 35
II.4.5. Traitement à chaud 36
II.4.6. Arche de recuisson 36
II.4.8. Contrôle de la qualité 38
II.4.8.1. Palettiseur 38
II.4.8.2. Housseuse 39
Chapitre III : **40**
III.1.1. Explication du schéma des sous-systèmes 40
III.1.2. Alimentateur vibrant 41
III.1.3. Convoyeur à bande 42
III.1.5. Chaîne à godets 47
III.1.6. Trémie peseuse 50
III.1.7. Explication du schéma des sous-systèmes 51
III.1.8. L'Enfourneuse 52
III.1.9. Brûleur 54
III.1.10. Refroidissement 56

III.1.11. Station gasoil de secours.....59
III.1.12. Machine IS.....60
III.2. Évaluation et classification des défaillances.....62
III.2.1. Analyse des résultats 63
III.2.2. Conclusion :.....64
Conclusion générale 66
Références Bibliographiques :.....67

Liste des figures

Chapitre II

FIGURE 1 : LOGO ALVER CONDOR SPA 24
FIGURE 2 : PARTENAIRES DE L'ENTREPRISE 25
FIGURE 3:PLAND'USINED'ALVER SPA 25
FIGURE 4: ORGANIGRAMME D'ALVER SPA 26
FIGURE 5: ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION DE LA MAINTENANCE GENERALE 27
FIGURE 6: BOUTEILLES EN VERRE 29
FIGURE 7: BOCAUX EN VERRE 30
FIGURE 8: SCHEMA DE PROCESSUS DE FABRICATION DU VERRE 31
FIGURE 9 : CALCINS STOCKES AFIN D'ETRE RECYCLEES 32
FIGURE 10 : SCHEMA REPRESENTATIF DU FOUR ET FEEDERS 33
FIGURE 11 : PROCÉDÉ S-S 35
FIGURE 13: REFROIDIR LE PRODUIT A TEMPERATURE AMBIANTE 37
FIGURE 12: ARCHE DE RECUISSON 37
FIGURE 14: CONTROLE MANUEL DE LA QUALITE 38
FIGURE 15: MCAL4 ET MULTI4] MACHINES DE CONTROLE DE LA QUALITE 38
FIGURE 16: PALETTISEUR DES PRODUITS 38
FIGURE 17: SCHEMA DES SOUS-SYSTEMES DE COMPOSITION 40
FIGURE 18: ALIMENTATEUR VIBRANT 41
FIGURE 19: CONVOYEUR A BANDE 42
FIGURE 20: PROPULSEUR PNEUMATIQUE 45
FIGURE 21: CHAINE A GODETS 47
FIGURE 22 : TREMIE PESEUSE 50
FIGURE 23: SCHEMA DES SOUS-SYSTEMES DE FUSION 51
FIGURE 24: ENFOURNEUSE 52
FIGURE 25: LES BRULEURS 54
FIGURE 26: SCHEMA DE STATION GASOIL DE SECOURS 59
FIGURE 27: MACHINE IS 60

Liste des tableaux

Chapitre I

TABLEAU 1: LES CINQ NIVEAUX DE MAINTENANCE 7

TABLEAU 2:ÉVALUATION DE LA GRAVITE 62

TABLEAU 3: EVALUATION D'OCCURRENCE 62

TABLEAU 4: EVALUATION D'OCCURRENCE 62

Chapitre III

TABLEU 1:ALIMENTATEUR VIBRANT 41

TABLEU 2: CONVOYEUR A BANDE 43

TABLEU 3: PROPULSEUR PNEUMATIQUE 46

TABLEU 4: CHAINE A GODETS 48

TABLEU 5: TREMIE PESEUSE 50

TABLEU 6: ENFOURNEUSE 53

TABLEU 7: BRULEUR 55

TABLEU 8: REFROIDISSEMSENT 57

TABLEU 9: STASION GASOIL DE SECOURS 59

TABLEU 10: MACHINE IS 61

TABLEU 11 : RESULTATS DU PLAN DE PREVENTION PROPOSE 64

Introduction Générale

Introduction Générale

La mémoire présentée aborde des enjeux cruciaux pour les entreprises industrielles, notamment la réduction de la fiabilité des équipements, l'augmentation des temps d'arrêt et les pannes fréquentes. Ces problèmes sont d'une importance capitale car ils impactent directement la productivité et la rentabilité des entreprises, en particulier dans des secteurs où la continuité de la production est essentielle.

Motivation : L'étude s'inscrit dans un contexte où les défaillances d'équipements peuvent entraîner des coûts significatifs, tant sur le plan économique qu'environnemental. Cela m'a motivé à explorer des solutions efficaces pour améliorer la fiabilité des systèmes industriels. En adoptant une approche proactive, il est possible de minimiser les interruptions et d'optimiser les performances opérationnelles.

Objectifs : L'objectif principal de cette recherche est de mettre en œuvre une stratégie de maintenance centrée sur la fiabilité (RCM) au sein d'Alver Spa, une entreprise leader dans la production de verre creux. Cette démarche vise à :

- Améliorer la fiabilité des équipements.
- Réduire les temps d'arrêt imprévus.
- Optimiser les coûts de maintenance.
- Prolonger la durée de vie opérationnelle des actifs.

Méthodologie : La méthodologie appliquée dans cette étude repose sur le concept de maintenance basée sur la fiabilité (RCM). Cette approche systématique permet d'analyser les modes de défaillance potentiels et d'élaborer des stratégies adaptées pour chaque composant du système. Le processus de la RCM implique plusieurs étapes clés :

- Identification des fonctions critiques du système.
- Analyse des modes de défaillance et évaluation de leurs effets.
- Établissement d'un ordre de priorité pour les interventions de maintenance.
- Développement de stratégies spécifiques pour prévenir les défaillances identifiées.

Structure de la mémoire : Cette thèse se décline en trois chapitres :

Chapitre 01 : Vue d'ensemble de la maintenance, définition et stratégies, avec un focus sur la RCM et l'AMDEC (Analyse des Modes, Effets et Criticité).

Chapitre 02 : Présentation d'Alver Spa, incluant sa ligne de produits et ses processus de production.

Chapitre 03 : Application concrète de la RCM à la ligne de production, avec analyse des résultats et conclusions.

En conclusion, cette recherche vise à démontrer comment l'application rigoureuse de la RCM peut transformer le système de maintenance d'Alver Spa, augmentant ainsi sa compétitivité sur le marché tout en garantissant l'efficacité opérationnelle.

Chapitre I : Généralités sur la maintenance

I.1. Introduction

La maintenance est un domaine fondamental dans la gestion des ressources et des équipements, jouant un rôle crucial dans le bon fonctionnement des systèmes industriels. Elle englobe un ensemble d'actions techniques et administratives visant à maintenir ou à rétablir un élément dans un état opérationnel, garantissant ainsi sa capacité à accomplir les fonctions requises. Dans un environnement de plus en plus compétitif, la gestion efficace de la maintenance est essentielle pour maximiser la disponibilité des équipements, réduire les coûts d'exploitation et améliorer la sécurité.

Ce chapitre se penchera sur les différentes stratégies de maintenance, notamment la maintenance réactive, préventive, prédictive et axée sur la fiabilité. Chacune de ces approches présente des avantages et des inconvénients, et leur application dépend des spécificités de chaque organisation et de ses actifs. En outre, nous examinerons les objectifs clés de la maintenance, tels que l'amélioration de la fiabilité et de la qualité des produits, tout en préservant l'environnement et en optimisant les conditions de travail. Ce parcours permettra de mieux comprendre comment une stratégie de maintenance bien conçue peut contribuer à la performance globale d'une entreprise.

I.2. Définition de la maintenance

La maintenance est la combinaison de toutes les actions techniques et administratives, y compris les actions de supervision, destinées à maintenir ou à rétablir un élément dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise [1]

Il s'agit d'un ensemble de systèmes et de technologies visant à maintenir les installations et les équipements en bon état et à les maintenir en service le plus longtemps possible afin d'atteindre le plus haut niveau de disponibilité et de performance maximale, en prévoyant les défaillances, en effectuant des réparations complètes, une lubrification et des réparations efficaces, et en fournissant de bonnes normes de fonctionnement aux opérateurs et aux utilisateurs des machines afin de contribuer à la rentabilité de l'entreprise [2]

Dans un sens utile, la maintenance est toute action entreprise pour maintenir un bien en bon état de fonctionnement. Elle peut comprendre la réparation, la modification, la révision, l'inspection et la vérification.

I.3. Les stratégies et les types de maintenance

Les stratégies de maintenance sont des approches globales visant à gérer les actifs critiques et à assurer le bon fonctionnement des équipements et des systèmes afin de minimiser les temps d'arrêt et de réaliser des économies, tout en garantissant des performances optimales. Elles déterminent quand et comment les tâches de maintenance sont effectuées, en tenant compte de facteurs tels que la criticité de l'équipement, les contraintes budgétaires et la tolérance au risque requise.

Les quatre principales stratégies de maintenance sont les suivantes :

I.3.1. Maintenance réactive

Également connue sous le nom de maintenance en cas de panne ou de fonctionnement jusqu'à la défaillance, cette stratégie consiste à réparer les actifs après qu'ils sont tombés en panne ou qu'ils sont sur le point de tomber en panne. C'est une bonne méthode à utiliser pour les équipements qui ne sont pas essentiels aux opérations ou qui sont peu coûteux, mais c'est la moins rentable car, si elle est mal gérée, elle peut entraîner une augmentation des temps d'arrêt, des dépenses de maintenance et des risques pour la sécurité. [3]

I.3.2. Maintenance préventive (programmée ou proactive)

Ce type de maintenance implique des arrêts périodiques pour effectuer des inspections ou des réparations à des intervalles spécifiques, quel que soit l'état de l'équipement, dans le but d'améliorer la durée de vie des actifs et de prévenir les défaillances potentielles, mais comme toute stratégie de maintenance, elle n'est pas sans poser de problèmes. Sans une surveillance et des mises à jour constantes, les techniciens peuvent être submergés par des tâches redondantes et épuiser les ressources de l'organisation, ce que l'on appelle le "glissement de la maintenance préventive" (PM creep). [3]

I.3.3. Maintenance prédictive

Cette stratégie utilise des données provenant de capteurs, d'équipements de surveillance et d'analyses prédictives pour développer des algorithmes capables d'évaluer l'état des équipements et de prédire les défaillances des actifs avant qu'elles ne se produisent, dans le but d'optimiser l'utilisation des ressources du service de maintenance permet d'éviter une maintenance excessive et inutile, et de réduire les temps d'arrêt imprévus et coûteux, ce qui en fait la meilleure stratégie pour les actifs critiques.

Cependant, elle nécessite un investissement important dans des équipements de surveillance et une équipe ayant reçu une formation spécialisée en science des données et en modélisation prédictive pour être en mesure d'interpréter efficacement les données. [3]

I.3.4. Maintenance axée sur la fiabilité

Il s'agit d'une approche holistique qui tient compte de l'impact de la maintenance sur les performances globales du système.

Cette stratégie repose sur le classement des actifs en fonction de leur criticité, en analysant les fonctions des équipements, les modes de défaillance et leurs conséquences, ce qui permet de sélectionner les méthodes de prévention les plus appropriées pour chaque actif.

Cette stratégie vise à améliorer la fiabilité et la fonctionnalité des actifs critiques de la manière la plus efficace et la plus rentable possible. [3]

I.4. Choisir la bonne stratégie de maintenance

Il n'existe pas de stratégie unique pour gérer un programme de maintenance, mais une combinaison de différentes stratégies est souvent l'approche la plus efficace, adaptée aux besoins spécifiques de l'organisation et de ses actifs. Plusieurs facteurs sont pris en compte, tels que la santé et l'importance des actifs, la facilité d'entretien des actifs et la facilité d'exécution des tâches de maintenance, la compréhension des stratégies de maintenance et de leur fonctionnement, ainsi que les capacités et le budget d'organisation, en fonction de ces facteurs, l'approche la plus efficace peut être choisie pour entretenir les actifs, augmenter leur fiabilité et réduire les temps d'arrêt.[4]

I.5. Les cinq niveaux de maintenance [5]

Tableau 1: Les cinq niveaux de maintenance

NIVEAUX	TYPESDE TRAVAUX	PERSONNEL D'INTERVENTION	MOYENS
1er Niveau	Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement, ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	Pilote ou conducteur du système	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation.
2ème Niveau	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations mineures de maintenance préventive (rondes)	Technicien	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation et pièces de rechange disponibles sans délai
3ème Niveau	Identification et diagnostic de pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures	Technician spécialiste	Technicien spécialisé appareils de mesure, banc d'essai, contrôle…
4ème Niveau	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive	Équipe encadrée par un technicien spécialisé	Outillage général et spécialisé, matériels d'essais, de contrôle…
5ème Niveau	Travaux de rénovation, de reconstruction ou réparation importantes confiés à un atelier central	équipe complete et polyvalent	Moyens proches de la fabrication

I.6. Les objectifs de la maintenance

Les objectifs de la maintenance sont essentiels pour garantir le bon fonctionnement des équipements et des systèmes dans les environnements industriels. Les principaux objectifs de la maintenance, basés sur les résultats de la recherche, sont résumés ci-dessous : [6]

I.6.1. Assurer la sécurité

La maintenance vise à garantir la sécurité des systèmes et des infrastructures, en minimisant le risque d'accidents et de dysfonctionnements susceptibles de mettre en danger les personnes et l'environnement.

I.6.2. Améliorer la disponibilité

L'un des principaux objectifs est de maintenir les équipements en état de fonctionnement afin de garantir une disponibilité maximale des systèmes de production. Il s'agit notamment de réduire au minimum les temps d'arrêt non planifiés.

I.6.3. Améliorer la fiabilité

La maintenance vise à accroître la fiabilité des équipements, c'est-à-dire à prévenir les pannes et à garantir que les machines fonctionnent comme prévu.

I.6.4. Réduire les coûts

En anticipant et en évitant les pannes, la maintenance contribue à minimiser les coûts liés aux réparations d'urgence et à la perte de production. Cela implique également une gestion efficace des ressources et des pièces de rechange.

I.6.5. Garantir la qualité des produits

La maintenance joue un rôle crucial dans le maintien des normes de qualité des produits fabriqués, en veillant à ce que l'équipement fonctionne correctement et produise des biens conformes aux spécifications.

I.6.6. Préserver l'environnement

Un bon programme de maintenance contribue à réduire la pollution et à préserver l'environnement en veillant à ce que l'équipement fonctionne efficacement et proprement.

I.6.7. Amélioration des conditions de travail

En maintenant l'équipement en bon état, la maintenance contribue à créer un environnement de travail plus sûr et plus agréable pour les employés.

I.6.8. Faciliter l'innovation

La maintenance d'optimisation vise à améliorer les équipements en ajoutant de nouvelles fonctions ou en remplaçant les composants obsolètes, améliorant ainsi les performances globales.

I.7. Maintenance basée sur la fiabilité (MBF/RCM)

I.7.1. Définition de la maintenance basée sur la fiabilité RCM

La maintenance basée sur la fiabilité (MBF) ou Reliability Centered Maintenance (RCM) est une stratégie de maintenance qui peut faire passer le programme de gestion de la maintenance d'une organisation au niveau supérieur. La mise en œuvre de cette stratégie implique un examen détaillé de vos actifs et de leurs besoins spécifiques en matière de maintenance. L'objectif est de fournir une solution rentable qui maximise la fiabilité et minimise les temps d'arrêt afin qu'une entreprise fonctionne aussi efficacement que possible.

La RCM s'attaque aux causes profondes des pannes, en analyse les conséquences et détermine les tâches et les calendriers de maintenance idéaux pour maintenir les actifs individuels en état de marche, sans souci. En choisissant des stratégies individuelles pour chaque actif, les équipes de maintenance peuvent prévoir et identifier les problèmes bien mieux qu'en utilisant une seule stratégie de maintenance.

En bref, la maintenance axée sur la fiabilité offre un processus sélectif qui réduit l'inefficacité. La RCM découvre ce qui fonctionne et permet aux organisations de se concentrer sur les stratégies de maintenance qui permettent d'obtenir les meilleurs résultats [7]

Quelques définitions de la MBF

« La RCM est une stratégie de maintenance globale d'un système technologique utilisant une méthode d'analyse structurée permettant d'assurer la fiabilité inhérente à ce système » (J. Harris et B. Moss).

« La MBF est une méthode destinée à établir un programme de maintenance préventive permettant d'améliorer progressivement le niveau de disponibilité des équipements critiques »

« La MBF est une méthode reposant essentiellement sur la connaissance précisedu comportement fonctionnel et dysfonctionnel des systèmes » [8]

I.7.2. L'histoire de la maintenance axée sur la fiabilité

La définition la plus simple de la maintenance axée sur la fiabilité met en évidence le processus de découverte d'une stratégie de maintenance optimale pour chaque actif d'une installation. Mais d'où vient ce processus ?

La RCM a été introduite en aéronautique vers 1960 aux États-Unis pour déterminer les programmes de maintenance. La publication du document MSG (Maintenance Steering Group) a fixé les bases de la méthode de développement d'un programme de maintenance recevable à la fois pour les constructeurs d'avions, pour les autorités de l'aviation civile et pour les compagnies. Il faut souligner que la certification de navigabilité des appareils commerciaux est conditionnée à la mise en œuvre de la maintenance MSG (programme MSG 3 pour l'Airbus A 320 et les Boeing 757 et 767). L'évolution des versions successives des MSG a traduit la régression de la maintenance planifiée, le développement des actions conditionnelles, puis l'optimisation économique dans le respect de l'objectif prioritaire qu'est la sécurité.[8]

F. Stanley Nowlan et Howard F. Heap de United Airlines ont créé la maintenance centrée sur la fiabilité en 1978. Leur rapport, publié cette année-là, visait à accroître la sécurité des activités de maintenance des compagnies aériennes et le contrôle des risques opérationnels grâce à l'optimisation des programmes de maintenance. L'objectif de ces programmes est de réaliser les capacités de fiabilité inhérentes à l'équipement pour lequel ils sont conçus, et ce à un coût minimum. Chaque tâche de maintenance programmée dans un programme RCM est générée pour une raison identifiable et explicite ».

Après avoir rencontré un vif succès, leur rapport a été adapté pour être utilisé par de nombreuses autres industries et a fini par former la norme JA1011 de la Société des ingénieurs de l'automobile (Society of AutomotiveEngineers).

I.7.3. Avantages de la maintenance centrée sur la fiabilité

La philosophie de base de la RCM consiste à associer à chaque actif la stratégie de maintenance qui permettra de réduire au maximum les temps d'arrêt. Cette philosophie présente de nombreux avantages. Voici quelques-uns des principaux avantages de la RCM :

- Réduction des défaillances des équipements : En identifiant et en prévenant les modes de défaillance potentiels, la RCM peut aider à réduire considérablement le nombre de pannes imprévues.
- Amélioration de la durée de vie des équipements : En maintenant les équipements en bon état, la RCM peut prolonger leur durée de vie utile et réduire les coûts de remplacement.
- Augmentation de la disponibilité des équipements : En réduisant les défaillances et en prolongeant la durée de vie des équipements, la RCM peut augmenter la disponibilité des machines et améliorer la productivité.
- Réduction des coûts de maintenance : La RCM peut aider à réduire les coûts de maintenance en prévenant les pannes majeures et en optimisant les interventions de maintenance.
- Amélioration de la sécurité : En maintenant les équipements en bon état, la RCM peut aider à réduire les risques d'accidents et à améliorer la sécurité des travailleurs.

La RCM est particulièrement adaptée aux équipements critiques dont les défaillances peuvent avoir un impact important sur la production, la sécurité ou l'environnement. Elle est également efficace pour les équipements complexes qui présentent un risque élevé de défaillances multiples.[9] RCM: Définition et principe de mise en place https://mobility-work.com/fr/blog/rcm-definition-principe-mise-place/

I.7.4. Applications de la RCM

- Production industrielle : La RCM est couramment utilisée dans les industries manufacturières pour maintenir les machines de production en bon état et réduire les temps d'arrêt.
- Transport : La RCM est utilisée dans les transports pour garantir la fiabilité des avions, des trains et d'autres véhicules.

- Production d'énergie : La RCM est essentielle dans les centrales électriques pour maintenir la fiabilité des turbines et des autres équipements critiques.
- Santé : La RCM est utilisée dans les hôpitaux et les cliniques pour maintenir les équipements médicaux en bon état et garantir la sécurité des patients

I.7.5. Les inconvénients de la RCM

La maintenance centrée sur la fiabilité (RCM) présente de nombreux avantages, comme nous l'avons vu précédemment. Cependant, il est important de noter qu'elle présente également quelques inconvénients qu'il faut prendre en compte avant de la mettre en œuvre. Parmi les inconvénients les plus importants, citons :

- Coût initial élevé : La mise en œuvre de la RCM nécessite un investissement initial important en temps et en ressources pour analyser les modes de défaillance, développer un plan de maintenance et former le personnel.
- Complexité : La RCM peut être une approche complexe à mettre en œuvre, surtout pour les organisations qui n'ont pas d'expérience en maintenance préventive.
- Exigences en données : La RCM s'appuie sur des données fiables sur les défaillances des équipements. Si ces données ne sont pas disponibles ou ne sont pas de bonne qualité, la RCM peut ne pas être efficace.
- Changement de culture : La mise en œuvre de la RCM peut nécessiter un changement de culture au sein de l'organisation, car elle exige un passage d'une approche réactive à la maintenance à une approche proactive.
- Ressources spécialisées : La RCM peut nécessiter des ressources spécialisées, telles que des ingénieurs en fiabilité, qui peuvent ne pas être readilyavailable.

Malgré ces inconvénients, la RCM peut être une approche très efficace pour améliorer la fiabilité des équipements et réduire les coûts de maintenance à long terme.

I.8. Les sept questions fondamentales et l'arbre de décision du RCM

Comment mettre en œuvre une stratégie de maintenance centrée sur la fiabilité ?

La mise en œuvre consiste à répondre aux sept questions de la norme ReliabilityCentered Maintenance (RCM) de l'American Energy Association (SAE JA1011). Ces sept questions sont les suivantes

Pour mettre en œuvre la RCM, on pose généralement sept questions fondamentales :

1. Quelles sont les fonctions critiques de l'équipement ? C'est-à-dire, quelles sont les fonctions qui, si elles échouent, entraînent une perte de production ou un risque pour la sécurité ?
2. De quelles façons l'équipement peut-il échouer et compromettre ses fonctions?On identifie ici les différents modes de défaillance possibles.
3. Quelles sont les conséquences de chaque mode de défaillance ? On évalue l'impact de chaque défaillance sur la production, la sécurité, etc.
4. Quelles sont les causes de chaque mode de défaillance ? On cherche à comprendre les raisons profondes des pannes.
5. Dans quelles conditions un mode de défaillance peut-il se produire ? On identifie les conditions environnementales ou d'utilisation qui favorisent les défaillances.
6. Quelle est la probabilité de chaque mode de défaillance ? On évalue le risque associé à chaque mode de défaillance.
7. Quelles actions de maintenance peuvent être prises pour prévenir ou détecter chaque mode de défaillance ? On définit les tâches de maintenance préventive les plus efficaces.

Chacune des sept questions est placée de manière appropriée dans les phases de mise en œuvre du RCM afin de s'assurer que les bonnes questions sont posées au bon moment.

Il y a trois phases au total :

Phase 1 : Décision

La maintenance axée sur la fiabilité repose sur la préparation et l'état de préparation, et doit produire des résultats solides. La phase de décision rassemble tous les membres de l'équipe de maintenance pour procéder à l'analyse initiale, à l'organisation et à la hiérarchisation des actifs critiques de l'installation.

1) Quelles sont les fonctions et les critères de performance requis pour chaque bien ?

Les critères à prendre en compte doivent inclure l'importance du bien pour les opérations et la manière dont le bien est lié à la production, aux besoins des clients et aux objectifs de l'entreprise.

2) Quels sont les modes de défaillance d'un actif donné ?

En d'autres termes, l'équipe de maintenance doit comprendre et répertorier tous les modes de défaillance d'un actif. Les problèmes de lubrification sont-ils à l'origine d'un problème de performance ? La maintenance préventive n'est-elle pas conforme aux normes du fabricant ? Les pièces sont-elles défectueuses et défaillantes ? Y a-t-il un défaut de conception ? L'équipe doit aller au fond des choses et observer comment les actifs tombent en panne et deviennent incapables de remplir les fonctions pour lesquelles ils ont été conçus.

3. Quelles sont les causes de chaque défaillance ?

Les causes profondes des défaillances doivent être mises au jour. Par exemple, dressez la liste de toutes les raisons possibles pour lesquelles le système CVC a cessé de fonctionner en raison des modes de défaillance mentionnés (par exemple, trop de débris, manque d'entretien, mauvais dimensionnement, mauvaise installation, etc.

Après avoir répondu aux trois questions de la phase de décision, les organisations devraient disposer d'une liste solide des biens, de leur importance dans la journée de travail et des modes de défaillance qu'ils peuvent présenter. Elles peuvent alors passer à la phase suivante.

Phase 2 : Analyse

L'analyse des données recueillies au cours de la phase de décision commencera à donner forme à la stratégie de maintenance axée sur la fiabilité. Elle commence par l'examen des modes de défaillance fonctionnelle.

4. Quels sont les effets de chaque défaillance ?

Il s'agit d'analyser l'impact des défaillances des actifs sur l'entreprise. Les produits sont-ils endommagés ? Quel est le temps d'arrêt généré ? Les travailleurs sont-ils toujours payés pendant

un arrêt ? Au cours de cette étape, les équipes analysent également les coûts de réparation, ainsi que l'historique de la maintenance préventive de l'actif et les dépenses associées.

5) Quelles sont les conséquences de chaque défaillance ?

Les compétences et les connaissances de l'équipe en matière d'observation sont ici nécessaires. Quel est l'impact des défaillances sur la sécurité ? Les temps d'arrêt sont-ils inévitables ? Faut-il commander des pièces à chaque fois qu'un bien particulier tombe en panne ? Quel est l'impact à long terme de chaque défaillance sur l'actif ?

C'est le moment de se pencher sur les résultats des défaillances.

Quelques processus peuvent aider les organisations à poser les bonnes questions pour découvrir les répercussions des défaillances.

a. Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)

Une approche étape par étape pour identifier toutes les défaillances possibles dans la conception, le processus et la production d'un bien.

b. Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

Méthode qui implique une analyse quantitative des défaillances par la création d'une série de liens entre les défaillances potentielles, les impacts et les causes profondes.

c. Analyse des dangers et de l'exploitabilité (HAZOP)

Technique systématique souvent utilisée pour identifier les dangers potentiels du système et les problèmes d'opérabilité.

d. Analyse de l'arbre des défaillances (FTA)

Créée par les Bell Téléphone Laboratoires, l'analyse de l'arbre des défaillances présente une analyse graphique descendante des défaillances.

e. Inspection basée sur le risque (RBI)

L'inspection basée sur le risque est une méthode d'inspection fondée sur les facteurs de risque de dysfonctionnement de l'équipement ; elle est utilisée pour prévoir et éviter les défaillances potentielles.

Une organisation doit être aussi complète que possible à ce stade de son analyse, quel que soit le style d'analyse qu'elle adopte. La phase suivante en dépend.

Phase 3 : Agir

Il est maintenant temps d'exploiter les données précédemment collectées par une organisation dans le cadre du RCM et de décider des méthodes de maintenance qui permettront de prolonger la production et de maintenir le temps de fonctionnement intact. Cela commence par une autre question SAE.

6. Que peut-on et doit-on faire pour prévoir ou prévenir chaque défaillance ?

Les équipes discutent maintenant et sélectionnent une tactique ou une stratégie de maintenance, sur la base des deux phases qu'elles viennent de parcourir. La maintenance préventive est-elle la meilleure option pour la plupart des actifs ? Qu'en est-il de la maintenance réactive ? La méthode « run-to-failure » est-elle applicable ? Le choix de la méthode de maintenance appropriée pour chaque actif permet de réduire au minimum les coûts et les défaillances. L'exécution correcte de cette étape est cruciale pour la réussite du projet.

7. Que faut-il faire si l'on ne parvient pas à déterminer une tâche proactive appropriée ?

Une répartition typique d'une installation utilisant le RCM montrerait que la maintenance prédictive est effectuée 45 à 55 % du temps, la maintenance préventive 25 à 35 % du temps et la maintenance réactive moins de 10 % du temps. C'est une bonne règle empirique à suivre.

Lorsqu'il est impossible de déterminer un type de maintenance ou de trouver une alternative, il est peut-être temps de remplacer le bien.[9]

I.9. Définitions

I.9.1. Fonction

Dans le contexte de la maintenance et de la fiabilité, elle fait référence au rôle prévu d'un composant, d'un système ou d'un bien au sein d'un système plus vaste et décrit ce que le composant ou le système est censé faire pour contribuer au fonctionnement ou aux performances globales, par exemple le système de freinage d'une voiture a pour fonction de ralentir ou d'arrêter la voiture lorsque les freins sont actionnés.

I.9.2. Défaillances fonctionnelles

Les défaillances fonctionnelles se produisent lorsqu'un composant ou un système s'écarte de sa fonction prévue ou ne fournit pas les performances requises. Ces défaillances peuvent entraîner des perturbations dans le fonctionnement du système et affecter ses performances globales ; par exemple, une défaillance fonctionnelle du système de freinage se produit si les freins ne ralentissent pas le véhicule lorsqu'ils sont utilisés.

I.9.3. Effets et conséquences des défaillances

Les effets de la défaillance font référence aux résultats immédiats ou aux impacts d'un mode de défaillance sur la performance ou le fonctionnement d'un système. Les conséquences englobent les résultats ou implications plus larges de la défaillance, notamment les risques pour la sécurité, les incidences sur l'environnement, les perturbations opérationnelles et les pertes financières.

I.9.4. La relation entre la probabilité de défaillance et le temps

Pour de nombreux systèmes et composants, la probabilité de défaillance augmente souvent avec le temps. La relation entre la probabilité de défaillance et le temps est caractérisée par le taux de défaillance, qui est le taux auquel les défaillances se produisent au cours d'une période donnée. Cette relation est également influencée par des facteurs tels que le vieillissement des composants, les contraintes, les conditions environnementales et les exigences opérationnelles, ce qui entraîne des changements dans la probabilité de défaillance au fil du temps ; par exemple, lorsque les freins d'une voiture s'usent avec le temps, ils deviennent moins efficaces et la probabilité de défaillance augmente. La compréhension de cette relation est essentielle dans l'ingénierie de la fiabilité, où des méthodes sont utilisées pour prédire et prévenir les défaillances [10]

I.9.5. La fiabilité

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation données et pour une période de temps déterminée [11]

I.9.6. La maintenabilité

L'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits [12]

I.9.7. Disponibilité

Aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assurée [12]

Ces termes sont fondamentaux pour comprendre l'ingénierie de la fiabilité, la gestion de la maintenance et l'évaluation des risques, car ils permettent de comprendre les causes, les effets et les impacts des défaillances dans les systèmes complexes.

I.10. Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

I.10.1. Définition de l'AMDEC

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une technique systématique utilisée pour analyser les défaillances potentielles des systèmes techniques. Il s'agit d'une extension de l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) qui comprend une analyse de la criticité permettant de hiérarchiser les modes de défaillance en fonction de leur probabilité et de leur sévérité [13]

I.10.2. Les principaux objectifs de l'AMDEC sont les suivants

1. identifier les modes de défaillance affectant le fonctionnement du système ou la sécurité de l'utilisateur

2. décrire comment chaque mode de défaillance peut être détecté

3. Déterminer la criticité de chaque mode de défaillance

4. Fournir une vue d'ensemble des faiblesses du système en vue d'améliorations rentables

5. Proposer des lignes directrices pour l'élaboration de programmes d'inspection, de test et de maintenance visant à prévenir les défaillances.

I.10.3. Le processus AMDEC comprend généralement les étapes suivantes

1. Définir le système et créer des descriptions fonctionnelles

2. Identifier les modes de défaillance potentiels et leurs effets/causes

3. Analyser la sévérité des effets de la défaillance

4. Effectuer des calculs de criticité pour classer les modes de défaillance

5. Déterminer les éléments critiques et identifier les méthodes de détection/compensation des défaillances

6. Effectuer une analyse de la maintenabilité et documenter les résultats de l'AMDEC.

L'AMDEC peut être réalisée au niveau fonctionnel ou au niveau des pièces. L'AMDEC fonctionnelle prend en compte les effets des défaillances au niveau des blocs fonctionnels, tandis que l'AMDEC par pièce analyse les défaillances des composants individuels. L'analyse de la criticité dans l'AMDEC peut être quantitative ou qualitative en fonction de la disponibilité des données de défaillance. La criticité quantitative est calculée comme le produit du taux de défaillance, du rapport des modes de défaillance, de la gravité et de la durée de la mission.

L'AMDEC est principalement utilisée pendant la phase de conception pour identifier les défaillances potentielles et améliorer la fiabilité, la sécurité et les performances. Elle fournit également des informations précieuses pour la planification de la maintenance et les programmes de maintenance axée sur la fiabilité (RCM).

I.10.4. Les avantages de l'analyse AMDEC

La réalisation d'une analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) présente plusieurs avantages majeurs :

I.10.4.1. Fiabilité et sécurité accrues

- Identifie les modes de défaillance potentiels et leurs effets, ce qui permet de prendre des mesures correctives pour améliorer la fiabilité.
- Mise en évidence des modes de défaillance susceptibles d'avoir un impact sur la sécurité, ce qui permet de cibler les efforts d'atténuation.

I.10.4.2. Optimisation de la maintenance et de l'exploitation

- Aide à développer des plans de contrôle plus efficaces et des exigences en matière de tests de vérification/validation
- Permet d'optimiser les programmes de maintenance préventive et prédictive
- Permet de hiérarchiser les réparations critiques et les besoins de maintenance.

I.10.4.3. Réduction des coûts

- Permet de reconnaître les modes de défaillance potentiels plus tôt dans le processus de conception, lorsqu'il est moins coûteux d'y remédier.
- Minimise les coûts de garantie et augmente la satisfaction des clients
- Diminution des déchets et des opérations sans valeur ajoutée grâce à une approche « LEAN ».

1.10.4.4. Amélioration de la prise de décision

- Fournit une approche systématique, fondée sur des données, permettant de hiérarchiser les tâches de maintenance et d'allouer les ressources de manière efficace.
- Mets en évidence les modes de défaillance les plus critiques, ce qui permet aux équipes de concentrer leurs efforts là où ils sont les plus importants.

1.10.4.5. Meilleure connaissance des faiblesses du système

- Fournit une vue d'ensemble des faiblesses du système pour des améliorations rentables
- Identifie les contrôles spéciaux nécessaires pour réduire le risque de défaillance

En résumé, l'AMDEC est un outil puissant qui permet aux organisations d'améliorer la fiabilité, la sécurité et les performances tout en réduisant les coûts et en optimisant la maintenance. En identifiant et en hiérarchisant les défaillances potentielles, l'AMDEC permet une atténuation proactive et une prise de décision éclairée. [14]

I.10.5. AMDEC et maintenance centrée sur la fiabilité (RCM)

L'AMDEC et la RCM sont des méthodologies complémentaires qui agissent en synergie pour renforcer la fiabilité et la maintenabilité des systèmes. L'AMDEC pose les bases en identifiant les défaillances critiques et leurs impacts, tandis que la RCM traduit ces connaissances en stratégies de maintenance pratiques visant à optimiser les performances du système et à atténuer les risques.

La relation entre l'AMDEC et le RCM est évidente puisque l'AMDEC sert généralement de phase initiale au processus de RCM. Avant de se lancer dans le RCM, les organisations effectuent souvent une analyse AMDEC afin d'identifier et de hiérarchiser systématiquement les défaillances possibles d'un système, tout en évaluant leurs conséquences et leurs niveaux de criticité.

Étant donné que l'analyse AMDEC fournit des informations précieuses sur les risques associés aux défaillances des systèmes, elle aide les organisations à affiner les activités de maintenance. En concentrant les efforts sur les menaces les plus importantes pour la performance et la fiabilité du système, l'AMDEC aide à établir les tâches et les fréquences de maintenance appropriées. [15]

Dans le processus RCM, tous les modes de défaillance ne sont pas traités de la même manière. Certains ont des conséquences plus importantes que d'autres, et c'est là que l'analyse des

modes de défaillance, leurs effets et leur criticité (FMECA) devient essentielle. L'évaluation de la criticité dans l'AMDEC classe les modes de défaillance en fonction de leur impact sur la sécurité, les opérations et les finances. Cette évaluation guide directement la hiérarchisation des modes de défaillance dans RCM, garantissant que les ressources sont allouées là où elles sont le plus nécessaires. Cet alignement entre l'évaluation de la criticité de l'AMDEC et la sélection de la stratégie de maintenance de RCM améliore l'efficience et l'efficacité des efforts de maintenance.[16]Maintenance centrée sur la fiabilité (RCM) et FMECA https://visuresolutions.com/fr/guide-fmea-gestion-des-risques/maintenance-centrée-sur-la-fiabilité/

I.10.6. L'indice de priorité du risque (IC)

L'indice de priorité du risque (IC) est un élément essentiel de l'évaluation du risque dans des méthodes telles que l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE). Il est calculé en multipliant les classements de sévérité (S), d'occurrence (O) et de détection (D) d'un mode de défaillance. L'IC permet de hiérarchiser les risques en attribuant une valeur numérique qui reflète le niveau de priorité du risque d'un mode de défaillance ou d'une cause.

L'IC est utilisé pour déterminer la priorité de traitement des défaillances, les valeurs d'IC les plus élevées indiquant une plus grande nécessité de prendre des mesures correctives. Il s'agit d'une mesure quantitative qui permet d'identifier et d'atténuer efficacement les risques potentiels. Toutefois, il est important de noter que le fait de s'appuyer uniquement sur l'IC pour l'évaluation des risques peut avoir des limites, car il ne reflète pas toujours avec précision le niveau de risque réel. Il est donc recommandé de combiner l'IC avec d'autres indices tels que la gravité, l'occurrence et la détection afin de fournir une évaluation plus complète des risques et de garantir une approche de gestion des risques plus solide.

- **Occurrence (O) :** probabilité d'occurrence d'une défaillance ou d'un problème.
- **Sévérité (S) :** se réfère au degré d'impact et aux conséquences des défaillances.
- **Détection (D) :** probabilité de non-détection des défaillances avant qu'elles ne se produisent.

L'indice de priorité du risque (IC) est donc le résultat de ces trois paramètres :

« IC = O×S×D »

Chapitre II : Présentation de la Société ALVER Spa

II.1. Introduction

L'Algérie dispose d'un secteur industriel prometteur et diversifié qui joue un rôle crucial dans le développement économique du pays, en particulier le secteur manufacturier.

Le secteur manufacturier est un moteur efficace de l'économie nationale car il crée des emplois, alimente l'innovation, contribue de manière significative au PIB de l'Algérie et fournit une plateforme pour la main-d'œuvre qualifiée et l'esprit d'entreprise.

Il réduit également la dépendance à l'égard des produits importés, encourage la production locale et favorise un sentiment d'indépendance économique, ce que l'État cherche à promouvoir pour favoriser l'autosuffisance et sortir de la dépendance sous toutes ses formes.

En investissant dans divers secteurs manufacturiers, l'Algérie peut réduire sa dépendance aux hydrocarbures (pétrole et gaz) et créer une économie plus diversifiée et plus équilibrée.

Le verre. Un exemple brillant de l'industrie manufacturière algérienne

L'industrie du verre occupe une place particulière dans le paysage industriel algérien en raison de sa longue histoire.

Des artisans qualifiés fabriquent de magnifiques objets en verre depuis des siècles.

Aujourd'hui, les usines algériennes modernes produisent une large gamme de produits de base en verre, notamment

Les bouteilles de boissons et d'aliments, les matériaux de construction tels que les fenêtres et les façades en verre, la verrerie pharmaceutique et de laboratoire, et bien d'autres encore.

Le développement durable : L'accent mis sur le verre reflète l'intérêt croissant de l'Algérie pour les solutions respectueuses de l'environnement, car le verre est recyclable et réutilisable, ce qui en fait une alternative efficace aux emballages en plastique.

Un exemple de fabricants leaders dans ce domaine :

Alver Spa, une entreprise de premier plan spécialisée dans les récipients en verre sous vide pour les boissons et les aliments. Elle privilégie les pratiques durables et contribue à réduire la dépendance à l'égard des emballages en plastique.

II.2. Présentation de la Société ALVER Spa

II.2.1. Présentation de l'organisme

L'unité de production du verre de la Société ALVER, filiale CONDOR d'Oran, se positionne comme un leader dans la production et la commercialisation d'emballages en verre creux en Algérie.

Avec un tonnage très important par an, la production d'Alver-SPA couvre la plus grande tranche dans le marché local du conditionnement algérien.

La spécialisation dans ce secteur permet de prendre en charge les attentes sur l'emballage de tous les segments.

Cette entreprise, avec son grand patrimoine et réputation qui s'étend jusqu'à l'époque précédant la révolution nationale de libération, grâce à un investissement soutenu du groupe Condor depuis 2018 et son personnel qualifié dans le domaine du verre creux et la possession des équipements de contrôle qualité avec de haute technologie, elle est toujours apte à satisfaire ces clients en Algérie et précédemment en Europe et en Afrique.

Figure 1 : logo ALVER CONDOR SPA

Alver SPA, avec sa grande base de données de collaborateurs et sa large diversité de clientèle, et Présente en Algérie depuis des dizaines d'années

Figure 2 : partenaires de l'entreprise

Désormais une marque emblématique, la filiale du groupe CONDOR dispose d'un grand site de production à Senia (Oran) et la direction se situe du côté de la production.[17]

II.2.2. Situation géographique

Cette entreprise a une certification 750 ISO 9001/2000 en 2004, et Au capital social de 6.060.000.000da dinar algérien, un seul site, le site de production implanté dans BP N° 33 AVENUE DES MARTYRS DE LA REVOLUTION ES SENIA ORAN

II.2.3. Caractéristique Technique

Terrain : le plan d'usine peut résumer ou bien illustrer comment l'usine est implantée

- Superficie totale de l'assiette : 15 HA.
- Superficie couverte : 70 000 mètres carré
- Superficie non couverte : 87 000 mètres carré
- Cadre juridique : propriété d'ALVER/CONDOR

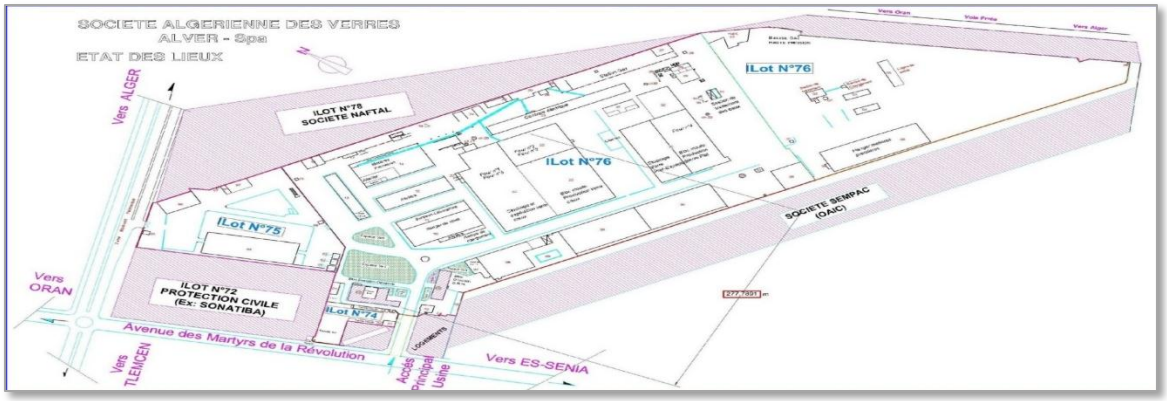

Figure 3: Pland'usined'Alver Spa

II.2.3.1. Capacités techniques

- Verre creux : capacité production 80K tons/année
- Deux fours 80 TONS/jour
- Parc logistique spacieux
- 2 machines de production verre creux double
- 2 machines de production verre creux simple

II.2.3.2. Capacités humaines

- Cadres dirigeants : 04
- Cadres : 10
- Maitrises : 77
- Exécutions : 234
- Total : 325

Organigramme d'Alver Spa

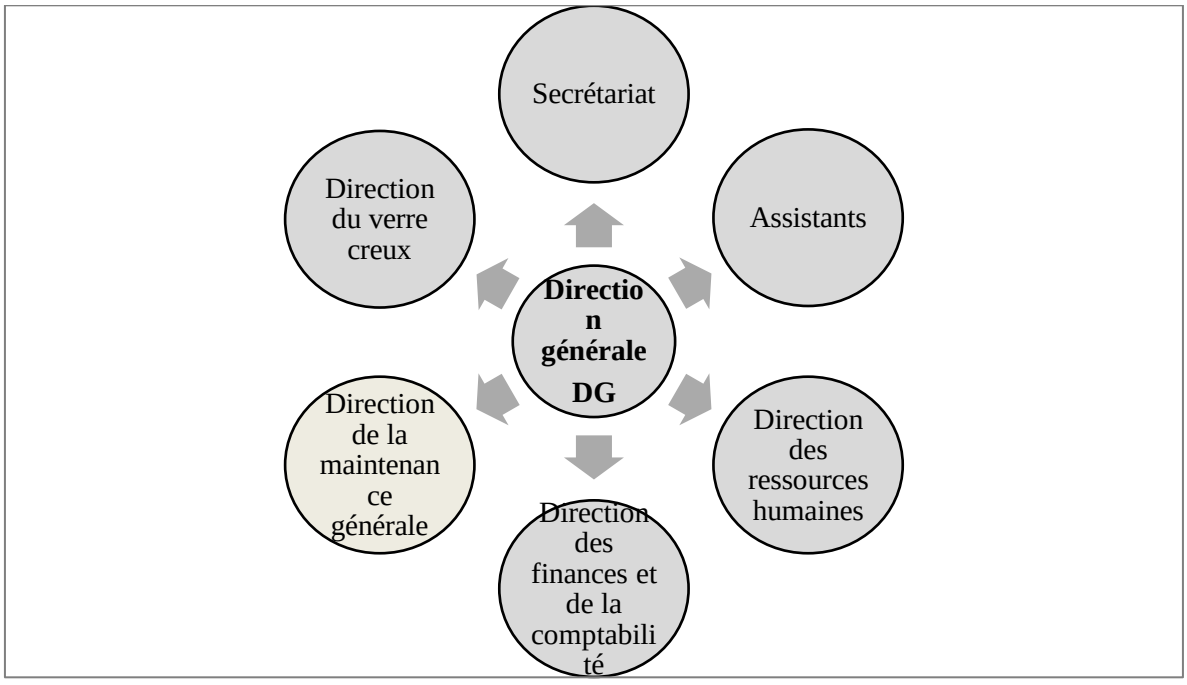

Figure 4: Organigramme d'Alver Spa

Structure organisationnelle de la direction de la maintenance générale

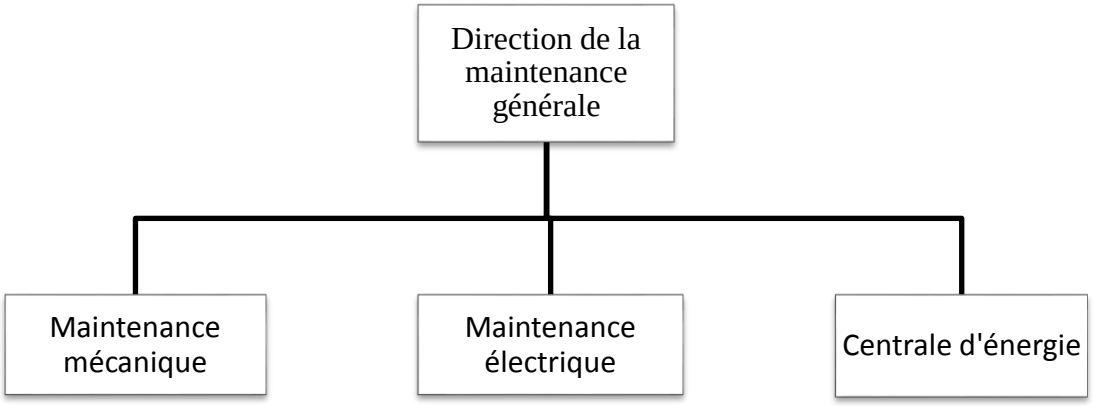

Figure 5: Organigramme de la direction de la maintenance générale

II.2.4. Historique

La première pierre de l'usine, appelée auparavant verrerie de l'Afrique du nord, a été posée le 08 novembre 1942

Le premier four a été allumé le 19/01/1947. Vingt jours plus tard, la première bouteille est fabriquée et l'inauguration officielle a été faite le 19/04/1947.

L'unité s'étale actuellement sur 17 HA, dont 4,4 HA et dispose d'un embranchement sur la voie ferrée.

L'unité, depuis sa construction, n'a cessé de subir plusieurs modifications et extensions pour répondre aux exigences croissantes du marché.

De 1963 à 1971. La production du verre creux est passée de 5344 tonnes à 15588 tonnes, avec un maximum de 16005 T en 1966.

En 1968, la société nationale des industries du verre (SNIV) a été créée, qui sera par la suite dissoute.

En mai 1973, après dissolution de la SNIV, rattachement à la SNIC (la Société Nationale des Industries Chimiques).

La société ‘’VEBA GLASS’’, de l’Allemagne est intervenue en 1976 pour l’extension du four 1 et la modernisation de l’équipement, les investissements suivants ont porté sur :

- ✓ La réalisation de deux fours.
- ✓ L’installation des équipements de production.
- ✓ L’agrandissement de l’atelier d’entretien et l’acquisition des machines-outils.
- ✓ L’accroissement des installations de l’atelier de décor.
- ✓ La mise en place d’un laboratoire répondant aux nouvelles exigences.
- ✓ L’extension de l’atelier de préparation du verre.
- ✓ La construction et l’installation des équipements de l’atelier des utilités.
- ✓ La réalisation d’un atelier artisanal de cristallerie.

L’extension ne s’est pas arrêtée là, la firme soviétique Tecno Export, a été chargée de la réalisation de l’atelier d’étirage du verre plat. Selon le procédé ‘FOURCAULT’ avec équipement de traitement complémentaire tel que le verre poli des deux côtés, le verre strié, le verre sablé, le verre plat trempé non poli type ‘SECURIT’ et le verre poli bombé. Pour les deux verres traités, l’installation a été faite par la société ‘SACK GLAS TECHNIK’ de l’Allemagne. Ces modifications ont conduit à la mise en place :

- ✓ D’une ligne de fabrication des glaces planes latérales de voiture.
- ✓ D’une ligne de production de glaces bombées (pare-brise)

Les investissements suivants ont porté sur la réalisation :

- ✓ D’un bâtiment de production du verre plat, d’un four et différents équipements.
- ✓ D’un atelier de fabrication des caisses d’emballages.
- ✓ D’une station de traitement des eaux.
- ✓ D’une station de lavage du sable à SIG.
- ✓ D’un atelier de traitement du verre.

La restructuration de la société nationale (SNIC) en 1983 a donnée naissance à ENAVA ; (entreprise nationale des verres et abrasifs).

En 1997, la filiale ALVER a vu le jour grâce à la restructuration de l’ENAVA qui gère un complexe unique regroupant :

- ✓ Une unité verre creux.
- ✓ Une unité verre plat a été remplacée dans le dernier semestre 2003 par une unité de production de silicate de soude.
- ✓ Une unité logistique et maintenance.

Et en juin 2011 l'arrivée de Groupe le fameux Saint Gobain (privatisation total) sur le nom de Verallia ALVER

Le 07 Mai 2018, l'entreprise a été rachetée par le Groupe Condor qui a investi dans plusieurs travaux de rénovation afin de garantir l'existence de patrimoine industriels et de garantir le fonctionnement des machines en bon état, avec de réalisations comme :

- ✓ La rénovation du four N 03 après sa crevaison en aout 2023
- ✓ Régénération de la machine IS 32
- ✓ Rénovation du sol du four N02 (en cours), prochainement rénovation totale du four. [18]

II.3. Produits d'Alver Spa

Les principaux produits d'Alver Spa peuvent être détaillés comme suit :

▪ **Bouteilles en verre :** Alver Spa produit une large gamme de bouteilles en verre de différentes formes, tailles et couleurs pour répondre aux divers besoins d'emballage de ses clients. Ces bouteilles sont conçues pour le conditionnement de boissons telles que les jus, les boissons non alcoolisées, ainsi que d'autres produits liquides tels que les huiles et les sauces.

Figure 6: Bouteilles en verre

- **Bocaux en verre :** Outre les bouteilles, Alver Spa fabrique des bocaux en verre destinés à l'emballage de divers produits alimentaires tels que les confitures, les cornichons, les sauces et les pâtes à tartiner. Ces bocaux sont disponibles en différentes capacités et conceptions pour accueillir différents types de produits alimentaires.

Figure 7: Bocaux en verre

- **Solutions d'emballage personnalisées:** Alver Spa propose des options de personnalisation pour ses produits d'emballage en verre, ce qui permet aux clients de personnaliser leurs bouteilles et bocaux avec des formes, des gaufrages, des étiquettes et des couleurs uniques. Cette capacité de personnalisation permet aux marques de créer des emballages distinctifs qui s'alignent sur leurs stratégies de marque et de positionnement des produits.
- **Verre de spécialité :** Outre les récipients en verre standard, Alver Spa fabrique également des produits en verre spécial, comme le verre Fourcault. Ce type de verre creux est connu pour sa résistance et sa durabilité, ce qui le rend adapté à des exigences d'emballage spécifiques où la robustesse est essentielle.
- **Emballage durable :**Alver Spa s'engage en faveur du développement durable et des pratiques respectueuses de l'environnement. L'entreprise encourage l'utilisation d'emballages en verre consignés et recyclables afin de réduire l'impact sur l'environnement et de soutenir une économie circulaire. En donnant la priorité aux solutions d'emballage durables, Alver Spa

contribue à minimiser les déchets et à promouvoir des pratiques de consommation responsables dans l'industrie de l'emballage. [19]

II.4. Le processus de fabrication du verre d'ALVER SPA

La production de verre est un processus complexe qui comporte plusieurs étapes distinctes, chacune étant cruciale pour garantir la qualité du produit final. Voici un aperçu des principales étapes de la production de verre : [20]

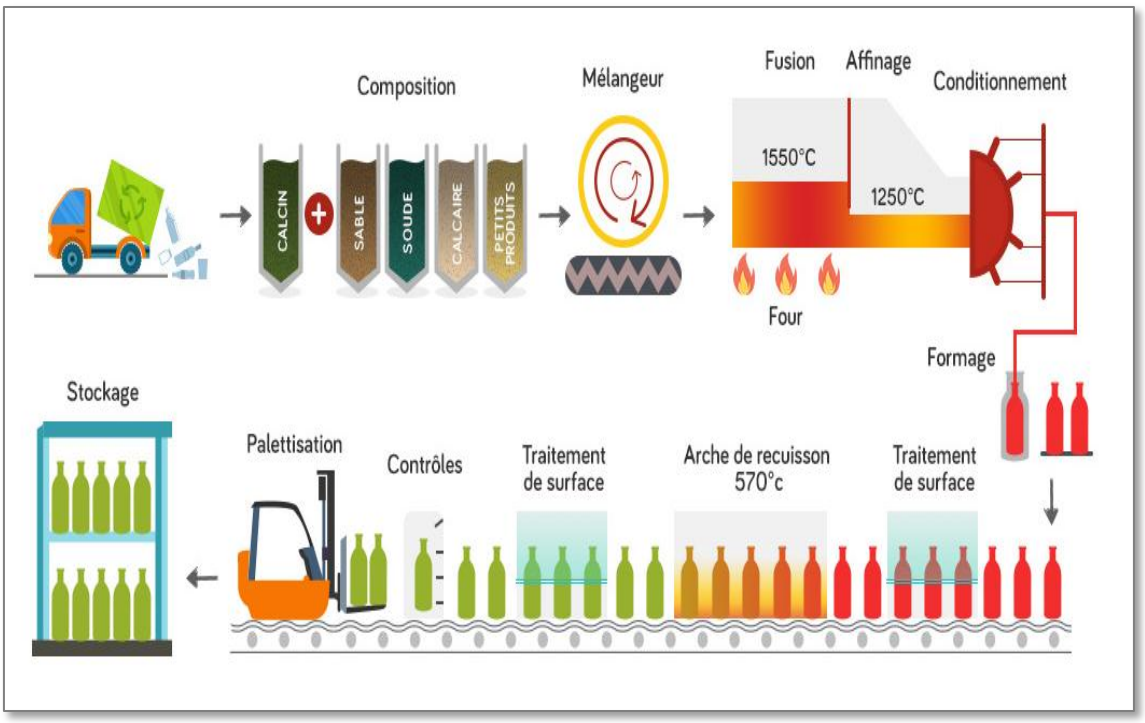

Figure 8: schéma de processus de fabrication du verre

II.4.1. Composition matières premières

Cet atelier a pour tâche de faire un bon mélange de matières premières, le mélange de la composition est basé sur matières premières abondantes et naturelles : 71% sable (l'origine de silice SiO2, considéré comme un formateur)

13% de soude sous forme de carbonate de sodium (considéré comme un modificateur), 12% de stabilisant chaux (calcaire), 4% des oxydes divers : - oxyde de calcium CaCO2 / oxyde de sodium Na2O et certains composants secondaires

- Silinium : bloque l'inconvénient du fer et garde la couleur
- Sulfate : élimine les défauts
- Alumine : pour conserver le verre et améliorer leur Résistance

A ce mélange est ajouté du calcin, verre brisé provenant des déchets de fabrication (fragments de verre doivent être lavés et concassés), introduit dans la composition comme un formateur qui permet l'économie d'énergie.

II.4.2. Composition

Le sable est transporté vers l'atelier de composition où il va être stocké dans un silo, les autres matières premières sont également stockées dans des silos semblables prêts pour la préparation de mélange vitrifiable, chaque silo de stockage dispose d'une trémie peseuse fonctionnant d'une façon automatique et assurant la pesée des quantités préalablement calculées de chaque matière, une fois la commande envoyée par l'opérateur à partir de la salle de contrôle, les trémies répondent aux matière sur un tapis transporteur quia son tour
Les transportés vers le mélangeur

Après 3 minutes de malaxage, la composition est prête pour être envoyée vers l'atelier de fusion. Selon la figure suivante ;

Figure 9 : calcins stockés afin d'être recyclées

II.4.3. Atelier fusion

Le mélange introduit de l'atelier de composition à travers les bandes transporteuses vers une enfourneuse qui a le rôle de pousser la matière vers le four, le mélange passe premièrement

par la zone 1 où il est fondu sous température de 1440ºC (FUSION de sable et MP) puis par la zone 2 où les molécules fondues sous 1260 ºC pour assurer l'homogénéisation de mélange vitrifiable.

Le verre en fusion et ensuite amené par des canaux de distribution appelées feeders, à leur extrémité y a un filet de verre en fusion et découpé en gouttes appelées la paraison, leur poids et forme est contrôlés très précisément et suivant le verre voulu, cette paraison est amenée jusqu'aux la machine de formage selon la figure 11.

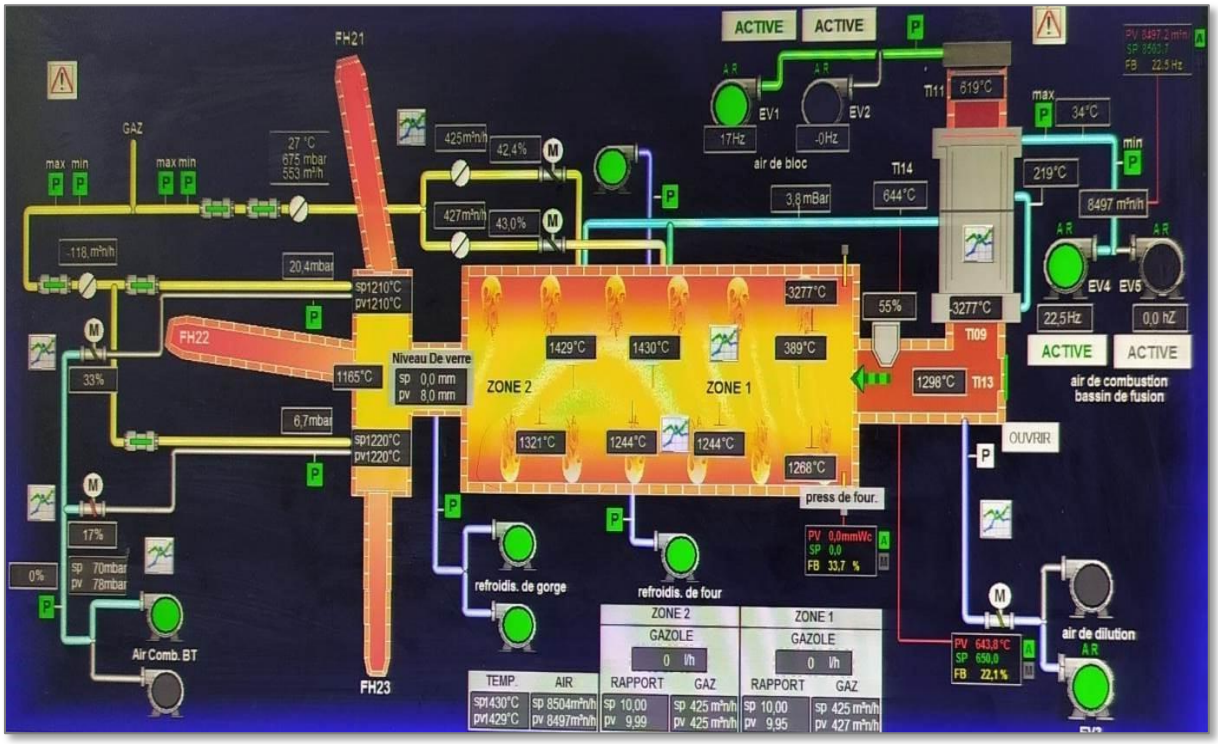

Figure 10 : schéma représentatif du four et feeders

II.4.4. Atelier bout chaud

Le formage de verre commence lorsque du verre fondu coule du four à travers le canal de distribution et dans le feeder, vers une cuvette jusqu'à ce qu'il devienne un filet de verre fondu, puis il est coupé par des ciseaux pour former une paraison et tombe dans la machine IS pour commencer le cycle de formage.

II.4.4.1. Machine IS

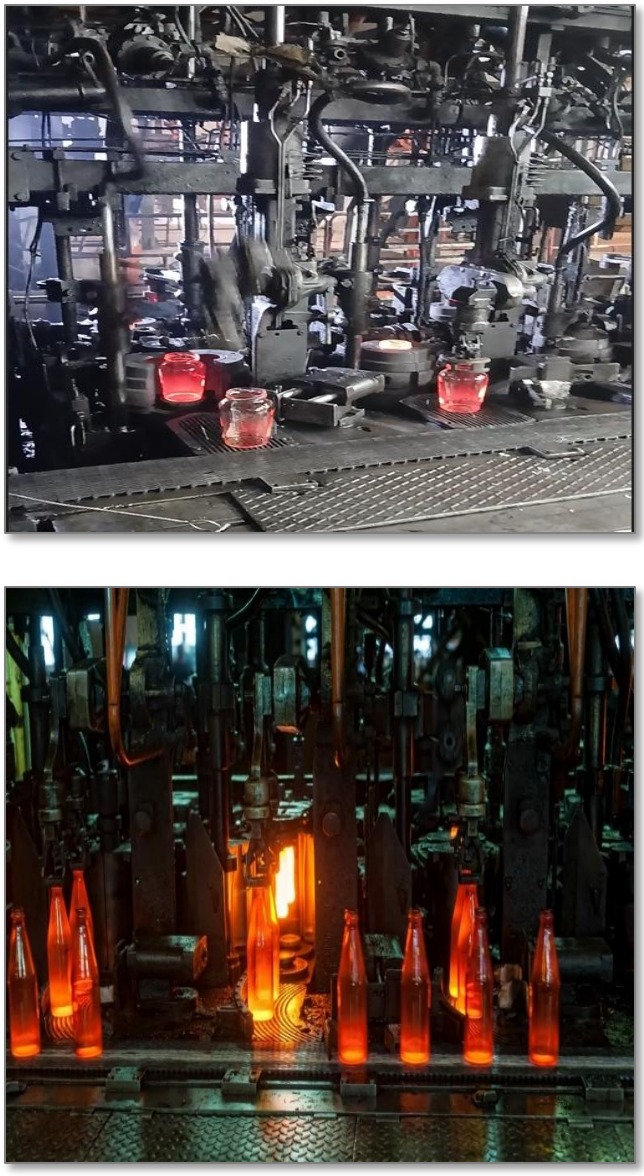

Figure 11: Machine IS double gob

La machine de formage de verre ou la machine IS (INDIVIDUAL SECTION) est l'équipement le plus critique dans le processus de fabrication mécanique de verre creux, Chaque machine comporte six sections (jusqu'au 12) chaque section comporte une empreinte ou double empreinte (gob).

Une série de 21 mouvements faits dans chacune section permet de nous former une paraison (découpe) vers un produit formé, Il y a plusieurs procédés de mise en forme du verre creux.

II.4.4.2. Soufflé-soufflé

L'atelier bout chaud de la société ALVER utilise ce procédé de soufflage pour fabrication des bouteilles Consiste à mettre en forme un article de verre creux par moulage à l'aide d'un air comprimé, ce procédé est effectué généralement principalement par deux temps :

-La paraison tombe à travers un système de livraison dans un moule ébaucheur, où elle est partiellement transformée par soufflage dans une forme creuse de forme intermédiaire formée d'une 'ébauche'.

-L'ébaucheur est ensuite transféré par un bras dans le moule finisseur, qui par le deuxième soufflage donne la forme finale à la bouteille ou bien un pot.

-Puis sont extraits du moule finisseur par une pince sur une plaque de refroidissement et poussés par le bras de sortie avant d'être convoyés.

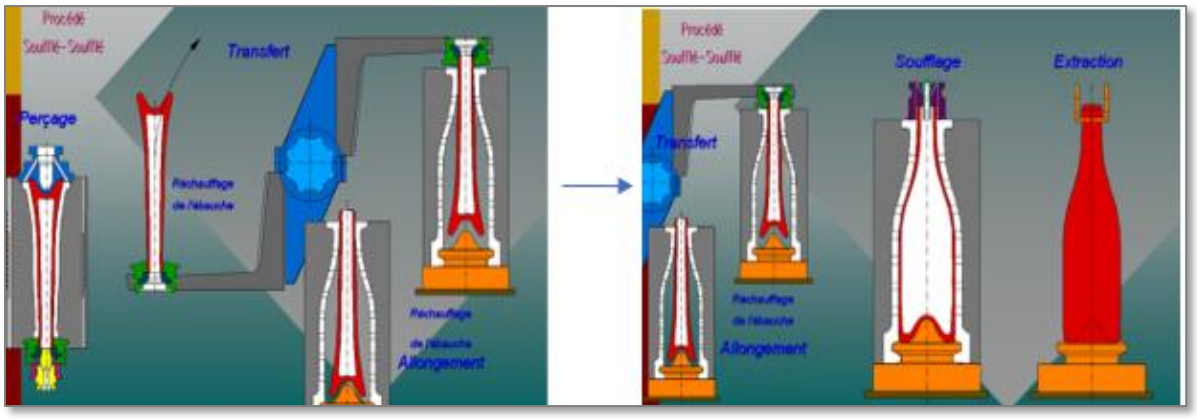

Figure 11 : Procédé S-S

II.4.5. Traitement à chaud

C’est la phase où les produits convoyés sont passés par un traitement calorifique avec chaleur qui aide les molécules à renforcer

Figure 13 : traitementthermique de produit

II.4.6. Arche de recuisson

Les produits traités à chaud sont ensuite poussés par un stacker vers l’arche de recuisson, ce processus prend de 30 min à 2h, consiste à réchauffés puis refroidis progressivement (500°C) les verres d’emballage dans un four tunnel pour garantir leur solidité et éviter les chocs thermiques.

Figure 14 : image pris à l'entrée de l'arche de recuisson

II.4.7. Atelier bout froid

Comme son nom lui indique, dans cet atelier, le produit vient refroidi en température ambiante, convoyé par les lignes vers des points de triage qualité physique manuel par les opérateurs formés, puis il passe des machines de contrôle qualité de haute technologie afin de rejeter les produits N.C. vers une autre ligne de recyclage.

Figure 12: Arche de recuisson

Figure 13: Refroidir le produit à température ambiante

II.4.8. Contrôle de la qualité

Figure 15: mcal4 et multi4] Machines de contrôle de la qualité

Figure 14: Contrôle manuel de la qualité

II.4.8.1. Palettiseur

Le palettiseur comme son nom lui indique, il s'agit d'un robot manipulateur qui aide à palettiser le produit et lui ranger dans des palettes et le centrer automatiquement.

Figure 16: palettiseur des produits

II.4.8.2. Housseuse

Cet équipement est le dernier dans la chaîne de production à l'atelier bout froid, les palettes sont transportées automatiquement par la navette vers la ligne du houssage, cette machine est dédiée à couvrir la palette avec un film et lui faire serrer afin d'être expédiée vers les clients en toute qualité et sécurité.

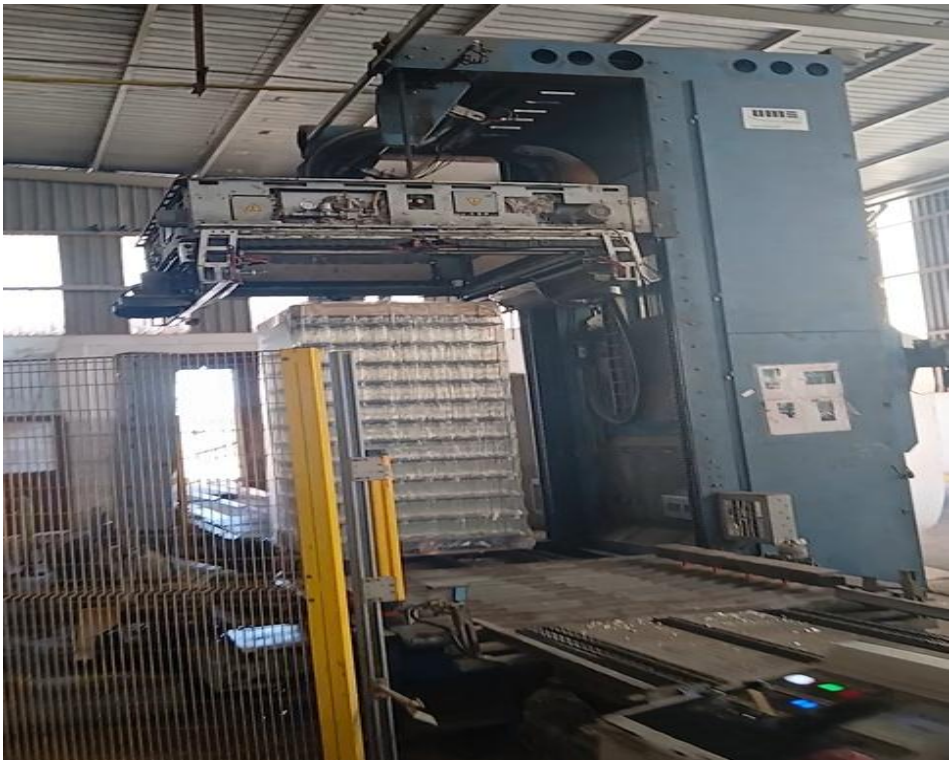

Figure 20: Housseuse

Chapitre III :

Application de l’AMD

Introduction

Ce chapitre traite de l'application de la méthode d'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité à un certain nombre de machines de la ligne de production de verre creux d'Alver Spa.

Sachant que la sélection de ces machines est due aux conseils et à l'expertise de l'ingénieur superviseur de l'entreprise.

Ce travail se fait en remplissant un tableau d’AMDEC qui vous a fourni les données relatives aux machines sélectionnées précédemment, où nous indiquons le mode de fonctionnement de la machine, les modes de défaillance, les causes et les effets en plus de la méthode de détection, ensuite nous évaluons la défaillance selon le tableau d'Évaluation et classification des défaillances à la fin du chapitre. ce tableau contient les critères de criticité, de détection et de probabilité d'occurrence multipliés les uns par les autres pour calculer le nombre de criticité RPN afin de catégoriser les machines en fonction de ce nombre

Alerte : L'évaluation est basée sur l'expertise de l'ingénieur superviseur et des techniciens de maintenance de l'entreprise en raison du manque de données.

III.1. Application de l'AMDEC

Dans cette partie, les modes de défaillance, leurs conséquences et leurs causes peuvent être classés dans des tableaux

Dans le modèle AMDEC, selon les fonctions requises des sous-systèmes avec les processus de contrôle (prévention et détection).

Ces tableaux récapitulatifs facilitent le processus d'évaluation et de classification des modes de défaillance et de leurs causes.

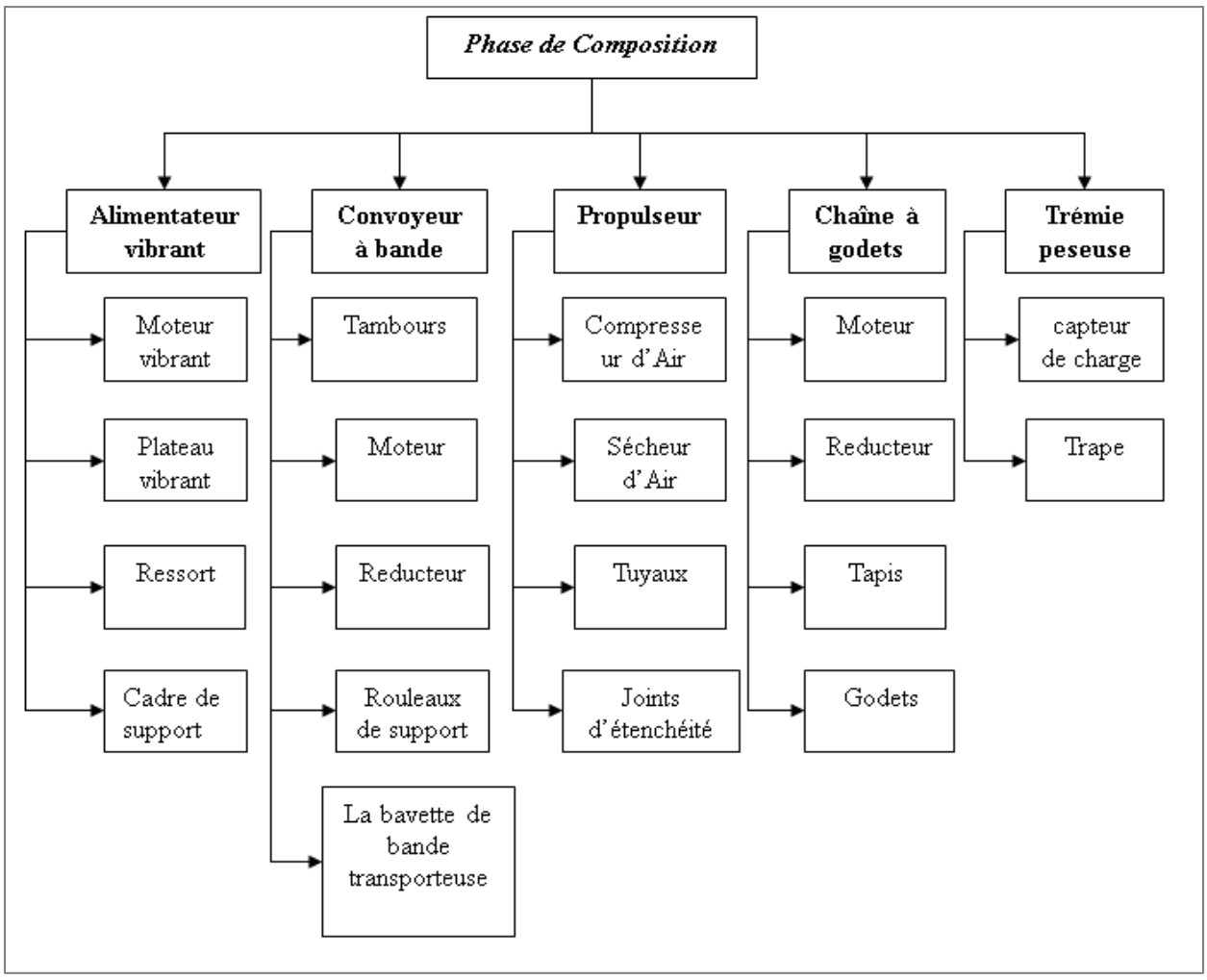

Figure 17: schéma des sous-systèmes de composition

L'alimentateur vibrant décharge la matière première (calcins) à une vitesse contrôlée dans un tapis roulant qui la transfère dans des réservoirs. Le Propulseur pneumatique pousse les

produits chimiques dans des tuyaux pour les décharger dans leurs propres réservoirs, tandis que la Chaîne à godets transfère le sable dans ses propres réservoirs.

Après ce processus vient le rôle de la balance, qui pèse une quantité estimée de chaque matériau pour former le mélange de verre.

III.1.2. Alimentateur vibrant

Un alimentateur vibrant est un équipement industriel qui utilise des vibrations mécaniques pour déplacer des matériaux en vrac d'un point à un autre. Il est composé de plusieurs éléments clés qui travaillent en synergie pour assurer son fonctionnement optimal.

Figure 18: Alimentateur vibrant

Tableu 1:Alimentateur vibrant

	AMDEC-MACHINE : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE									
	Système : Composition **Sous-systèmes : Alimentateur vibrant**									
Élément	**Fonctions**	**Mode de défaillance**	**Cause de défaillance**	**Effet de défaillance**	**Détection**	**Criticité**				**Actions**
						S	**O**	**D**	**RPN**	
Moteur vibrant	Produit les vibration mécanique	Blocage vibreur	• Usure des Roulements • Surchauffe • Déséquilibre	Arrêt du transport des matières premières	• Control visual • Analyse des vibrations • Test électrique	**4**	**2**	**4**	**32**	• Changer les roulements • Reboubinage
Plateau vibrant	Transport des matériaux	Fatigue des structures	• Corrosion du plateau vibrant		•Control visual	**3**	**2**	**2**	**12**	• Soudage • Changement
Ressort	Isolation de Plateau et absorption des chocs		• Rupture • Fissure			**3**	**3**	**2**	**18**	• Changement
Cadre de support	Fixent le plateau à la structure de production		• Rupture • Fissure			**2**	**2**	**2**	**8**	• Changement

III.1.3. Convoyeur à bande

Un convoyeur à bande est un équipement utilisé pour le transport de matériaux sur une distance définie, généralement dans des environnements industriels, miniers ou de manutention. Il se compose d'une bande en matériau flexible, généralement en caoutchouc ou en PVC, qui est tendue sur des rouleaux ou des tambours pour créer une surface de transport continue. Ce système est entraîné par un ou plusieurs moteurs qui permettent à la bande de se déplacer, transportant ainsi les matériaux d'un point à un autre.

Figure 19: Convoyeur a bande

Tableau 2: Convoyeur a bande

	AMDEC-MACHINE : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE									
	Système : Composition **Sous-systèmes : Convoyeur à bande**									
Élément	**Fonctions**	**Mode de défaillance**	**Cause de défaillance**	**Effet de défaillance**	**Détection**	**Criticité**				**Actions**
						S	**O**	**D**	**RPN**	
Tambours	Tourner la bande	Arrêt du transport de matériaux	• Blocage • Usure des roulements	Arrêt du transport des matières premières	• Control visual • Analyse des vibrations	**5**	**3**	**3**	**45**	• Changement des roulements • Assurer la lubrification
Moteur	Fonctionner le tambour		• Usure des roulements • Arrêt/ Défaillant		• Control visual • Test électrique	**5**	**2**	**3**	**30**	• Changer les roulements •Reboubinage
Reducteur	Réduire la vitesse du moteur de fonctionnement		•Manque de graissage •Encrassement des paignons		• Control visual • Analyse des vibrations et de l'huile	**5**	**3**	**3**	**45**	•Assurer la lubrification •Changement des pièces défectueuses
Rouleaux de support	bande et faciliter le transport des matériaux		• Usure des roulements installation		• vibration	**4**	**4**	**2**	**32**	• Changer les roulements

La bavette de bande transporteuse	Glisser hors de la bande		• Usure des bavettes •Mauvaise installation		• Control visual	**4**	**3**	**2**	**24**	• Changer les bavettes

III.1.4. Propulseur pneumatique

Est un dispositif utilisant de l'air comprimé pour générer une poussée et permettre un déplacement d'un objet ou d'un fluide

Figure 20: Propulseur pneumatique

Tableau 3: propulseur pneumatique

	AMDEC-MACHINE : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE									
	Système : Composition **Sous-systèmes : Propulseur**									
Élément	**Fonctions**	**Mode de défaillance**	**Cause de défaillance**	**Effet de défaillance**	**Détection**	**Criticité**				**Actions**
						S	**O**	**D**	**RPN**	
Compresseur D'air Sécheur D'air	Génère l'air sous pression Élimine l'humidité présente dans l'air comprimé	Basse pression d'air 5≤P≤6 bar Ou	•Surchauffe •Usure mécanique •Défaillance électrique •Colmatage Des filtres	Transfert partiel de matériaux Arrêt du transport des matières premières	•Control visual •Bruit •Affichage d'alarme	**5**	**3**	**3**	**45**	•Remplacement des filtres •Assurer une bonne ventilation •Inspection régulière
Tuyaux	Ligne de convoyage	Blocage du transport des matériaux	•Corrosion •Accumulation De produit		•Control visual	**5**	**2**	**2**	**20**	•Nettoyage des tuyaux •Vérifier l'état Des tuyaux

Joints d'étenchéité	Prévenir les fuites de fluides et d'assurer une barrière hermétique entre deux surfaces.		•Usure et Vieillissement •Mauvaise Installation		•Control visual	**3**	**3**	**2**	**18**	•Changement des joints •Inspections Régulières

III.1.5. Chaîne à godets

Une chaîne à godets est un dispositif de manutention utilisé pour le transport vertical ou incliné de matériaux en vrac, tels que des grains, du sable, des engrais, du ciment, ou des produits industriels. Ce système repose sur une série de godets (contenants) fixés à une chaîne, qui transporte les matériaux d'un point inférieur à un point supérieur, généralement dans des environnements industriels.

Figure 21: Chaîne à godets

Tableau 4: chaine a godets

	AMDEC-MACHINE : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE									
	Système : Composition **Sous-systèmes : Chaîne à godets**									
Élément	**Fonctions**	**Mode de défaillance**	**Cause de défaillance**	**Effet de défaillance**	**Détection**	**Criticité**				**Actions**
						S	**O**	**D**	**RPN**	
Moteur	L'entraînement de la chaîne	Arrêt du levage de matériaux	•Usure des roulements •Arrêt/ Défaillant	Manque de matériaux et arrêts de production	•Control visual •Analyse des vibrations •Test électrique	**4**	**2**	**3**	**24**	•Changer les roulements •Reboubinage
Reducteur	Réduire la vitesse du moteur		•Manque de graissage •Encrassement des paignons		•Control visual •Analyse des vibrations et des huiles	**3**	**2**	**4**	**24**	•Assurer la lubrification •Changement des pièces défectueuses
Tapis	Lever les matériaux		•Rupture •Usure et Vieillissement		•Control visual	**3**	**2**	**2**	**12**	•Raccordement de tapis •Changement

Godets	Contenir et transporter le matériau		•Rupture •Mauvaise Installation		•Control visual	**3**	**4**	**2**	**24**	•Soudage au godet •Réinstallation

III.1.6. Trémie peseuse

Une Trémie peseuse est un équipement industriel conçu pour peser des quantités précises de matériaux en vrac

Figure 22 : Trémie peseuse

Tableau 5: Trémie peseuse

	AMDEC-MACHINE : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE									
	Système : Composition **Sous-systèmes : Trémie peseuse**									
Élément	**Fonctions**	**Mode de défaillance**	**Cause de défaillance**	**Effet de défaillance**	**Détection**	**Criticité**				**Actions**
						S	**O**	**D**	**RPN**	
Capteur de charge	Mesurent le poids du matériau	Changement dans le mélange des matériaux	• Usure • Surcharge • panne électronique	Perturbation du processus de production	• Test de Réponse des Capteurs • Auto-DiagnosticIntégréCalibration Régulière • Mesure des paramètres électriques	**5**	**3**	**3**	**45**	• Protéger les capteurs contre les chocs et les surcharges. • Remplacer les capteurs
Trape	Déchargement du Matériau		• Blocage des Trapes		• Control visual	**4**	**3**	**3**	**36**	• Inspections Régulières • Nettoyage

III.1.7. Explication du schéma des sous-systèmes

La turbine pousse le mélange de verre précédemment formé dans le four à 24 brûleurs pour atteindre une température de 1500°C.

Le four est également équipé d'un système de refroidissement et d'une station-service en cas de pénurie

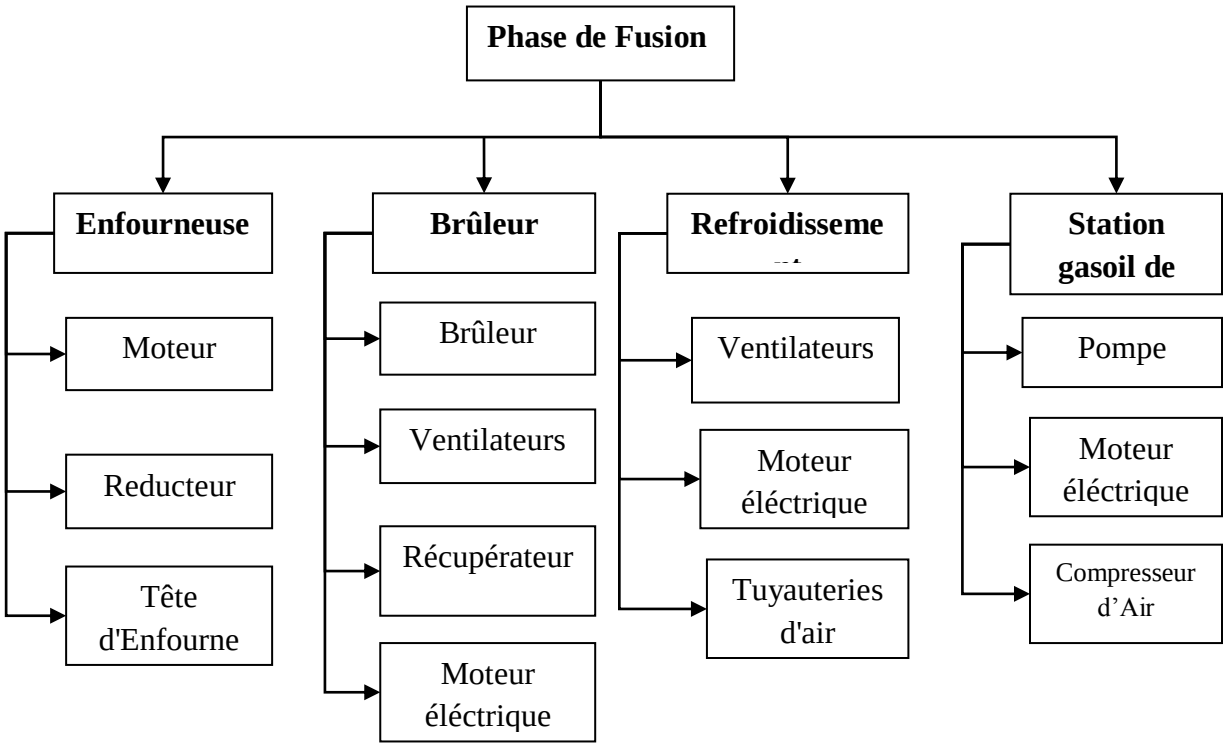

Figure 23: schéma des sous-systèmes de Fusion

III.1.8. L'Enfourneuse

Est une machine utilisée principalement pour Pousser les composants en verre à travers le four à des vitesses spécifiques en fonction de la surveillance du niveau de verre liquide à l'intérieur du four.

Figure 24: Enfourneuse

Tableau 6: Enfourneuse

	AMDEC-MACHINE : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE									
	Système : Fusion **Sous-systèmes : Enfourneuse**									
Élément	**Fonctions**	**Mode de défaillance**	**Cause de défaillance**	**Effet de défaillance**	**Détection**	**Criticité**				**Actions**
						S	**O**	**D**	**RPN**	
Moteur	L'entraînement D'enfourneuse	Blocage D'enfourneuse	•Usure des Roulements •Arrêt/ Défaillant	Arrêt de la fusion des matériaux, c'est-à-dire arrêt de la production	•Control visual •Analyse des vibrations •Test électrique	**5**	**2**	**3**	**30**	•Changer les roulements •Reboubinage
Reducteur	Réduire la vitesse du moteur		•Manque de graissage •Encrassement des paignons		•Control visual •Analyse des vibrations et des huiles	**5**	**2**	**4**	**40**	•Assurer la lubrification •Changement des piècesdéfectueuses
Refroidissement Water jaket	Refroidissement de la tête d'enfourneuse		•Coupures d'eau •Rupture •Déformation		•Control visual	**5**	**3**	**3**	**45**	•Changement

III.1.9. Brûleur

Un brûleur est un dispositif conçu pour générer une flamme en mélangeant du combustible et de l'air, généralement utilisé dans des systèmes de chauffage

Figure 25: les Brûleurs

Tableau 7: Bruleur

	AMDEC-MACHINE : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE									
	Système : Fusion **Sous-systèmes : Brûleur**									
Élément	**Fonctions**	**Mode de défaillance**	**Cause de défaillance**	**Effet de défaillance**	**Détection**	**Criticité**				**Actions**
						S	**O**	**D**	**RPN**	
Brûleur	Production de chaleur	Pas de flamme	• Usure de bec •Fuit •Manque d'isolement	Réduction de la température du four Arrêt de la production	•Control visual	**5**	**3**	**4**	**60**	•Changer les becs •Inspections Régulières
Ventilateurs d'air de combustion	Alimenter le Brûleur en air chaud		• Usure des Roulements •Usure des pales •Vibration		•Control visual •Analyse des vibrations	**5**	**3**	**4**	**60**	•Assurer la lubrification •Changement des pales
Récupérateur	Pour chauffer l'air à 650°C		•Déformation Si T>1300 C		•Control visual	**5**	**2**	**2**	**20**	•Réparation de récupérateur
Moteur éléctrique	L'entraînement de Ventilateurs		•Usure des Roulements •Surchauffe		•Control visual •Test électrique	**5**	**3**	**3**	**45**	•Changement

III.1.10. Refroidissement

Des ventilateurs industriels utilisés pour refroidir les parois et la sole du four, ainsi que les moteurs et les machines mécaniques et électriques.

Figure 30: ventilateur

Tableau 8: Refroidissemsent

	AMDEC-MACHINE : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE									
	Système : Fusion **Sous-systèmes : Refroidissement**									
Élément	**Fonctions**	**Mode de défaillance**	**Cause de défaillance**	**Effet de défaillance**	**Détection**	**Criticité**				**Actions**
						S	**O**	**D**	**RPN**	
Ventilateurs	Refroidissement du four	Absence d'air de refroidissement	• Usure des Roulements • Usure des pales • Vibration	Usure des parois et de la sole du four	• Control visual • Analyse des vibrations	**5**	**4**	**3**	**60**	• Changer les roulements • Assurer la lubrification • Changement des pales
Moteur éléctrique	L'entraînement de **Ventilateurs**		• Usure des Roulements • Surchauffe		• Control visual • Test électrique	**5**	**3**	**3**	**45**	• Changement
Tuyauteries d'air	Transfert d'air de refroidissement		• Fuit • Corrosion		• Control visual	**4**	**2**	**2**	**16**	• Réparation • Vérifier l'état Des tuyaux

III.1.11. Station gasoil de secours

Une station-service de secours est une installation conçue pour fournir du carburant de manière autonome en cas de dysfonctionnement ou d'interruption de l'approvisionnement en gaz.

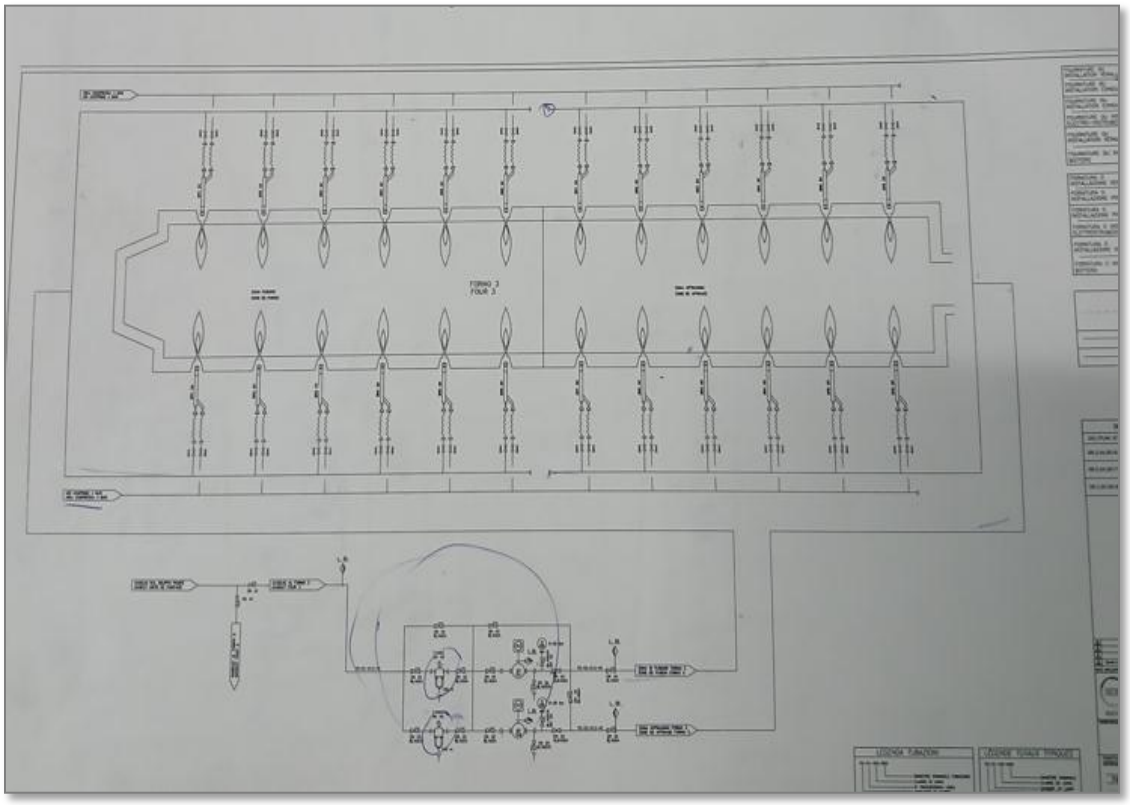

Figure 26: Schéma de Station gasoil de secours

Tableu 9: Stasion gasoil de secours

	AMDEC-MACHINE : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE									
	Système : Fusion **Sous-systèmes : Station gasoil de secours**									
Élément	**Fonctions**	**Mode de défaillance**	**Cause de défaillance**	**Effet de défaillance**	**Détection**	**Criticité**				**Actions**
						S	**O**	**D**	**RPN**	
Pompe	Pompage du gasoil dans le four	Absencedu gasoil et d'Air comprimé dans le four	• Usure des Roulements • Usure des pales • Vibration	Le four cesse de fonctionner et la production s'arrête	• Control visual • Analyse des vibrations	**3**	**2**	**4**	**24**	• Changer les roulements • Assurer la lubrification • Changement des pales
Moteur éléctrique	L'entraînementde**Ventilateurs**		• Usure des Roulements • Surchauffe		• Control visual • Test électrique	**3**	**3**	**3**	**27**	• Changement • Réparation
Compresseur D'air	Génère l'air sous pression		• Surchauffe • Usure mécanique		• Control visual • Affichage d'alarme	**3**	**2**	**2**	**12**	• Assurer une bonne ventilation • Inspection régulière

III.1.12. Machine IS

La machine IS (Individuel Section Machine) est largement utilisée dans l'industrie du verre pour produire des récipients en verre, tels que des bouteilles, des pots et d'autres récipients. Cette machine est spécialement conçue pour former et mouler des produits en verre en série, à partir de gouttelettes de verre en fusion.

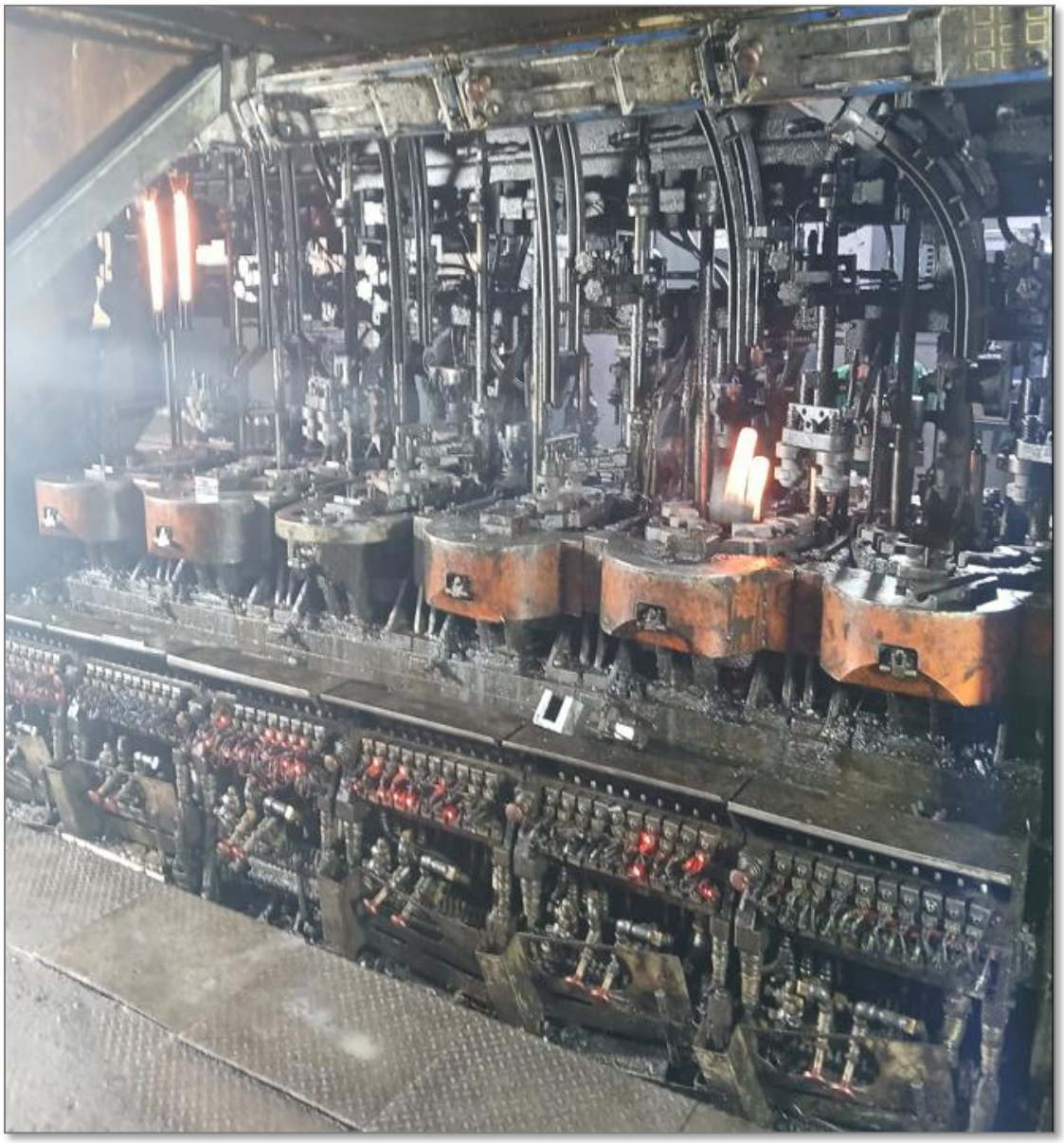

Figure 27: Machine IS

Tableu 10: Machine IS

	AMDEC-MACHINE : ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET LEURS CRITICITE									
	Système : Production **Sous-systèmes : Machine IS**									
Élément	**Fonctions**	**Mode de défaillance**	**Cause de défaillance**	**Effet de défaillance**	**Détection**	**Criticité**				**Actions**
						S	**O**	**D**	**RPN**	
Station de compression	Génère l'air sous pression	Variation d'Air	• Défaillance de compresseur • Défaillance de detendeur	• Ralentissement de machine • Dommages aux pièces mobiles	• Control visual • Test de pression	**5**	**2**	**3**	**30**	• Inspection régulière • Réparation
Lubrification	Minimiser les frottements, l'usure et la chaleur générés par le mouvement des pièces.	Haute température de l'huile Pression d'huile insuffisante	• Défaillance de l'échangeur de chaleur • Défaillance de compresseur • Usure des Roulements • Usure des pales	• Blocage de la machine • mauvais article	• Control visual • Test de pression • Control visual Analyse des vibrations	**5**	**4**	**3**	**60**	• Inspection régulière • Réparation • Changementdel'huile • Changer les roulements • Assurer la lubrification • Changement des pales
Refroidissement	Souffler de l'air froid sur les emballages et les moules					**5**	**3**	**3**	**45**	

III.2. Évaluation et classification des défaillances

En appliquant l'AMDEC au site de production de verre Alver Spa Group Condor.

Afin de faciliter la compréhension des résultats, nous utilisons des codes pour les modes et les causes de défaillance, l'échelle d'évaluation de la gravité, l'occurrence et la détection, comme suit :

Tableau 2:Évaluation de la gravité

Sévérité	Evaluaion
Sérieux	**5**
Haute importance	**4**
Importance moyenne	**3**
Faible importance	**2**
Très faible importance	**1**

Tableau 3: Evaluation d'occurrence

Occurrence	Evaluaion
Trés forte probabilité	**5**
Forte probabilité	**4**
Demi-probabilité	**3**
Faible probabilité	**2**
Très faible probabilité	**1**

Tableau 4: Evaluation d'occurrence

Détection	Evaluaion
Trés défficile	**5**
Défficile	**4**
Demi-détection	**3**
Détectable	**2**
Hautement détectable	**1**

III.2.1. Analyse des résultats

La lecture des tableaux montre que la valeur de criticité interdite se trouve dans plusieurs machines telles que :

- Les brûleurs, les ventilateurs de refroidissement, les ventilateurs d'air de combustion et la Lubrification de machine IS. Cette valeur est supérieure ou égale à 45. Cet équipement nécessite une intervention rapide et efficace pour éviter de graves effets sur la chaîne de production.
- Moteur vibrant : Le moteur vibrant présente un RPN moyen (32), suggérant que des actions régulières de maintenance préventive, telles que le changement des roulements et la lubrification, sont essentielles pour éviter une défaillance majeure.
- Trape : Avec un RPN de 36, il est essentiel de surveiller les trappes régulièrement. Leur blocage peut perturber le déchargement du matériau, ce qui peut affecter la continuité du processus de production.
- Capteur de charge : Le capteur, avec un RPN de 45, joue un rôle critique dans la précision des pesées, et une panne entraînerait des perturbations dans le mélange des matériaux, avec un impact sur la qualité du produit final.

Le plan de prévention proposé, ainsi que les actions préventives mises en œuvre par la maintenance (gestion et exploitation), ciblent les défaillances les plus critiques dérivées des tableaux d'analyse des modes de défaillance, des causes et de la gravité afin de minimiser leur gravité et leur criticité pour les machines ; après la mise en œuvre des actions proposées, les résultats suivants sont attendus :

Tableu 11 : Résultats du plan de prévention proposé

Élément	Criticité Avant Actions (RPN1)	Actions Recommandées
Propulseur	60	Remplacement des filtres, nettoyage
Brûleur	60	Changer les becs, assurer la lubrification
Station Gasoil de Secours	60	Changer les roulements, assurer une bonne ventilation
Station de Compression	40	Inspection régulière, réparation
Lubrification	45	Inspection régulière, changement de l'huile
Refroidissement	45	Changer les roulements, vérifier l'état des tuyaux
Machine IS	45	Inspection régulière, changement de l'huile
Enfourneuse	45	Changement des roulements, rebobinage
Chaîne à Godets	24	Changement des roulements, raccordement de tapis
TrémiePeseuse	36	Protéger les capteurs, nettoyage

III.2.2. Conclusion :

L'analyse AMDEC met en lumière des composants critiques dans différents systèmes de production, chacun présentant des IC indiquant le besoin d'une maintenance préventive régulière. Les éléments tels que le compresseur, le sécheur d'air, la pompe et les ventilateurs d'air de combustion se distinguent par leur impact significatif sur la continuité de la production. La mise en place d'un programme rigoureux de maintenance préventive, comprenant inspections, lubrification et remplacement de pièces usées, est essentielle pour minimiser les risques de défaillance et garantir un fonctionnement

optimal du système. L'attention portée aux composants avec des RPN élevés permettra de prévenir des interruptions coûteuses et d'assurer la fiabilité du processus de production.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Dans le cadre de ce travail, qui vise à appliquer la méthodologie de maintenance basée sur la fiabilité aux départements de composition et de fusion de la ligne de production de verre d'Alver Spa, nous sommes reconnaissants de l'occasion qui nous a été donnée d'étudier l'état des équipements et d'accroître leurs fiabilités.

L'insuffisance d'informations et parfois l'indisponibilité de celles-ci nous ont amenés à nous fier à l'expérience des travailleurs pour sélectionner les machines les plus critiques pour notre étude.

Dans cette étude, nous sommes appuyés sur l'analyse des modes de défaillance, des effets et de la criticité de l'AMDEC, qui est la base de la RCM.

Les résultats obtenus montrent l'importance de la maintenance préventive dans de nombreuses machines telles que les moteurs, les ventilateurs, les pompes et les systèmes de lubrification.

Ils montrent également que le département de fusion est le département le plus important de l'entreprise et de ses fondations.

Nous espérons que cette étude contribuera à améliorer la fiabilité des équipements et des machines de l'entreprise si les mesures préventives proposées sont appliquées.

Références Bibliographiques :

[1] British Standard BS 3811:1993 "Glossary of Terms in Terotechnology .

[2]Adapté de la thèse "APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN MOTORS DE PROPULSIÓN MARINA ‘d'ABDELHAK MADASSE’

[3]Le grand livre de la maintenance - Concepts, démarches, méthodes, outils et techniques

[4] Le Grand Guide de l'organisation et de la gestion de la maintenance - D. Bouami -

[5]Norme AFNOR X 60 011

[6]Étude de fiabilité d’une chaine de production chez : STPM CHIALI ‘ BENAIDA Anouar Alla Eddine et CHABANE Mastigas ’

[7]APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN MOTORS DE PROPULSIÓN MARINA ‘d'ABDELHAK MADASSE’

[8]MAINTENANCE Méthodes et organisations par (François Monchy & Jean-Pierre Vernier).

[9][10]APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN MOTORS DE PROPULSIÓN MARINA ‘d'ABDELHAK MADASSE’

[11]X06-501/NF, « Application of statistics. Initiation intoreliability »

[12]X60-500/NF « Terminologie relative à la fiabilité-maintenabilité-disponibilité », 1988, AFNOR

[13]Hergon, E., Crespeau, H., &Rouger, P. (1994). Modes de défaillance du processus transfusionnel. Intérêt de l'analyse prévisionnelle de sûreté de fonctionnement. Transfusion Clinique et Biologique, 1(5), 379-386.

[14]BOUKHERISSI, M., « AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) appliquée à la STEP d’Ain El Houtz ».

[15] APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM EN MOTORS DE PROPULSIÓN MARINA ‘d'ABDELHAK MADASSE’

[16]Maintenance centrée sur la fiabilité (RCM) et FMECA https://visuresolutions.com/fr/guide-fmea-gestion-des-risques/maintenance-centrée-sur-la-fiabilité/

[17] [18] [19] https://alver.dz/etape.php

[20] OPTIMISATION DE MAINTENANCE PREVENTIVE DE LA MACHINE DE PRODUCTION VERRE CREUX par : LAKHDAR FOUATIH Taher

Voir aussi :

Estimation of the Probability of Defective Failure from Destructive Tests

A. C. Nelson, Jr., J. S. Williams and N. T. Fletcher

Twipi Group : Les stratégies de maintenance/https://twipi-group.com

ABB : Maintenance des équipements/https://global.abb/group/en

IBM : Stratégie de maintenance./ https://www.ibm.com/us-en