

Année Universitaire : 2017-2018



Coordonnateur Pédagogique
du Master Sciences et Techniques
Génie Industriel

CHAFI Ana§

Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

**THEME : OPTIMISATION DE LA POLITIQUE DE MAINTENANCE POUR
LA MACHINE D'ETIRAGE-SOUFFLAGE DES PREFORMES EN PET A
L'AIDE DE LA METHODE AMDEC**

Lieu : Société les EAUX MINERALES D'OULMES
Référence : 11 /18-MGI

Présenté par:

SALAMI GOUAYA Nassirou

H. Kabbaaj



Soutenu Le 11 Juin 2018 devant le jury composé de:

- Mr. KABBAJ HASSAN (encadrant)
- Mr. BERRIMO JALAL (encadrant Société)
- Mr. TAHRI DRISS (examinateur)
- Mr. MOHAMMED RJEB (examinateur)



REMERCIEMENTS



*Tout d'abord, je remercie et rends grâce à **ALLAH** le Tout Puissant de m'avoir donnés la volonté, la patience et la bonne santé pour accomplir mon travail et mes études supérieures.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à **Mr. BERRIMO JALAL** , **Mr. ELBELLILI Anouar** encadrants de la société **EMO** et **Pr. KABBAJ HASSAN** encadrant de la **FSTF** qui m'ont dirigé dans ce travail avec beaucoup de gentillesse beaucoup de bienveillance et d'une patience infinie envers moi en vue de surmonter mes difficultés pendant toute la durée d'encadrement.*

*De même je remercie **Pr. KABBAJ HASSAN** de présider le jury d'examineurs, ainsi que **Pr. TAHRI DRISS** et **Pr. MOHAMMED RJEB** chargés d'examiner mon travail. Sans oublier de remercier tout le corps enseignant du département de Génie Industriel de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.*

*En fin, j'ai l'honneur et l'immense plaisir de transmettre mes chaleureux remerciements à toute l'équipe du site de **Tarmilate** de la société **EMO** qui m'ont donné l'aide afin de réaliser ce travail.*





DEDICACE

J'ai le grand honneur de dédier ce travail :

*A ceux qui m'ont fait de moi un homme, mes
chère parents et qui m'ont toujours encouragé
au cours de mon cursus d'étude.*

*Dieu le tout puissant vous préserve et vous
procure santé et longue vie.*

A tous ceux qui m'aiment beaucoup.

Et à tous ceux que j'aime.



Nassirou



LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de l'EMO	11
Figure 2 : Diagramme d'ISHIKAWA.....	19
Figure 3 : Diagramme d'AUTOMAINTEANCE	22
Figure 4: Méthode d'optimisation de la maintenance par l'AMDEC	26
Figure 5:Pannes cumulées'	37
Figure 6:Causes principales de 80% des pannes matériels.	38
Figure 7 : Aspects d'analyse fonctionnelle	39
Figure 8: Méthode Analyse Descendante'	42
Figure 9:Diagramme SADT niveau A-0	42
Figure 10:Diagramme SADT A0	43
Figure 11:Diagramme SADT A3	44
Figure 12: Diagramme bête à corne de la souffleuse SBF	45
Figure 13:Diagramme PIEUVRE de la Souffleuse.....	45
Figure 14: Cinématique de la Souffleuse SBF	46
Figure 15: Composant du système d'alimentation en préformes	47
Figure 16 : Principe du soufflage	48
Figure 17: Groupes composant la souffleuse SBF	49
Figure 18 : Décomposition fonctionnelle de la Souffleuse SBF	51
Figure 19 : Place du service maintenance dans l'entreprise	56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Exemple de feuille d'AMDEC	28
Tableau 2: Modes de défaillance génériques	29
Tableau 3: Grille de cotation de la gravité.	31
Tableau 4 : Grille de cotation de la fréquence.	31
Tableau 5 : Grille de cotation de la détection.....	32
Tableau 6 : Matrice de criticité	32
Tableau 7 : Tableau de la criticité (G, F, D).....	33
Tableau 8 : Nombre de panne pour chaque cause	36
Tableau 9 : cumul des causes de défaillance.....	37
Tableau 10 : Causes principales de 80% des pannes matériels.....	38
Tableau 11: caractéristiques techniques de la souffeuse SBF616.....	50
Tableau 12: Définition du critère F.G.N	52
Tableau 13 : Les fonctions du service maintenance.....	55

LISTE DES ABREVIATIONS

- AFNOR** : Association française pour la normalisation
- AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et leur Criticité
- FMECA**: Failure Modes, Effects and Criticality Analysis
- CCP** : Control Critical Point ou Point critiques pour leurs maîtrises
- CTQ** : Critical to Quality
- LEMO** : Les Eaux Minérales d'Oulmès
- GMAO** : Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur
- HACCP** : Hazard Analyzis Control Critical Point (Analyse des dangers et des points critiques pour leur maîtrise)
- ISO**: International Standardisation Organisation
- OHSAS**: Occupational Health and Safety Assessment Series
- OTD**: On Time Delivery
- PET**: Polyéthylène Téréphtalate
- PrpO** : Programmes préalables opérationnels
- SBF** : Stretch Blow Forming
- CEN** : Comité Européen de Normalisation
- MTBF** : Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement
- AF** : Analyse Fonctionnelle
- C** : Indice de Criticité
- G** : Gravité
- F** : Fréquence /ou occurrence
- D** : Détection / ou non Détection
- FS** : Fonctions de Service
- FP** : Fonctions Principales
- FC** : Fonctions Contraintes
- FT** : Fonctions Techniques
- ME** : Milieu Extérieur
- DT** : Demande de Travail
- TPM** : Total Productive Maintenance

REMERCIEMENTS.....	1 -
DEDICACE.....	2
LISTE DES FIGURES.....	3
LISTE DES TABLEAUX	4
LISTE DES ABREVIATIONS	5
INTRODUCTION GENERALE	8
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	9
I.1. Présentation de la société « Les Eaux Minérales d'Oulmès.....	10
I.1.1. Informations générales :.....	10
I.1.2. Historique de la société.....	10
I.1.3. Organigramme de la société :.....	11
I.1.4. Produits commercialisés :.....	11
I.2. Description des activités du site Tarmilate.....	12
I.2.1. Opérations préliminaires à l'embouteillage des eaux minérales:	12
I.2.2. Traitements préalables de l'eau et CO2 au sein de l'usine	13
I.2.3. Procédé d'embouteillage des eaux minérales:	14
I.2.3. Qualité - Hygiène, Sécurité et Environnement :	15
CHAPITRE II : METHODES D'OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE.....	17
II.1. Quelques méthodes d'optimisation de la maintenance.....	18
II.1.1. Introduction:	18
II.1.2. La méthode AMDEC :	18
II.1.2. La méthode ISHIKAWA :.....	19
II.1.3. Le diagramme de PARETO:	20
II.1.4. Méthode des 5S :.....	20
II.1.5. La méthode KAIZEN :.....	21
1. Présentation :	21
II.1.6. La méthode AUTOMAINTEANCE:.....	22
II.2. AMDEC.....	23
II.2.1. Introduction :.....	23
II.2.2. Histoire et Evolution :.....	24
II.2.3. Définition :.....	25
II.2.4. Buts et Objectifs d'application de l'AMDEC :	25
II.2.5. Caractéristiques de la méthode AMDEC :	26
II.2.6. Types d'AMDEC :.....	26
II.2.7. La démarche de l'AMDEC :.....	27
II.2.8. CONCLUSION	34
CHAPITRE III : ETUDE DE CAS « SOUFFLEUSE DES PREFORMES EN PET »... 35	
III.1. Analyse PARETO de la souffleuse SBF.....	36
III.1.1. Construction du diagramme de PARETO	36

III.1.2. Analyse des résultats :	38
III.2. Analyse fonctionnelle de Souffleuse SBF	39
III.2.1. Présentation :	39
III.2.2. Définition :	39
III.2.3. Méthodologie :	40
III.2.4. Outils d'Analyse Fonctionnelle :	41
III.2.5. Analyse SADT de la Souffleuse.....	42
III.2.6. Diagramme de bête à corne de la souffleuse SBF.....	44
III.2.7. Diagramme Pieuvre de la Souffleuse SBF:	45
III.2.8. Analyse fonctionnelle du procédé de soufflage	46
III.3. Application d'AMDEC sur la Souffleuse SBF	49
III.3.1. Description de la machine	49
III.3.2. Caractéristiques technique de la machine	50
III.3.3. Décomposition fonctionnelle de la Souffleuse non exhaustive	50
III.3.4. Tableau AMDEC :	52
III.3.5. Analyse de la criticité.....	52
III.4. Plan de Maintenance Préventive pour la Souffleuse	53
III.4.1. Définition de la maintenance.....	53
III.4.2. Les concepts de maintenance	53
III.4.3. Le service maintenance:.....	55
III.4.4. Place du service maintenance dans l'entreprise :	56
III.4.5. Le technicien de maintenance :	57
III.4.6. Le management de la maintenance :	57
III.4.7. Sources disponibles pour la maintenance à l'usine de Tarmilate.....	57
III.4.8. Difficultés observées sur le terrain :.....	58
III.4.9. Plan de maintenance préventive	59
III.4.10. La fiche d'entretien préventif.....	59
CONCLUSION GENERALE	60
BIBLIOGRAPHIE	61
WEBOGRAPHIE.....	61
ANNEXES :	62
Annexe1 : Extrait de l'étude AMDEC	62
Annexe 2 : Extrait du plan de maintenance préventive	65
Annexe 3 : Fiche d'entretien préventif	69

INTRODUCTION GENERALE

Dans des nombreux secteurs industriels, la sûreté de fonctionnement est un enjeu majeur pour assurer une compétitivité optimale de l'outil de production.

En réalité, la sûreté de fonctionnement englobe des notations essentielles telles que : la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité de n'importe quel système industriel produisant des biens ou des services.

Une ligne d'embouteillage d'eau minérale est une série de machines de fabrication conçues et reliées pour réaliser un embouteillage. Sur cette ligne, la machine **d'étirage-soufflage** occupe une place prépondérante, elle représente en effet le pilier du processus d'embouteillage et c'est la partie la plus critique de l'équipement. Compte tenu du fait que cette machine possède des éléments susceptibles d'être maintenus, notre structure d'accueil, la société les **EAUX MINERALE D'OULMES**, nous a mis en contribution en nous confiant la tâche d'optimisation de la fonction maintenance à l'aide de la méthode AMDEC en vue de pouvoir l'appliquer réellement sur la machine en question.

L'**AMDEC** (l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et leur Criticité) est très utilisée pour les études de sûreté de fonctionnement lors de la conception et au cours de l'exploitation des systèmes industriels. Elle est indispensable pour s'assurer que les paramètres de la sûreté de fonctionnement sont conformes aux spécifications.

Pour mener à bien notre travail, nous répartissons notre mémoire comme suit :

Chapitre I : Cette partie aborde la présentation générale de l'organisme d'accueil et traite la description des principales activités de l'usine de Tarmilate constituant la chaîne de valeur de manière détaillée depuis le Captage de l'eau jusqu'à l'embouteillage.

Chapitre II : Cette partie est faite pour définir quelques différentes méthodes d'optimisation de la maintenance et définir de façon explicite et détaillée la méthode **AMDEC** et la démarche à suivre pour l'appliquer.

Chapitre III : cette partie sera réservée à l'application de l'**AMDEC** sur une souffleuse des préformes en PET série SBF et de marque SACMI. Cette application débutera par l'analyse de la problématique à l'aide du diagramme de PARETO puis l'analyse fonctionnelle de la souffleuse et l'analyse de la criticité de ses composants et enfin terminera par la proposition d'un plan de maintenance préventive pour ladite souffleuse.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

Cette partie présente la société EMO et traite la description des principales activités de l'usine de Tarmilate constituant la chaîne de valeur de manière détaillée depuis le Captage de l'eau jusqu'à l'embouteillage

I.1. Présentation de la société « Les Eaux Minérales d'Oulmès »

I.1.1. Informations générales :

Raison sociale	: LES EAUX MINERALES D'OULMES S.A
Forme juridique	: Société anonyme marocaine (Société anonyme) avec conseil d'administration
Capital	: 55.000.000 DH
Adresse	: Siège et Dépôt de Casablanca-Zone Industrielle de Bouskoura 20180 Casablanca
Sites de production	: Usine de Bouskoura, usine de Tarmilate et usine de Tan Tan
Site web	: www.oulmes.ma
Téléphone	: +212 522 334742
Fax	: +212 522 334752/334907
Email	: sidiali@oulmes.ma
Date de création	: 7 mars 1934 sous la dénomination Société des Eaux Minérales d'Oulmès

I.1.2. Historique de la société

La société « Les Eaux Minérales d'Oulmès », Leader incontesté du marché de l'eau, avec une offre complète et diversifié est une entreprise pionnière dans le secteur des eaux minérales. Son activité concerne l'ensemble des activités de la chaîne de valeur : captage, production et embouteillage.

Quelques dates clés :

- **7 février 1933** : La société « Les Eaux Minérales d'Oulmès » voit le jour sous l'appellation « Société des Eaux Minérales d'Oulmès », grâce à une concession du Protectorat. La première bouteille d'Oulmès est mise sur le marché dès 1934.
- **1943** : L'année 1943 marque la première introduction des Eaux Minérales d'Oulmès à la bourse des valeurs de Casablanca, devenant l'une des premières entreprises du Royaume à être cotée en bourse.

- 1978 : Une année qui marque un tournant décisif dans l'activité des Eaux Minérales d'Oulmès, avec l'exploitation de la source « Sidi Ali Chérif », à l'origine de la marque Sidi Ali.
- 1999 : Obtention de la certification ISO 9002 version 94
- 2001 : Oulmès innove en lançant la gamme Oulmès légère et la gamme se diversifie avec le lancement de Bahia, une nouvelle marque d'eau de table.
- 2002 : Passage à la norme ISO 9001 version 2000 qui vient remplacer la certification AFAQ ISO 9002 (version 1994) et Partenariat stratégique est conclu avec Pepsi International pour l'embouteillage et la distribution au Maroc des boissons gazeuses
- 2009 : Lancement de l'eau minérale Aïn Atlas, dernier né dans le paysage des Eaux Minérales d'Oulmès
- 2011 : Démarrage des activités de l'usine de Tan-Tan et Cession des activités sodas

I.1.3. Organigramme de a société :

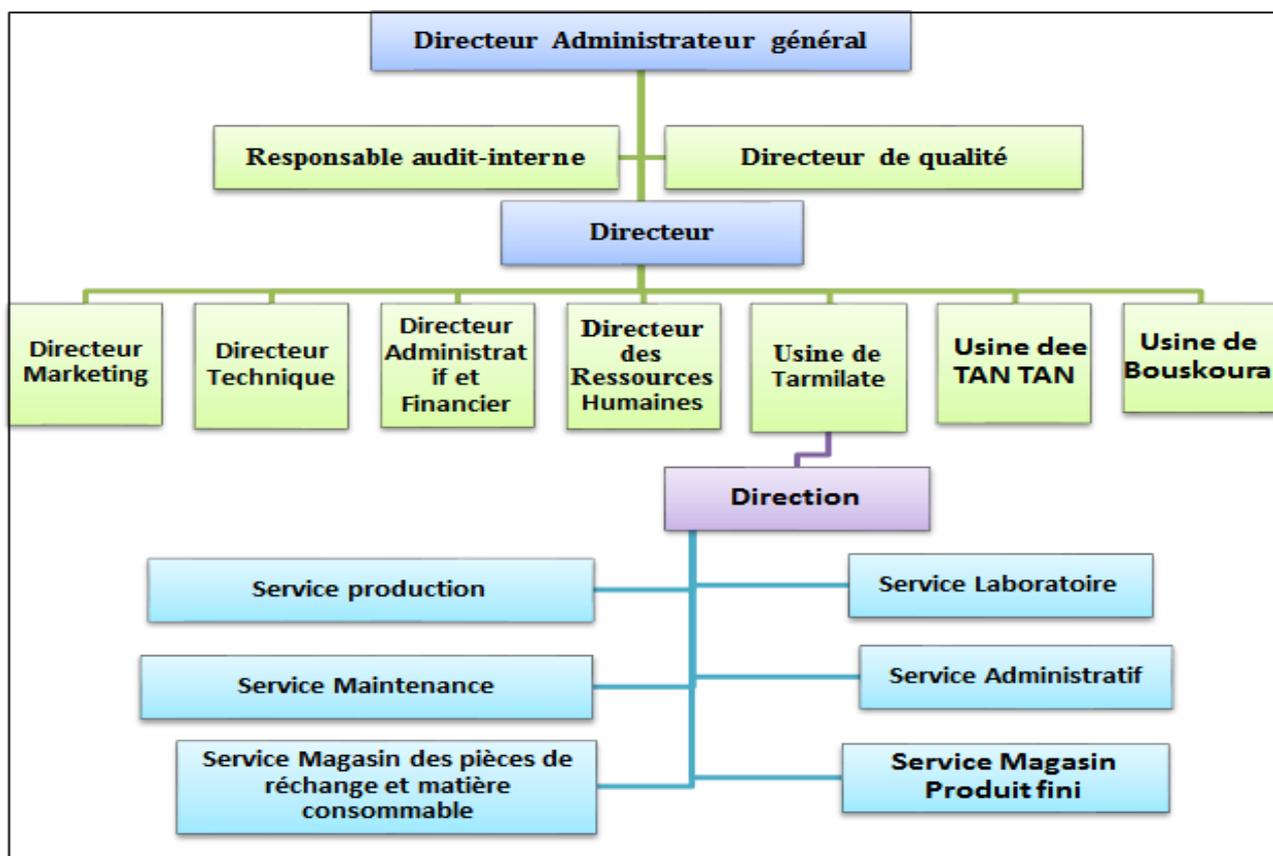


Figure 1: Organigramme de l'EMO

La société dispose d'une concession d'exploitation d'un rayon de 30km autour du point géodésique d'Oulmès. Sur ce territoire, beaucoup de sources d'eaux jaillissent dont « lala Haya » et « Sidi Ali Cherif ». L'unité de production des eaux minérales se trouve à Tarmilate, commune rurale à 8Km de la Caïdat d'Oulmès. Province de Khemisset.

La société dispose de trois sites de production à savoir : Tarmilate , Bouskoura et Tantan.

I.1.4. Produits commercialisés :

a. *Sidi Ali* :

L'eau de la source « SIDI ALI CHERIF » est une eau juvénile, hypogène, qui se forme sous l'écorce terrestre. C'est une eau exceptionnellement pure, à l'abri de toute pollution de surface.

b. Ain Atlas :

« AIN ATLAS », est une eau de source baptisée positionnée entre l'eau minérale SIDI ALI et l'eau de table BAHIA. Elle est puisée de la source de HAMOU AGUEMGUEM à 4 km d'OULMES.

c. Oulmès :

L'eau de la source « LALLA HAYA » (Oulmès) est une eau juvénile, hypogène, qui se forme sous l'écorce terrestre par réaction entre les roches en fusion du magma. Elle remonte, ensuite, poussée par des bulles de gaz carbonique, dans les failles entre les schistes et les granites. Cette eau, élaborée par les laves en fusion, est à l'abri de toute pollution de surface.

d. Bahia :

Bahia est une eau de table, lancée sur le marché en 2001 afin de pénétrer le segment des eaux purifiées. Il s'agit, d'une eau potable qui subit une déminéralisation par osmose inverse ainsi qu'une désodorisation et une désinfection.

e. Sodas :

En 2002, OULMES a signé un accord exclusif pour embouteiller et distribuer les produits sodas de la multinationale Pepsi Co sur tout le territoire marocain.

I.2. Description des activités du site Tarmilate

I.2.1. Opérations préliminaires à l'embouteillage des eaux minérales:

1. Captage des eaux du process :

a. Captage :

Le captage est la première opération dont le but est d'acheminer l'eau depuis sa source jusqu'à l'usine où elle sera stockée dans des cuves.

b. Insufflation (CCP1):

L'insufflation consiste à envoyer de l'air ambiant filtré par des surpresseurs avec une pression de 5 bars afin d'oxyder Fe^{2+} et Mn^{2+} . Vu la variabilité de la teneur de ses ions selon la source et sur base des analyses physico-chimiques, la durée de cette étape sera variable.

c. Décantation :

L'oxydation induite par l'air sous pression entraîne une décantation des particules solides qui vont aller se déposer sous l'effet de la gravité vers le fond de stockage. La durée de cette étape est de **12 h** pour Sidi Ali et **4h** pour Oulmès.

d. Soutirage vers la salle de filtration:

Le passage à l'étape suivante de soutirage est autorisé par la confirmation des analyses au niveau du laboratoire. Les tests réalisés doivent assurer un taux de Fer et le Mn respectivement inférieur **0.1mg/l** supérieur à **0.05mg/l**.

Egalement des résultats des analyses microbiologiques doivent être conformes aux normes.

2. Captage du CO₂ de la source "Lalla Haya"

Trois stations de refoulement et deux conduites en parallèles assurent l'alimentation en eau et FST FES

CO₂ : une pour l'eau et l'autre pour le CO₂. Le rôle de ces stations est de réaliser une séparation physique de l'eau et du gaz durant leur transport et minimiser les pertes de charges des deux fluides lors du transport.

Le CO₂ est pompé avec des surpresseurs captant le gaz à 300mbar, puis le refoule vers la station de traitement de CO₂ de l'usine pour arriver avec une pression de 180mbar.

I.2.2. Traitements préalables de l'eau et CO₂ au sein de l'usine

1. Traitement des eaux minérales :

L'eau soutirée est pompée vers une salle où se fera la filtration. Cette filtration revêt deux aspects : la séparation et la désinfection.

a. Filtration frontale :

Cette opération se fait en deux étapes :

- **Filtration sur membrane en céramique :**

Pré-filtrations réalisée avec des filtres appelés Katadyn. Cette installation est destinée à retenir les impuretés (oxydes et micro-organismes). Cette filtration à une porosité de **0.45µm**. Les grains d'argent du filtre permettent de retarder la prolifération microbienne.

- **Filtration sur membrane en polypropylène :**

Considérée comme une filtration de stérilisation, c'est une filtration plus sélective dont l'objectif est la rétention de toute molécule ou microorganisme dont la taille excède **0.22 µm**.

b. Filtration tangentielle -Ultrafiltration:

Une pré-filtration est d'abord réalisée à l'aide de 3 filtres poches montés en parallèles. Leur porosité est de l'ordre de 50µm, ils permettent de retenir les impuretés (le pollen, les algues les bactéries) ayant un grand diamètre et laissent passer les sels minéraux.

Cette cuve permet de subvenir aux besoins en eau lors du rétro lavage et permet également d'alimenter le processus se trouvant en aval. Un passage par les lampes à U.V est réalisée à la fin de cette étape : Les micro-organismes éventuellement toujours présents dans l'eau filtrée par les deux méthodes, sont éliminés par des lampes à l'ultra-violet avec un temps de contact eau/rayon plus au moins constant.

2. Traitement du gaz :

Une fois pompé et séparé physiquement de l'eau, le gaz séparé subit une série d'étapes de traitements afin de le purifier avant d'être réinjecté :

- **Pompage vers le compresseur bi-étagé**
- **Séchage**
- **Désodorisation**
- **Filtration finale**
- **Liquéfaction du CO₂ :** Vu sa difficulté à être stocké sous forme gazeux, le CO₂ est liquéfié pour réduire son volume. Le CO₂ liquide est stocké. L'excès du gaz est vendu.
- **Evaporation du CO₂**

3. Traitement de l'eau industrielle :

L'eau industrielle au niveau de l'usine est utilisée dans la chaudière, pour générer du froid et l'eau traitée est destinée à la consommation du village aux alentours de l'usine. Parmi les étapes de ce traitement, on distingue :

a. Arrivée à l'usine :

Les eaux alimentant ce circuit proviennent des sources Lala Haya et Sidi Ali. Elles sont stockées dans deux cuves : Brute 1 et Brute 2. Une pompe injecte de l'eau de javel et du KLAR-AID 200 qui est un coagulant servant à agglomérer les suspensions et grandes molécules présente dans l'eau en petits floccs. Une fois la cuve est pleine (un détecteur de niveau stoppe le pompage), on démarre l'insufflation qui durera 4h.

b. Décantation :

Grâce à trois entonnoirs, il y a élimination des grands corps issus contenant les suspensions de l'eau par précipitation.

c. Filtration par des filtres à sables : Filtration des restes de particules en suspension.

d. Bassin : L'eau filtrée est récupérée dans un bassin d'où elle sera pompée une fois le niveau dans le bassin atteint 2/3.

I.2.3. Procédé d'embouteillage des eaux minérales:

Une fois que les analyses ont confirmé l'efficacité du traitement de l'eau, une autorisation est délivrée par le laboratoire pour démarrer l'embouteillage. Il faut signaler qu'au niveau du site de production, il existe 9 lignes d'embouteillages avec différents formats.

En principe quel que soit le produit, les étapes du processus sont identiques à l'exception du produit Oulmès où il y a incorporation du gaz via un saturateur. En ce qui concerne certaines étapes, leur description sera brève car elles seront traitées dans des chapitres ultérieurs.

1. Soufflage des préformes en PET :

A l'usine, l'élément de base pour obtenir leurs bouteilles est appelée préforme. Sa nature chimique est le PET. Elle est fabriquée au niveau du site de production de Bouskoura à partir d'une sorte de résine. Le soufflage est une opération complexe qui transforme la préforme en bouteille avec différents étapes qui seront décrites ultérieurement dans la troisième partie.

2. Soutirage :

Selon le type de ligne d'embouteillage, il se peut que le processus de soufflage soit reliée à celui de soutirage dans un ensemble dénommé "**Combo**" (Cas de la ligne 7). D'autres au contraire (ligne 8), le passage du soufflage au soutirage nécessite un transport de bouteilles par un convoi aérien (PrpO). Parmi les étapes du soutirage, on distingue :

- *Rinçage des bouteilles (propre à certaines lignes)*
- *Remplissage des bouteilles :* Le processus de remplissage est de type volumétrique : en général des mesureurs de flux sont installés sur deux robinets qui contrôlent le volume de fluide qui les traverse. Au cours du remplissage, en plus de mesurer le

volume du fluide, le temps de dosage est mesuré c'est-à-dire le temps nécessaire pour que le remplissage se termine.

- *Bouchage des bouteilles (CCP2)* : Par la suite des convoyeurs à chaînes vont acheminer les bouteilles remplies vers l'étiqueteuse.

3. Etiquetage :

Cette opération se réalise grâce à une étiqueteuse à une température d'environ 150°C et une pression de 3bar. Elle met en jeu divers éléments qui seront développés ultérieurement.

4. Datage :

Une cellule photoélectrique déclenche un jet d'encre sur la bouteille marquant les renseignements suivants sur le col de la bouteille :

- *Date de production* : P : Jour /Mois/ An : Heure + L (ligne)
- *Date d'expiration* : E : Jour/ Mois/ An Minute + Numéro de la ligne de production

5. Fardelage :

Les bouteilles sont convoyées ensuite vers la fardeluse pour être groupées dans des paquets, puis enveloppées par un film thermo-rétractable puis traversent un four pour que le film se rétracte autour des bouteilles. Un ventilateur à la sortie refroidit les paquets.

6. Poignettage :

Les paquets sont transportés via un convoyeur vers la poignetteuse. Cette étape consiste à ajouter aux paquets des poignets pour faciliter la manutention.

- 7. **Palettisation** : Cette étape permet de rassembler plusieurs paquets ensemble afin de former des lots qui seront empilés les uns sur les autres pour former une palette.

8. Entreposage des lots produits finis

I.2.3. Qualité - Hygiène, Sécurité et Environnement :

1. Qualité :

La volonté d'être toujours à l'écoute de ses clients en vue de satisfaire leurs besoins se manifestant par certaines exigences, le SMQ de l'EMO a été reconnu conforme et certifié selon la norme internationale **ISO 9001 Version 2008**, certificat délivré par l'AFNOR. La politique qualité de la société se tourne vers une amélioration continue permanente se manifestant par l'approche par processus et une volonté de transparence via les audits tant externes qu'internes réalisés dans la société.

2. Hygiène :

Toute industrie opérant dans le secteur agro-alimentaire se doit d'assurer sa clientèle de la sécurité sanitaire de ses produits non pas seulement dans un souci de concurrence de profit mais au contraire dans un objectif de gagner la confiance quant à la fiabilité de ses produits. C'est dans cette optique que le SMSDA de l'EMO a été reconnu comme conforme aux exigences de la norme **ISO 22000 Version 2005**. Ce certificat délivré par l'AFNOR atteste de la capacité de la société à maîtriser tous les dangers susceptibles de nuire à la qualité du produit en altérant la santé du consommateur.

En effet, cette norme est en quelque sorte une combinaison de divers éléments :

- Iso 9001 relative au SMQ (Ecoute / Satisfaction client, Approche processus Amélioration continue, Leadership...)
- Les programmes préalables
- La démarche HACCP avec ses 7 principes et 12 étapes.

En ce qui concerne la démarche HACCP au sein de l'usine, les CCP identifiés sont :

- Insufflation
- Filtration
- Bouchage des bouteilles
- Sertissage des canettes

Pour ce qui est des PrpO, on peut citer le procédé de Lavage et le convoyage aérien.

3. Sécurité et santé au travail:

La sécurité et la santé au travail est une des préoccupations primordiales à laquelle doivent s'impliquer plus particulièrement les acteurs opérants dans le secteur industriel.

La politique sécurité et santé au sein de EMO a une place privilégiée et cela se matérialise par quelques exemples :

- La mise en place d'un management visuel caractérisé par : différents pictogrammes de précautions de sécurité, panneaux ;
- La présence d'extincteurs en nombre suffisant ;
- La présence d'une infirmerie, d'une ambulance et l'évaluation quotidienne grâce au démerite Sécurité-Santé.

Grâce à toutes ces précautions mises en place et par la maîtrise du système de gestion de la santé et sécurité au travail, EMO reçu la certification selon la norme britannique **OHSAS 18001**, preuve que la direction s'est engagée dans un processus visant à prévenir tout danger pouvant nuire à la sécurité ou la santé de son personnel.

4. Environnement:

Soucieux de l'environnement, EMO dans un souci de respecter les exigences en matière du respect de l'environnement s'est vu attribué le certificat ISO 14001 version 2004 certifiant que son système de management environnemental était en adéquation avec les exigences de ladite norme internationale.

CHAPITRE II : METHODES D'OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE

Cette partie chapitre définit quelques méthodes d'optimisation de la maintenance et aborde de manière détaillée la démarche d'Analyse des modes de Défaillance de leurs Effets et leur Criticité (AMDEC) objet de l'étude de cas.

II.1. Quelques méthodes d'optimisation de la maintenance

II.1.1. Introduction:

Dans le contexte actuel d'ouverture des marchés, les entreprises doivent améliorer leur compétitivité et donc leur productivité. « Produire plus pour moins cher » c'est avoir une meilleure disponibilité des moyens de production et c'est dépenser moins. Or la maintenance influe sur les deux facteurs : une maintenance mieux ciblée, c'est moins d'indisponibilité ; une maintenance mieux maîtrisée, c'est moins de dépenses.

Au vu de l'importance du processus maintenance et de son impact sur les performances des installations, des méthodes d'optimisation ont été développées afin d'aider les responsables de maintenance à construire ou à modifier les stratégies de maintenance telle que la méthode **AMDEC**, la méthode **Ishikawa** (ou le diagramme Causes Effets), Le diagramme de **Pareto**, méthode des **5S**, la méthode **KAIZEN**, la méthode d'**AUTOMAINTEANCE**...

II.1.2. La méthode AMDEC :

Le mot **AMDEC** signifie l'Analyse des **Modes de Défaillances** de leurs **Effets** et de leur **Criticité**.

C'est une Technique d'analyse préventive permettant d'identifier et de traiter les causes potentielles de défauts et de défaillance avant qu'ils ne surviennent. L'**AMDEC** est une méthode rigoureuse de travail en groupe, très efficace grâce à la mise en commun de l'expérience et des connaissances de chaque participant, à condition toutefois que l'animateur **AMDEC** soit suffisamment expérimenté.

On peut faire :

- Une **AMDEC Produit**, pour vérifier la conformité d'un produit développé par rapport aux exigences du client ;
- Une **AMDEC Processus**, pour valider la fiabilité du processus de fabrication ;
- Une **AMDEC Moyen**, pour vérifier la fiabilité d'un équipement.

Le principe consiste à recenser toutes les causes potentielles de chaque mode de défaillance et d'évaluer la criticité. Cette dernière résulte d'une triple cotation quantifiée :

- note "**G**" : Gravité ou sévérité de l'effet du défaut ou de la défaillance ;
- note "**F**" : Occurrence ou fréquence d'apparition de la cause ;
- note "**D**" : Détection probabilité de non détection de la cause.

L'indice de criticité est obtenu par le produit des trois notes : $C = G * F * D$.

Remarque : Plus la criticité est importante, plus le mode de défaillance considéré est préoccupant. Lorsque la criticité dépasse la limite prédéfinie par le groupe, ce dernier recherche les actions d'amélioration possible pour la ramener à un niveau acceptable en jouant sur :

- La gravité (exemple: la gravité d'une fuite de carburant sera diminuée par la mise en place d'un bassin de rétention) ;
- L'occurrence (exemple: en augmentant la fiabilité d'un composant, en jouant sur la maintenance préventive ...) ;
- La non-détection (exemple: en mettant en place des outils de contrôle et de surveillance, en formant les contrôleurs...). (Voire le détail en II.2)

II.1.2. La méthode ISHIKAWA :

1. Présentation :

« Ishikawa » ou le « **diagramme Causes/Effets** » est une méthode de résolution de problème qui vise à explorer toutes les dimensions de ce dernier en classant par famille et sous-familles les causes de celui-ci. Cette méthode s'intègre dans une logique d'amélioration continue et permet de relier les causes et les effets d'un dysfonctionnement, qui aura le plus souvent pour origine, dans le cas de la maintenance industrielle, la défaillance technique d'un équipement. Elle est constituée de quatre grandes étapes :

- Identification et définition du problème à traiter ;
- Listing des sources possibles d'un dysfonctionnement ;
- Classement des causes dans les familles : Matière, Milieu, Méthode, Machine et Main d'œuvre ;
- Représentation du diagramme cause effet.

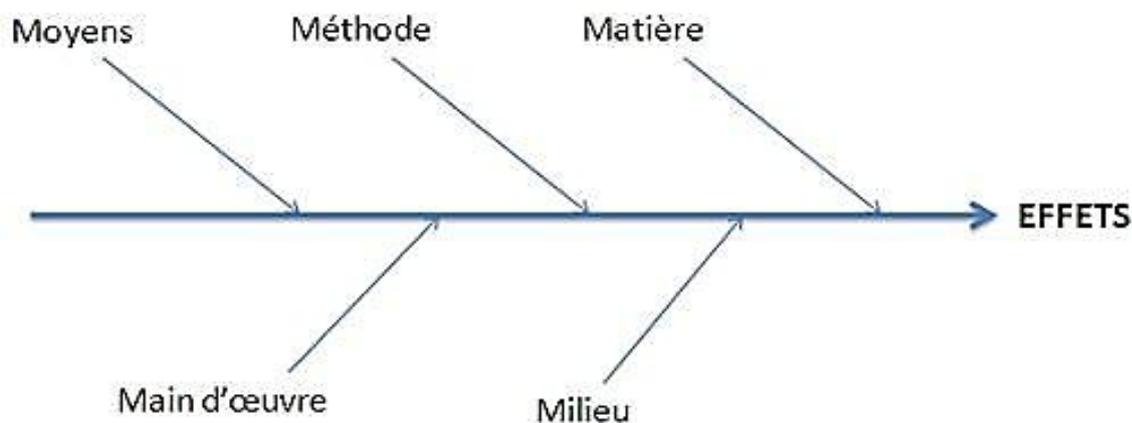


Figure 2 : Diagramme d'ISHIKAWA

Ce diagramme à 5 branches (**figure 2**) peut être étendu à une version « **7M** » en y ajoutant le Management et les Moyens financiers. Cependant, en restant sur des dysfonctionnements techniques, ces deux derniers « **M** » ne seront pas très représentatifs. Dans un souci de simplicité, mieux vaut rester sur un diagramme Causes / Effets à 5 familles.

2. Mise en pratique :

De la même façon qu'une AMDEC, l'utilisation de cette méthode va demander l'intervention de tous les maillons de la chaîne maintenance. En effet, qui connaît mieux la machine que le technicien de maintenance, qui connaît mieux le milieu que l'opérateur de production, qui connaît mieux les moyens financiers que le superviseur de maintenance?

Le rôle de ce dernier sera également d'animer les séances de réflexion ayant pour objectif de remplir le diagramme.

Bien qu'assez théorique à première vue, cette méthode permet de bien s'intégrer dans la résolution d'un problème et dans la recherche de pannes ou plus généralement de dysfonctionnements techniques. Elle peut être mise en pratique dans plusieurs cas :

- Suite à une **AMDEC** faisant ressortir des problèmes particuliers sur un équipement ;
- Dans le cas de pannes récurrentes d'origine inconnue.

Appliquer **Ishikawa** de façon plus générique à l'ensemble des équipements d'un centre de production constitué d'un grand nombre de machines ne sera pas intéressant car c'est une méthode qui demande beaucoup de ressources humaines, de temps de réflexion et qui peut par conséquent vite devenir coûteuse.

II.1.3. Le diagramme de PARETO:

1. Présentation :

Le diagramme de **Pareto**, également connu sous le nom de la loi des **80/20** est une méthode d'optimisation et de résolution de problème très connue dans le milieu industriel.

De façon générale, on s'aperçoit que dans la plupart des situations, **80%** des conséquences sont entraînées par **20%** des causes. Rapporté à la maintenance, cela signifie que **80%** des arrêts d'équipements vont être causés par seulement **20%** des causes de pannes référencées. Seulement, pour arriver à de telles conclusions, une analyse préliminaire est nécessaire. (Voir le détail en III.1.).

II.1.4. Méthode des 5S :

C'est un Outil d'amélioration continue importé du Japon, permettant d'optimiser l'organisation et l'efficacité d'un poste de travail, d'un service, d'une entreprise.

Il est basé sur la participation du personnel qui prend en charge et organise son espace de travail. C'est un outil essentiel pour amorcer une démarche de Qualité Totale (**TQM**). L'appellation "**5 S**" vient des initiales des mots clés de la méthode :

SEIRI : c'est Débarrasser (éliminer ce qui est inutile).

SEITON : c'est Ranger (classer, ordonner ce qui est utile).

SEISO : c'est Nettoyer (tenir propre les outils, les équipements, l'atelier ...).

SEIKETSU : c'est Organiser (établir et formaliser des règles).

SHITSUKE : c'est Maintenir la rigueur (respecter les règles).

Cette méthode :

- Améliore la productivité, l'efficacité et la Qualité.
- Diminue les pannes (gravité/fréquence).
- Réduit les pertes de temps (recherche d'un outil ...).
- Contribue à l'implication et à la motivation du personnel.
- Inspire confiance et donne une bonne image de l'entreprise (un environnement propre et agréable est votre meilleure publicité).

- Améliore la sécurité au travail et réduit les risques de pollution.
- Libère de l'espace inutilement utilisé.
- Permet au personnel d'avoir une meilleure qualité de vie au travail.

II.1.5. La méthode KAIZEN :

1. Présentation :

Le mot **KAIZEN** est la fusion des deux mots japonais KAI et ZEN qui signifient respectivement « **changement** » et « **bon** ». La traduction française courante est « **amélioration continue** ». En fait, par extension, on veut signifier « **analyser pour rendre meilleur** ».

Le **KAIZEN** est un processus d'améliorations concrètes, simples et peu onéreuses réalisées dans un laps de temps très court. Mais le **KAIZEN** est tout d'abord un état d'esprit qui nécessite l'implication de tous les acteurs.

2. Démarche :

Cette démarche japonaise repose sur des petites améliorations faites au quotidien, constamment. C'est une démarche graduelle et douce, qui s'oppose au concept plus occidental de réforme brutale du type « on jette le tout et on recommence à neuf » ou de l'innovation, qui est souvent le résultat d'un processus de réingénierie.

En revanche, le **KAIZEN** tend à inciter chaque travailleur à réfléchir sur son lieu de travail et à proposer des améliorations. Donc contrairement à l'innovation, le **KAIZEN** ne demande pas beaucoup d'investissements financiers, mais une forte motivation de la part de tous les employés. En conséquence, plus qu'une technique de management, le **KAIZEN** est une philosophie, une mentalité devant être déployée à tous les niveaux de l'entreprise. La bonne mise en œuvre de ce principe passe notamment par :

- Une réorientation de la culture de l'entreprise;
- La mise en place d'outils et des concepts comme les outils du TQM (gestion globale de la qualité), un système de suggestion efficace et le travail en groupe ;
- La standardisation des processus ;
- Un programme de motivation (système de récompense, satisfaction du personnel...);
- Une implication active du management pour le déploiement de la politique ;
- Un accompagnement au changement, lorsque le passage au **KAIZEN** représente un changement radical pour l'entreprise.

Remarque: Toute la philosophie du **KAIZEN** réside dans cette phrase : « Fais le mieux, rends le meilleur, améliore le même s'il n'est pas cassé, parce que si nous ne le faisons pas, nous ne pouvons pas concurrencer ceux qui le font. »

3. Objectifs du KAIZEN :

- Simplification des flux;
- Amélioration de la qualité;
- Amélioration des délais;
- Amélioration de la productivité;
- Amélioration de la gestion des fournisseurs;
- Développement de nouveaux produits.

II.1.6. La méthode AUTOMAINTEANCE:

Par définition, l'AUTOMAINTEANCE est « la maintenance exécutée à l'endroit où le bien est utilisé et par les personnes qui utilisent ce bien ».

Il s'agit avant tout de mettre en application des consignes permanentes de maintien de premier niveau des équipements. Cela comprend :

- consignes de nettoyage, de propreté et de rangement ;
- Les vérifications visuelles de l'état d'équipement à l'arrêt et en marche ;
- La surveillance « sensible » du bon fonctionnement ;
- La surveillance de la normalité de paramètres à relever ;
- Les procédures d'alerte en cas d'anomalies constatées ;
- La maintenance curative de premier niveau ;
- Les tâches simples de maintenance systématique ;
- La saisie des informations inhérentes à ces tâches.

L'AUTOMAINTEANCE est basée sur la responsabilisation des opérateurs de production vis-à-vis de leurs équipements de travail et est schématisée dans le diagramme suivant :

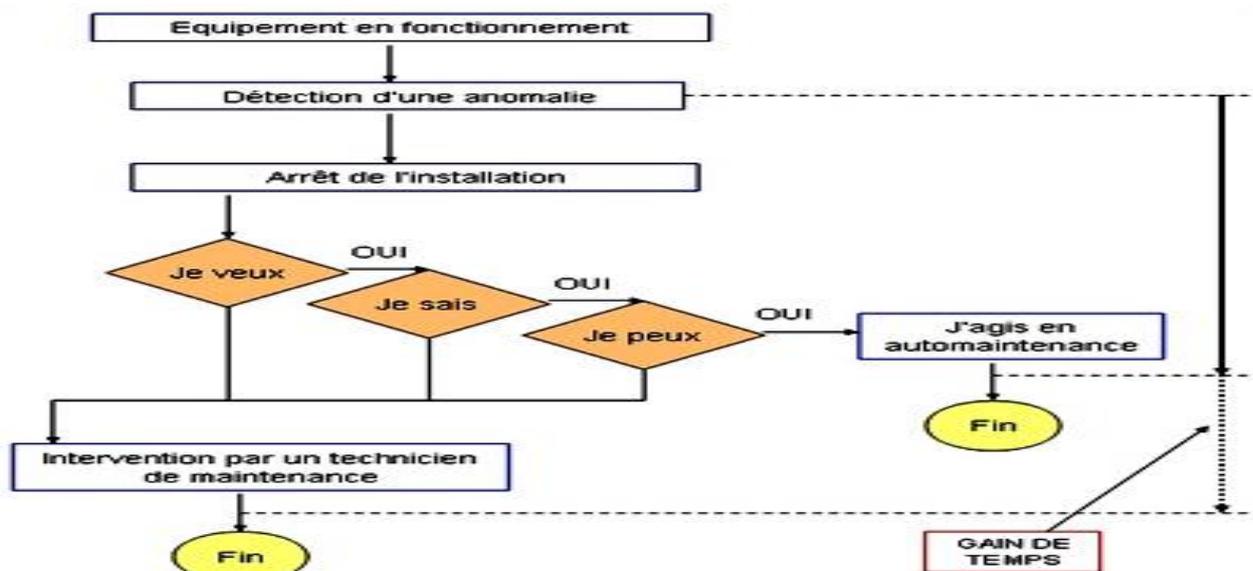


Figure 3 : Digramme d'AUTOMAINTEANCE

Comme on peut le voir en **figure 3**, agir en AUTOMAINTEANCE va entraîner un gain de temps.

Même si ce gain est élémentaire (car il va notamment s'agir de micro-arrêts, d'opération dites « rapides »...), multiplié plusieurs fois dans une journée, il s'agit d'un levier de performance qui peut se montrer au final fort intéressant. Ce gain passe également par la réduction des procédures administratives liées à la maintenance « classique », d'autant plus que les interventions d'AUTOMAINTEANCE sont généralement répétitives et beaucoup plus courantes que les pannes durables et plus graves.

L'AUTOMAINTEANCE permet de sensibiliser et de responsabiliser le personnel de production face à son outil de travail. En effet, cette démarche demande une implication des opérateurs et un contrôle de leur propre travail. Il s'agit là d'encourager l'autocontrôle et d'orienter la maîtrise des équipements vers une attitude de soutien, d'équipe et de conseil. Enfin, l'AUTOMAINTEANCE, par la réalisation d'opérations simples directement effectuées par les opérateurs leur permet de mieux connaître les équipements de travail. L'observation, le contrôle systématique et les interventions de « petites » réparations permettent aux opérateurs de mieux appréhender les différents équipements, de mieux maîtriser leur exploitation et d'anticiper les défaillances après observations et analyses de signes avant-coureurs.

Les trois questions posées révèlent cependant des freins à l'AUTOMAINTEANCE :

- « **Je veux** » pose le problème de la motivation. Pour y remédier, il est nécessaire de mettre en place une implication directe des techniciens de production et un mode de travail en équipe.
- « **Je sais** » pose le problème de la compétence et de ses limites. En effet, le rôle premier des opérateurs n'est pas de réparer leurs outils de travail mais faire fonctionner leur outil de production. L'objectif étant pour chacun de devenir autonome, cette opération peut passer par des formations ou plus simplement par la réalisation de fiches de renseignements
- « **Je peux** » pose le problème de l'organisation et des moyens. Les opérateurs, pour effectuer des interventions d'AUTOMAINTEANCE doivent être disponibles. Il faut également qu'ils aient à leur disposition les outils nécessaires à la réalisation de leurs travaux. Une fois les opérations du « Je veux » et de « Je sais » passées, il serait effectivement dommage de finalement passer par la maintenance pour une simple question matérielle.

L'objectif est de passer au-delà de ces trois problèmes, par la mise en place rigoureuse d'une démarche d'AUTOMAINTEANCE, basée sur des outils concrets, sur une analyse pertinente des équipements et par l'implication des opérateurs dans ce travail. Cela passe d'un point de vue opérationnel par :

- L'analyse de la définition du métier des opérateurs ;
- La rédaction de consignes de maintenance autonome ;
- La rédaction de fiches d'AUTOMAINTEANCE ;
- La détermination de la fréquence des opérations de contrôle ;
- La mise en place d'outils pour réaliser les différentes interventions ;
- La mise en place d'un stock de pièces de rechange.

II.2. AMDEC

II.2.1. Introduction :

Selon la norme **NF EN 13306** ; la sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à satisfaire une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données. La sûreté de fonctionnement se caractérise généralement par les paramètres suivants :

- **La fiabilité** : aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant une durée donnée ;
- **La maintenabilité** : aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits ;
- **La disponibilité** : aptitude à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données et à un instant donné ;
- **La sécurité** : aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

L'analyse des modes de défaillance de leurs effets et leur criticité (**AMDEC**) est une approche qualitative pour les études de sûreté dans différents domaines. En effet cette technique apporte une connaissance approfondie du fonctionnement et des interactions d'un système, par l'analyse systématique des relations causes-effets. Les informations obtenues sont utilisées dans le cadre de la maîtrise des risques, avec préoccupation principale l'obtention d'un bon niveau de sûreté de fonctionnement du système opérationnel.

Elle permet de :

- connaître les éléments (fonctions et constituants) les plus importants ;
- découvrir, évaluer et classer les faiblesses, les anomalies et les dysfonctionnements de système ;
- gérer les points critiques et remettre en cause même la conception de système ;
- préconiser les mesures correctives ;
- évaluer les effets de ces mesures pour s'assurer de leur efficacité, et pour les comparer et décider.

Dans cette optique et à la lumière de ces points, l'AMDEC occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance. En effet elle rend le système fiable tout en faisant diminuer le nombre de pannes, facilement maintenable car elle permet la maîtrise des éléments et leurs fonctions, disponible parce qu'elle permet d'agir sur les éléments critiques, sécurisant car elle permet de dominer les défaillances et en particulier les défaillances critiques et catastrophiques.

II.2.2. Histoire et Evolution :

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

La méthode d'abord été utilisée pour évaluer la fiabilité des produits, puis les processus de production, et sert maintenant à analyser le risque et la criticité de processus divers. C'est un outil courant des programmes de gestion de la qualité. Elle est utilisée systématiquement dans les industries à risque et est un outil obligatoire de l'accréditation à certaines normes, par exemple, celles de l'industrie automobile.

Actuellement, les **AMDEC** sont mises en œuvre

:

- De façon réglementaire : sûreté des industries à risque (nucléaire, chimie, aérospatiale, transports, etc.) ;
- De façon contractuelle : équipementiers de l'automobile principalement ;
- De façon volontaire : construction d'une bonne disponibilité à l'origine ou amélioration de la disponibilité en phase d'exploitation.

II.2.3. Définition :

L'**AMDEC** est une méthode qualitative et inductive qui définit une règle ou une loi à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles contenues dans un avant-projet de produit ou de système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser. (Norme **AFNOR X 60-510** de décembre 1986.)

II.2.4. Buts et Objectifs d'application de l'AMDEC :

Le concept de coopération homme-machine est né suite à l'apparition des outils d'aide à la décision en tant qu'assistant d'un décideur humain et donc à la possibilité de partager les tâches entre eux, dans ces circonstances le groupe fait appel à l'outil **AMDEC** en vue d'obtenir des conseils qu'il utilise dans la prise de décision. Il guide le groupe dans sa démarche de résolution de problème pour l'amener à découvrir lui-même la solution. Par conséquent il a l'atout de réduire les coûts de maintenance.

Bien que les coûts de maintenance dépendent des caractéristiques du matériel qui se présentent sous trois formes : caractéristiques pouvant être données par le fournisseur, caractéristiques propres à l'exploitant et caractéristiques communes à l'exploitant et au fournisseur, les coûts de la maintenance se composent essentiellement en deux composantes : les coûts directs et les coûts indirects.

L'étude **AMDEC** permet principalement d'optimiser les coûts indirects (**Figure 4**). En effet elle constitue une méthode de diagnostic intelligente dans la mesure où elle permet de prévoir un certain nombre de faiblesses, de défauts, d'anomalies et de pannes au niveau de l'ensemble des éléments qui concourent à la fabrication d'un produit.

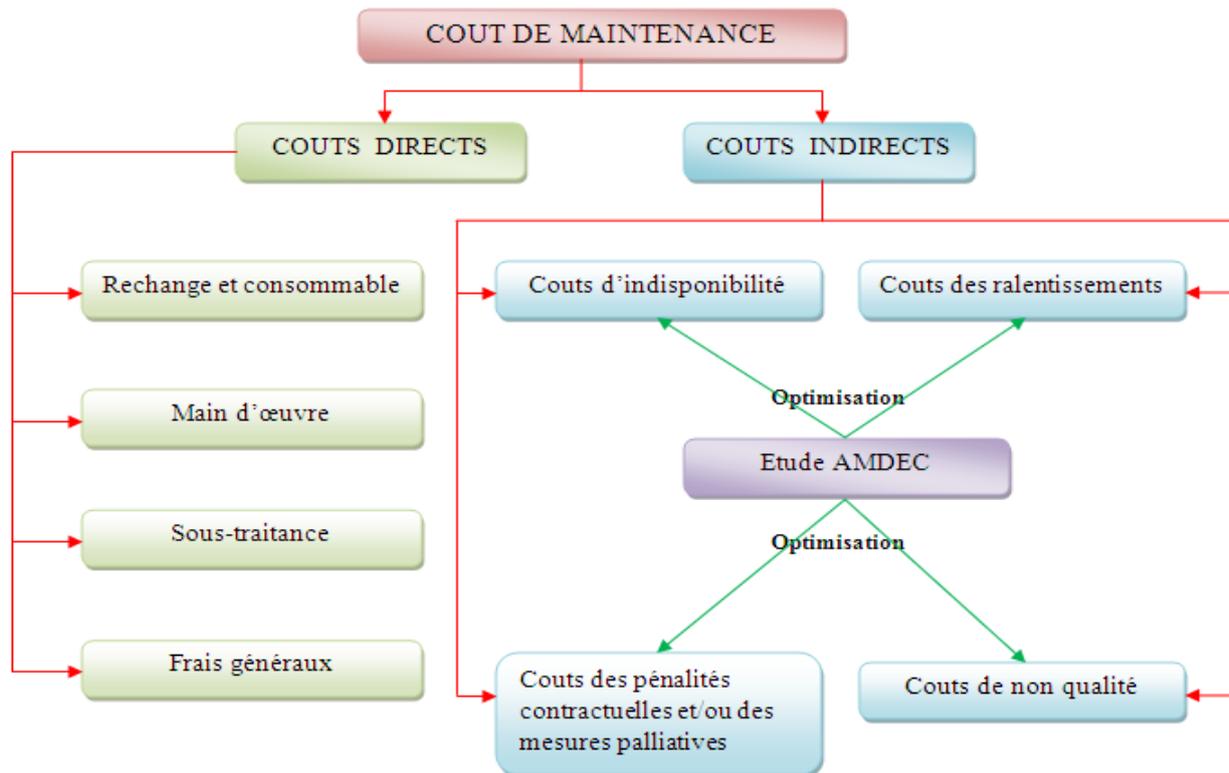


Figure 4: Méthode d'optimisation de la maintenance par l'AMDEC

La méthode **AMDEC** a pour objectif aussi à :

- Identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production,
- Identifier les actions pouvant éliminer (ou du moins réduire) l'échec potentiel.

II.2.5. Caractéristiques de la méthode AMDEC :

L'AMDEC est une méthode d'analyse inductive, exhaustive et rigoureuse qui permet une recherche systématique :

- Des modes de défaillance d'un moyen de production ;
- Des causes de défaillance générant les modes de défaillance, ces causes peuvent se situer au niveau des composants du moyen de production où être dues à des sollicitations extérieures ;
- Des conséquences des défaillances sur le moyen de production, sur son environnement, sur le produit ou sur l'homme ;
- Des moyens de détection pour la prévention et/ou la correction des défaillances.

II.2.6. Types d'AMDEC :

On distingue 3 types d'AMDEC :

- AMDEC « produit » ;

- AMDEC « processus » ;
- AMDEC « moyen de production ».

1. L'AMDEC « produit » :

Elle est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise, elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'actions correctives sur la conception et préventive sur l'industrialisation.

2. L'AMDEC « processus » :

Elle est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication. Elle est mise en œuvre pour évaluer et hiérarchiser les défauts potentiels d'un produit dont les causes proviennent de son processus de fabrication.

S'il s'agit d'un nouveau produit, l'AMDEC- processus en permettra l'optimisation, en visant la suppression des causes de défaut pouvant agir négativement sur le produit.

S'il s'agit d'un procédé existant, l'AMDEC- processus en permettra l'amélioration.

3. L'AMDEC « moyen de production » :

Elle permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation.

A la conception pour améliorer la maintenabilité, la fiabilité donc la disponibilité d'un moyen de production.

En cours d'exploitation pour une amélioration liée à une réconception ou pour mettre en place d'un plan de maintenance adapté en fonction de la gravité des risques évalués.

II.2.7. La démarche de l'AMDEC :

La réalisation d'une AMDEC comprend cinq étapes :

1. Etape 1: Initialisation :

La phase d'initialisation comprend trois étapes qui sont :

- Définition du système et des objectifs à atteindre ;
- Constitution du groupe de travail ;
- Mise au point de supports de l'étude ;
-

a. Définition du système et des objectifs à atteindre :

L'AMDEC est un travail systématique et long, peut générer beaucoup de documents et donc devenir inutilisable. On aura donc intérêt à se limiter à des équipements qui posent problème. De même, les objectifs de l'étude seront précisés en termes d'amélioration attendues de disponibilité, de maintenance ou autre.

b. Constitution du groupe de travail :

Le groupe de travail comprend :

- Un représentant du service procédant à l'investissement du moyen de production ;
- Le concepteur du moyen étudié ;
- L'utilisateur futur du moyen étudié ;
- Le mainteneur futur du moyen étudié ;
- Un spécialiste (expert d'un sujet traité ponctuellement) ;
- Les services : qualité, fiabilité, sécurité,...

c. Mise au point de supports de l'étude :

Les méthodes d'évaluations des facteurs (Gravité, Fréquence, Détection, Criticité) seront plus détaillées au moment d'évaluation de la criticité. Une feuille d'analyse AMDEC est à réaliser

Selon les sources, il existe plusieurs types de fiches AMDEC :

Analyse Fonctionnelle		Analyse de défaillance				Estimation de criticité				Mesures	
Composant		Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effet local	Effet système	Gravité	Occurrence	Non détection	Criticité (indice)	Mesures envisagées
Nom	Rep										
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tableau 1: Exemple de feuille d'AMDEC

2. Etape 2: Analyse fonctionnelle « AF » :

L'analyse fonctionnelle a pour but d'identifier la fonction de chaque élément étudié pour prévoir les modes de défaillance possibles (détaillée en III.2).

3. Etape 3 : Analyse des défaillances :

A partir de l'analyse fonctionnelle, la démarche AMDEC consiste en une recherche :

- Des modes de défaillance ;
- Des effets de défaillance ;
- Des causes de défaillance ;
- La criticité de défaillance.

a. Défaillance :

C'est le résultat d'un non fonctionnement, ou d'un non satisfaction aux spécifications, généré par une pièce ou un ensemble. La défaillance peut être :

- **Complète** : il s'agit de la cessation de la réalisation de la fonction d'un dispositif.
- **Partielle** : il s'agit de l'altération de la réalisation de la fonction d'un dispositif.

Remarque : Modes de défaillance génériques :

La norme AFNOR X 60510 propose une liste de 33 modes de défaillance relatifs aux parties « commande », indiqués dans le **Tableau 2**, mais généralement on travaille avec 5 modes de défaillance génériques suivants:

- Perte de la fonction ;
- Fonctionnement intempestif ;
- Refus de s'arrêter ;
- Refus de démarrer ;
- Fonctionnement dégradé.

1	Défaillance structurelle (rupture)	19	Ne s'arrête pas
2	Blocage physique (ou coincement)	20	Ne démarre pas
3	Vibrations	21	Ne commute pas
4	Ne reste pas en position	22	Fonctionnement prématuré
5	Ne s'ouvre pas	23	Fonctionnement après le délai (retard)
6	Ne se ferme pas	24	Entrée erronée (augmentation)
7	Défaillance en position ouverte	25	Entrée erronée (diminution)
8	Défaillance en position fermée	26	Sortie erronée (augmentation)
9	Fuite interne	27	Sortie erronée (diminution)
10	Fuite externe	28	Perte d'entrée
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	29	Perte de la sortie
12	Est en dessous de la limite supérieure	30	Court-circuit (électrique)
13	Fonctionnement intempestif	31	Circuit ouvert (électrique)
14	Fonctionnement intermittent	32	Fuite électrique
15	Fonctionnement irrégulier	33	Autres conditions de défaillances exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles
16	Indication erronée		
17	Écoulement réduit		
18	Mise en marche erronée		

Tableau 2: Modes de défaillance génériques

b. Cause de défaillance :

C'est l'événement à l'origine du mode de défaillance, la ou les causes sont à rechercher à la conception, la construction, l'installation, l'utilisation et la maintenance de l'équipement.

Remarque : plusieurs causes peuvent être associées à un même mode de défaillance, ainsi une même cause peut provoquer plusieurs modes de défaillance.

c. L'effet constaté :

C'est la conséquence de la défaillance sur laquelle on distingue deux types :

- **L'effet global:** c'est la conséquence de défaillance sur la mission du système et sa sécurité;
- **L'effet local:** c'est la conséquence de défaillance au niveau du sous-système étudié;

d. Détection :

Ce sont les symptômes (anomalies, indicateurs,...) observés, détectés qui permettent de repérer assez tôt l'évolution d'un mécanisme défaillant.

4. Etape 4 : Cotation de criticité :

Les modalités de cette cotation sont à définir lors de la mise au point des supports de l'étude, en fonction de l'étude et des objectifs.

L'indice de criticité C, aussi appelé nombre de priorité de risque (NPR) ou encore Indice de Priorité de Risque (IPR), est le résultat du produit de La fréquence, de la détection et de la gravité qui caractérise le niveau de fiabilité du système analysé $C = G * F * D$

a. L'indice G :

Relatif aux conséquences provoquées par l'apparition du mode de défaillance en termes de :

- Qualité des pièces produites ;
- Sécurité des hommes ou des biens ;
- Temps d'intervention qui correspond au temps actif de maintenance corrective (diagnostic réparation ou échange remise en service).

La gravité G est le plus souvent cotée de 1 jusqu'à 5 (**Tableau 3**).

b. L'indice F :

Relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance, cette fréquence exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance. La fréquence F allant de 1 jusqu'à 4 (**Tableau 4**).

c. L'indice D :

Relatif à la possibilité de détecter la défaillance (le couple : Mode-Cause de défaillance) avant qu'elle ne produise l'effet. La détection D est évaluée de 1 pour une défaillance détectable, à 4 pour une défaillance indétectable (**Tableau 5**).

Niveau de la gravité G		Définitions
Gravité mineure	1	Défaillance mineure : - Arrêt de production inférieur à 2 minutes. -Aucune dégradation notable du matériel.
Gravité significative	2	Défaillance significative : - Arrêt de production de 2 à 20 minutes, ou repos possible d'intervention. -Remise en état de courte durée ou petite réparation sur place nécessaire. -Déclassement du produit.
Gravité moyenne	3	Défaillance moyenne : - Arrêt de production de 20 à 60 minutes. -Chargement du matériel défectueux nécessaire. -Retouche du produit nécessaire ou rebat (non qualité détectée à la production).
Gravité majeure	4	Défaillance majeure : - Arrêt de production de 1 à 2 heures. -Intervention importante sur sous ensemble. -Production de pièces non-conformes, non détectées.
Gravité catastrophique	5	Défaillance catastrophique : - Arrêt de production supérieur à 2 heures. -Intervention lourde nécessitant des moyens coûteux. -Problème de sécurité du personnel ou l'environnement.

Tableau 3: Grille de cotation de la gravité.

Niveau de la fréquence F		Définitions
Fréquence très faible	1	Défaillance rare: mois d'une défaillance par année.
Fréquence faible	2	Défaillance possible; mois d'une défaillance par trimestre.
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente: mois d'une défaillance par semaine.
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente: plusieurs défaillances par semaine.

Tableau 4 : Grille de cotation de la fréquence.

Niveau de détection D		Définitions
Détection évidente	1	Défaillance détectable à 100 % : -Détection à coup sûr de la cause de la défaillance. - Signe avant coureur évidant d'une dégradation.
Détection possible	2	Défaillance détectable : -Signe avant coureur de la défaillance facilement détectable mais nécessitant une action particulière de l'opérateur (visite, contrôle visuel,...).
Détection improbable	3	Défaillance détectable : - Signe avant coureur de la défaillance difficilement détectable, peu exploitable au nécessitant une action au des moyens complexes (démontage, appareillage,...).
Détection impossible	4	Défaillance détectable : -Aucun signe avant coureur de la défaillance.

Tableau 5 : Grille de cotation de la détection

Remarque : S'il s'agit d'une AMDEC-produit ou une AMDEC- processus, il existe d'autres grilles de cotation des indices G, F, D allant jusqu'à 10.

Remarque: La matrice de criticité

Au cours d'évaluation de la criticité, il n'est pas obligatoire de prendre en compte les trois critères gravité, fréquence et la détection ; on peut se limité aux seuls critères gravité et fréquence, ce qui permet de matérialiser l'étude par une matrice de criticité ou matrice de sécurité. (Tableau 6)

La matrice met en évidence une zone critique et une zone non critique. Mais, elle présente un défaut car elle ne tient pas compte de la notion de détection.

F \ G	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12
4	4	8	12	16

 Seuil de criticité

 Criticité < 4

 Criticité > 4

Tableau 6 : Matrice de criticité

Un point critique existe si :

- ✓ La criticité de la défaillance dépasse le seuil prédéterminé ;
- ✓ L'indice de gravité de la défaillance est supérieur ou égale à 4 ;
- ✓ L'indice de fréquence de la défaillance est égal à 4.

5. Etape 5 : Actions menées :

Les actions menées consistent à :

- Classer les problèmes rencontrés ;
- Proposer l'amélioration ;
- Calcul de la nouvelle criticité ;

a. Classement des problèmes rencontrés :

Les actions menées sont décidées par le groupe de travail pour pouvoir éliminer tous points critiques. À partir de la valeur de la criticité, on peut classer les problèmes par ordre décroissant et les répartir en différentes classes (**Tableau 7**).

-

Valeur de la criticité	Politique de la maintenance
$C < 16$	Mise sous correctif.
$16 \leq C < 32$	Mise sous préventif à la fréquence faible.
$32 \leq C < 36$	Mise sous préventif à la fréquence élevée.
$36 \leq C < 48$	Recherche d'amélioration.
$48 \leq C < 64$	Reprendre la conception.

Tableau 7 : Tableau de la criticité (G, F, D)

b. Proposition d'amélioration :

Le choix du type d'action corrective à mettre en place doit être guidé par le critère le plus pénalisant dans la note de criticité par exemple:

- Si la criticité d'une défaillance est élevée du fait de la fréquence, l'action corrective doit viser à la diminuer la fréquence ;

- Quand aucune action corrective ne peut permettre de ramener l'indice de gravité au-dessous de 4. Il faudrait définir une action visant à maintenir les deux autres critères (fréquence, détection) à une valeur égale à 1 ;
- De la même manière, quand aucune action corrective ne permet de ramener l'indice de fréquence au-dessous de 4. Il faudrait définir une action corrective qui permet de ramener la gravité et la détection à une valeur égale à 1.

c. Calcul de la nouvelle criticité :

Un nouveau calcul de la criticité permet de valider les solutions retenues à partir de l'estimation des nouveaux indices F', G', D' :

- **L'indice F'** : L'amélioration de la fréquence F s'obtient par une action sur la fiabilité du composant analysé, sur les conditions d'utilisation ou par une action de maintenance préventive systématique.
- **L'indice G'** : L'amélioration de la gravité s'obtient par une action sur la maintenabilité ou sur l'aptitude à diagnostiquer et à réparer plus rapidement. cela peut entraîner des modifications de conception.
- **L'indice D'** : L'amélioration de la détection s'obtient en agissant sur la validation de la conception et/ou sur une aide à la supervision par une maintenance préventive.
- **L'indice C'** : $C' = F' * G' * D'$ qui permettra de quantifier le progrès réalisé.

II.2.8. CONCLUSION

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

CHAPITRE III : ETUDE DE CAS « SOUFFLEUSE DES PREFORMES EN PET »

Cette partie traite l'application de la démarche AMDEC à la souffleuse des préformes. Notre démarche aborde en premier lieu l'étude de la problématique de notre système (Souffleuse) à l'aide du diagramme de PARETO puis l'analyse fonctionnelle dudit système et elle se termine par une analyse de la criticité des composants et la proposition d'un plan de maintenance préventive.

III.1. Analyse PARETO de la souffleuse SBF

III.1.1. Construction du diagramme de PARETO

Pour appliquer cette méthode à notre système, on s'est intéressé aux archives des arrêts de production dont la souffleuse constitue la principale cause.

La construction du diagramme de **Pareto** va se faire en plusieurs étapes :

- Le recensement de la récurrence des pannes en fonction des causes
On liste l'ensemble des causes de défaillance, et on y associe le nombre de pannes qui en sont les conséquences. Le **tableau 8** nous donne le nombre des pannes enregistrées pour chaque cause durant la période de trois de mois.

Système : Souffleuse SBF		
Récurrence pannes	Causes d'arrêts	
65	C1	Moule ouvert
28	C2	Moule ne se ferme pas
23	C3	Panne du réfrigérateur
8	C4	Changement de filtres
10	C5	Problème de la pression de soufflage
16	C6	Défaillance du cylindre d'arrêt
19	C7	Défaillance d'axe d'étirage
32	C8	Lubrification des mécanismes
45	C9	Défaillance de la glissière d'alimentation en préformes
11	C10	Défaillance du convoyeur de serrage
2	C11	Absence de commande électrique

Tableau 8 : Nombre de panne pour chaque cause

- On classe ensuite par ordre décroissant de récurrence les causes de défaillance et on réalise le cumul des causes de défaillance, puis on ramène cela en pourcentage du total des défaillances, de façon à faire apparaître en premier les causes les plus problématiques. Le **tableau 9** nous donne le cumul des causes de défaillance et la **figure 7** illustre les pannes cumulées.

Causes	Récurrences	%Récurrences Pannes	Pannes cumulées	% Cumulés
--------	-------------	---------------------	-----------------	-----------

C1	65	25%	65	25%
C9	45	17%	110	42%
C8	32	12%	142	55%
C2	28	11%	170	66%
C3	23	9%	193	75%
C7	19	7%	212	82%
C6	16	6%	228	88%
C10	11	4%	239	92%
C5	10	4%	249	96%
C4	8	3%	257	99%
C11	2	1%	259	100%
Total	259			

Tableau 9 : cumul des causes de défaillance.

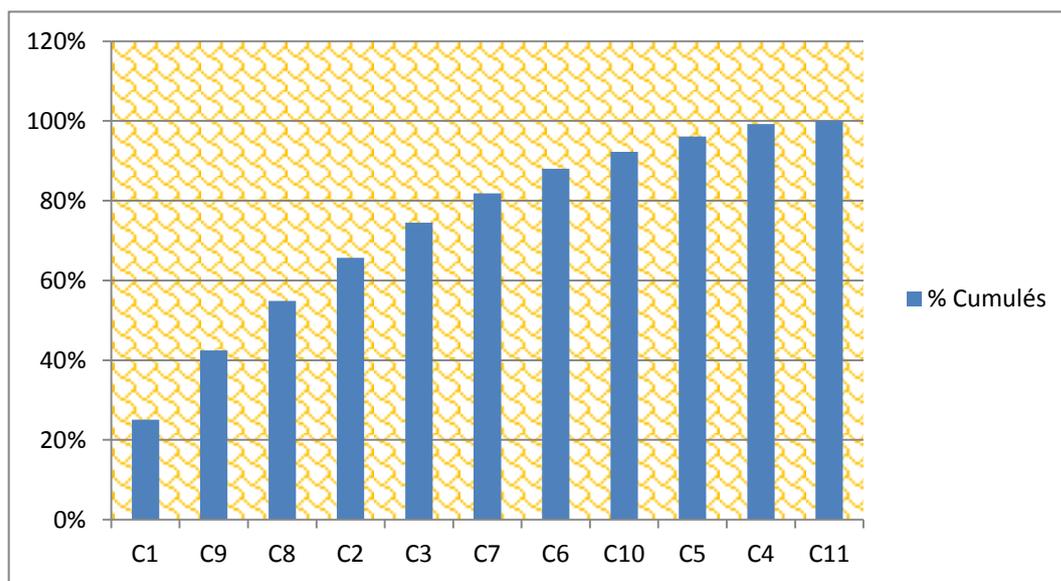


Figure 5: Pannes cumulées

- On sélectionne les causes principales qui sont à l'origine de 80% des pannes matériels (tableau 10 et figure 6).

Causes	Réurrences	%Réurrences Pannes	Pannes cumulées	% Cumulés
C1	65	25%	65	25%
C9	45	17%	110	42%
C8	32	12%	142	55%
C2	28	11%	170	66%
C3	23	9%	193	75%
C7	19	7%	212	82%

Tableau 10 : Causes principales de 80% des pannes matériels.

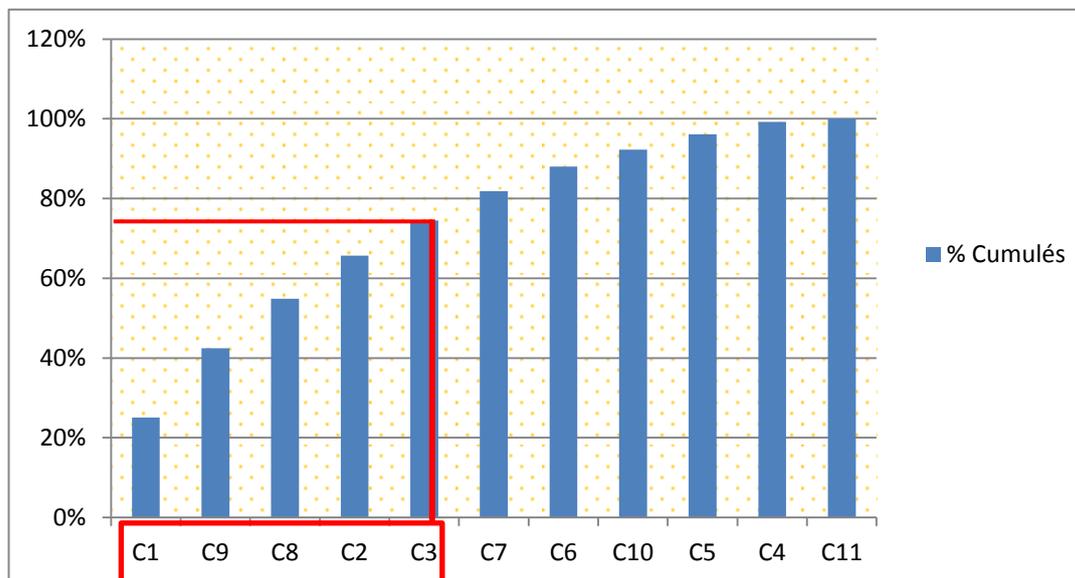


Figure 6: Causes principales de 80% des pannes matériels.

III.1.2. Analyse des résultats :

La présente analyse nous a permis de recenser cinq causes qui sont à l'origine de près de 80% des pannes. Par conséquent, un accent particulier sera mis aux sous-systèmes concernés par ces causes lors de la proposition des actions correctives et de l'élaboration du plan de maintenance préventive.

Connaissant ainsi les parties le plus sensibles de notre système, nous allons à présent procéder à l'analyse fonctionnelle dudit système, étape préliminaire à l'application de la démarche inductive (AMDEC).

III.2. Analyse fonctionnelle de Souffleuse SBF

III.2.1. Présentation :

Les premières méthodes assimilables à de l'Analyse Fonctionnelle ont été mises en pratique aux Etats Unis peu après la Seconde Guerre mondiale, en 1947 (chez *General Electric*).

L'AF s'adresse aux concepteurs de *produits*. Le mot **produit** peut ici prendre des sens très divers. Il peut s'agir d'un objet matériel ou immatériel (produit industriel, objet technique, programme informatique, service à la personne, services financiers...).

Le but de l'Analyse Fonctionnelle est d'optimiser la conception ou la reconception de produits en s'appuyant sur les **fonctions** que doit réaliser le produit.

Une fois les fonctions du produit identifiées et caractérisées, l'équipe de conception peut mesurer son état d'avancement et de réussite par rapport à des critères objectifs.

L'AF rend ainsi possible un dialogue entre tous les intervenants d'un projet (quels que soient leurs domaines de compétence). C'est un gage d'objectivité et de créativité dans la conduite du projet.

III.2.2. Définition :

D'après la norme AFNOR NF X 50 -151, l'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser les fonctions selon des critères d'appréciation, des niveaux et de flexibilité, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions en attribuant un poids en valeur relative ou absolue.

A partir de l'analyse fonctionnelle, on pourra mener deux études d'aspects différents :

- Aspect économique ou (externe) : l'analyse de la valeur ;
- Aspect technique ou (interne) : l'AMDEC ;

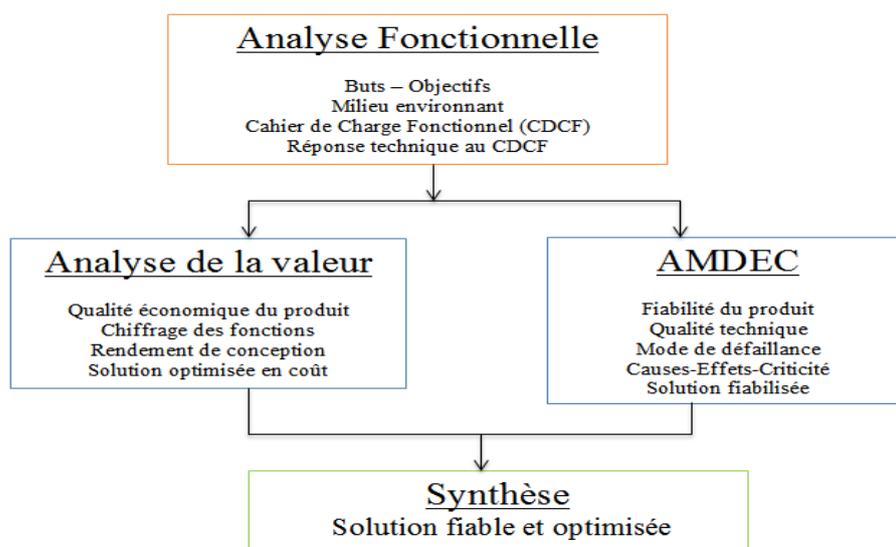


Figure 7 : Aspects d'analyse fonctionnelle

1. L'analyse de la valeur : (Aspect économique ou externe)

Elle a pour objectif, à partir de l'expression d'un besoin, de déterminer les solutions susceptibles de répondre à ce besoin et de parvenir à la meilleure optimisation technico-économique du couple besoin solution.

2. L'AMDEC : (Aspect technique ou interne)

Pour analyser les défaillances d'un système il est nécessaire de bien identifier à quoi doit servir ce système ; c'est-à-dire de bien identifier toutes les fonctions que ce système doit remplir durant sa durée de fonctionnement.

L'AMDEC a été développée précédemment (en II.2).

III.2.3. Méthodologie :

L'analyse fonctionnelle s'effectue en quatre étapes :

- Recenser les fonctions ;
- Ordonner les fonctions ;
- Caractériser et quantifier les fonctions ;
- Hiérarchiser les fonctions ;

1. Recenser les fonctions :

La recherche des fonctions s'effectue en étudiant les relations du système avec son environnement. Chaque fonction devra être exprimée en termes de finalité et être formulée par un verbe à l'infinitif suivi d'un ou plusieurs compléments.

2. Définition de la fonction :

La définition d'une fonction est donnée par la norme AFNOR X51-151 : « action d'un produit au de l'un de ces constituants exprimée exclusivement en terme de finalité ».

3. Différents types de fonctions :

En distingue deux catégories de fonctions :

- Fonctions de service ;
- Fonctions techniques ;

A. Fonctions de service (FS) :

La fonction de service est l'Action du produit avec son milieu extérieur, qui contribue à la satisfaction du besoin (identifié et caractérisé lors de l'A.B.) »

Il existe deux types de fonction de service :

- Fonctions principales ;
- Fonctions contraintes ;

a. Fonctions principales (FP) :

La FP est une Fonction de service qui met en relation deux élément du milieu extérieur (ou plus), via le produit ».

Les fonctions principales traduisent obligatoirement des actions réalisées par le produit, donc il s'agit d'une fonction attendue d'un produit pour répondre à un besoin d'un utilisateur donné.

b. Fonctions contraintes (FC) :

La **FC** est une Fonction de service qui met en relation le produit avec un seul élément des milieux extérieurs. Une **contrainte** est une limitation de la liberté du concepteur (règlement, normes et impératifs d'interface matérielle ou immatérielle) lorsqu'elle exprime le fait que, dans une phase d'utilisation, le produit ne doit pas affecter un élément du milieu extérieur ou être affecté par lui.

B. Fonctions techniques (FT) :

Une **Fonction Technique** est une fonction contribuant à réaliser une fonction de service par un moyen technique. »

C'est la fonction qui facilite, améliore ou complète le service rendu. Ce type de fonction ne résulte pas de la demande explicite de client, et n'est pas non plus une contrainte. Il s'agit de proposer au client des améliorations pour son produit.

Elle exprime les possibilités d'admettre un écart entre le niveau atteint par une solution proposée et le niveau recherché en tant qu'objectif.

III.2.4. Outils d'Analyse Fonctionnelle :

En raison de la diversité des matériels rencontrés sur les processus industriels complexes (matériel mécanique et électrique, régulation analogique, régulation numérique...) on trouve :

- l'analyse descendante
- les diagrammes de flux
- l'arborescence
- le diagramme processus

1. L'Analyse Descendante :

Tout problème peut être décomposé en sous-problèmes plus simples : on résout plusieurs petits problèmes plutôt qu'un gros.

a. Définition :

La méthode appuyée par un modèle graphique, procède par approche descendante en ce sens que l'on va du plus général au plus détaillé, en s'intéressant aux activités du système.

b. Les principes de base :

- **Procéder par analyse descendante:** Le premier niveau du modèle est en général très abstrait, et progressivement les activités et les moyens nécessaires à leur réalisation sont détaillés.
- **Délimiter le cadre de l'analyse :** afin d'aborder l'analyse et la description du système, il est fondamental de préciser le contexte (limite du système), le point de vue et l'objectif de l'analyse.

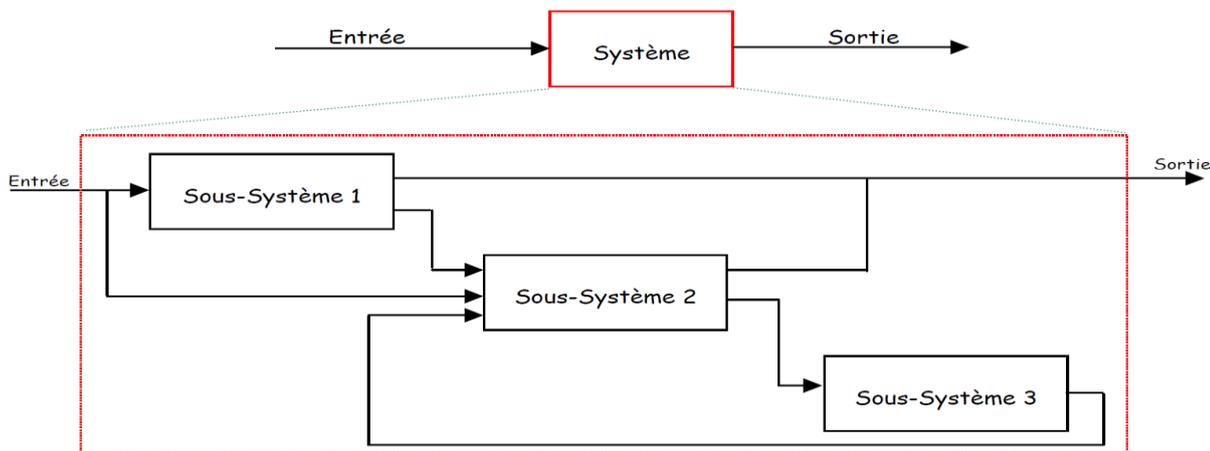


Figure 8: Méthode Analyse Descendante

III.2.5. Analyse SADT de la Souffleuse

1. Premier niveau de description appelé « Diagramme A-0 » (lire A moins zéro)

Ce premier niveau de description de notre système permet de positionner :

- Les flux d'entrée et de sortie de la matière d'œuvre,
- Les données de contrôle (expression des contraintes liées à l'environnement).

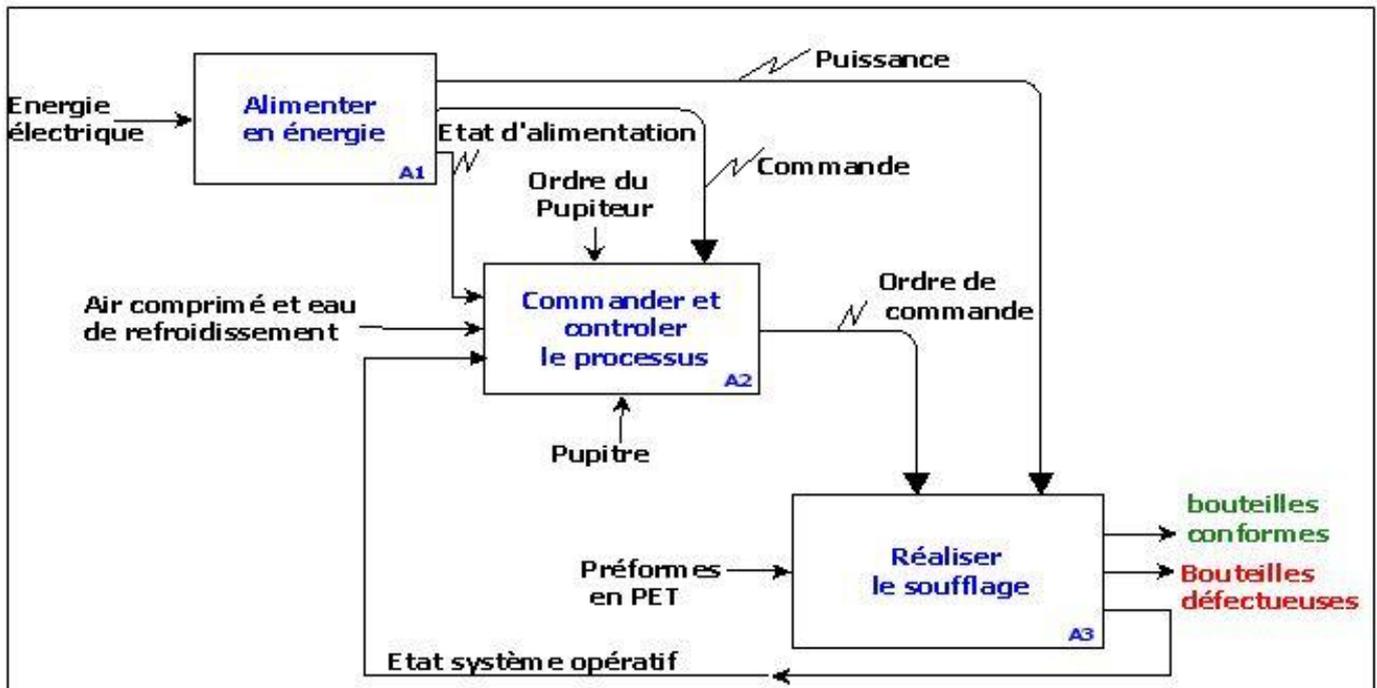
Pour notre système mécanique (Souffleuse) les flux d'entrée sont l'énergie électrique et la matière première (préformes) et ceux de sortie les bouteilles conformes et défectueuses. Nos données de contrôle et de réglage sont entre autres :

- Le contrôler de niveau du liquide réfrigérant dans l'unité de thermorégulation ;
- La vérification de l'alimentation électrique si elle correspond aux données de la plaquette de la machine ;
- Le contrôle de l'alimentation pneumatique, si elle correspond aux données requises ;
- Le contrôle de l'état d'ouverture toutes les valves d'obturation ;
- La vérification du fonctionnement de tous les dispositifs de sécurité ;

Nos mécanismes sont l'automate programmable et l'unité de production (la souffleuse)



Figure 9: Diagramme SADT niveau A-0



2. Deuxième niveau de description de l'analyse SADT

Figure 10: Digramme SADT A0

Le diagramme de niveau A0 est la représentation graphique de la première étape de décomposition de notre souffleuse rotative. Il met en évidence son organisation externe en faisant apparaître trois blocs dont la décomposition va nous permettre d'analyser le fonctionnement de la machine. Par la suite nous allons nous intéresser uniquement au bloc A3.

3. Troisième niveau de l'analyse SADT

Le diagramme de niveau A3 détaille l'organisation fonctionnelle et structurelle du bloc « Souffler les préformes ». Il s'agit en effet de la description détaillée du procédé de soufflage.

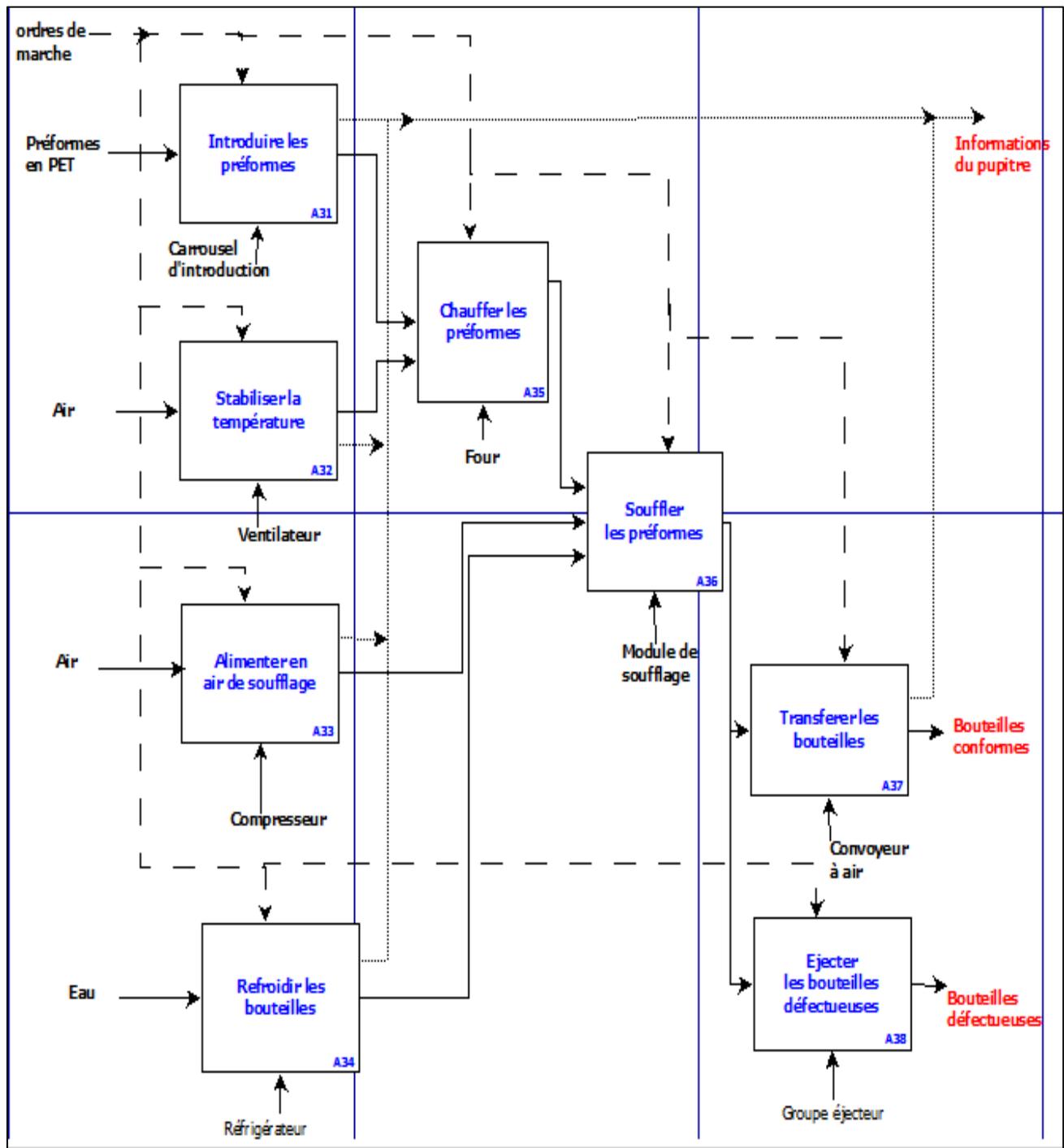


Figure 11: Diagramme SADT A3

III.2.6. Diagramme de bête à corne de la souffleuse SBF

Le diagramme bête à corne permet de déterminer les exigences fondamentales qui justifient la conception de la Souffleuse, et cela à l'aide des trois questions fondamentales.

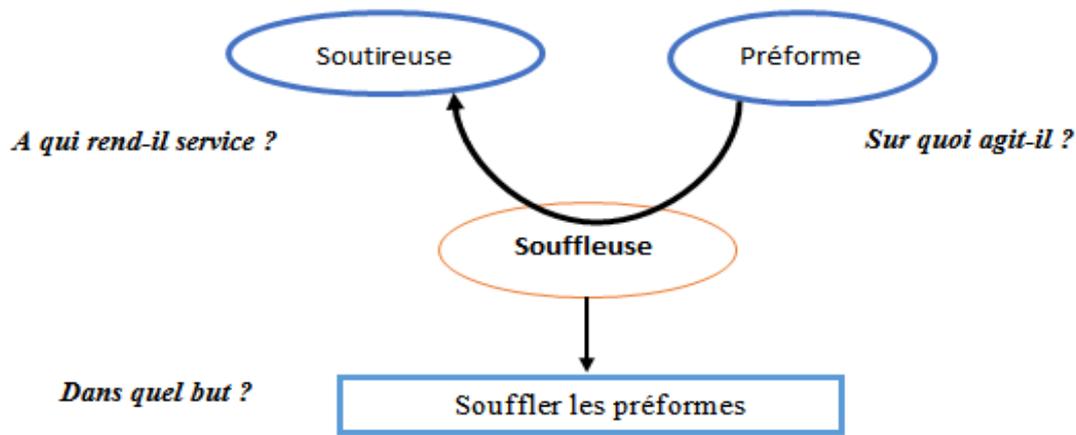


Figure 12: Diagramme bête à corne de la souffeuse SBF

III.2.7. Diagramme Pieuvre de la Souffleuse SBF:

C'est une méthode d'analyse de la valeur, Elle fait appel à une approche systématique de l'entreprise en prenant en compte les contraintes internes et externes, ou elle est utilisée principalement pour décrire les relations du système avec le milieu extérieur

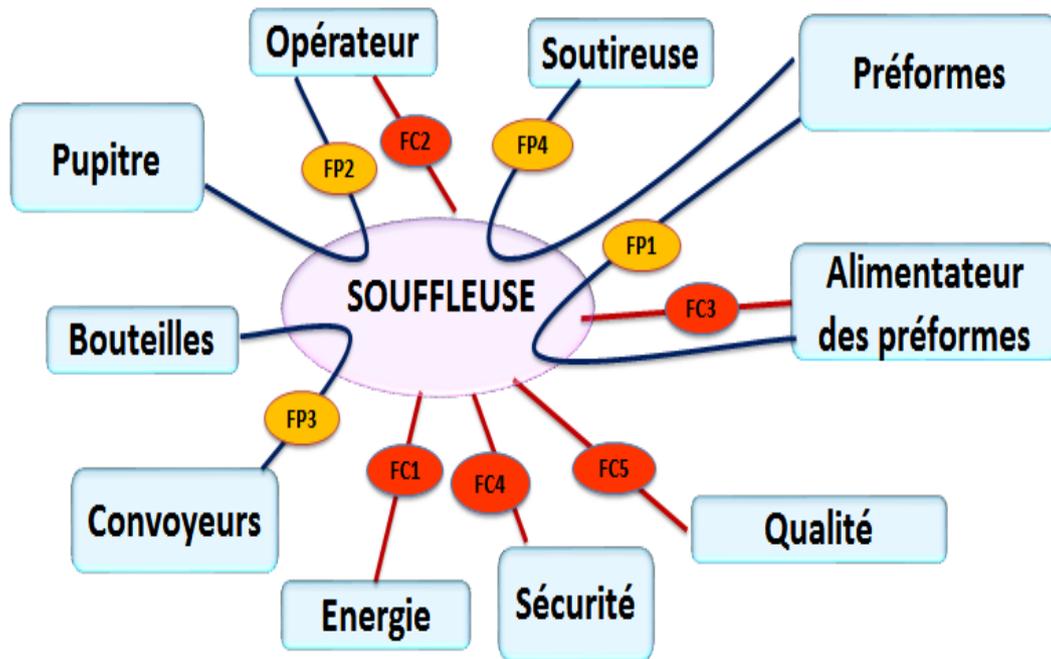


Figure 13: Diagramme PIEUVRE de la Souffleuse

FP1 : Souffler les préformes en Bouteilles.

FP2 : Permettre à l'opérateur de contrôler la pression, la température et la cadence de production.

FP3 : Alimenter le convoyeur par des bouteilles soufflées.

FP4 : Vérifier la présence des préformes PET.

FC1 : Alimenter la machine en énergie (électrique, pneumatique et mécanique).

FC2 : Etre facile à commander par l'opérateur.

FC3 : Charger des bouteilles à l'intérieur de la machine.

FC4 : Assurer la sécurité de toute personne au sein de la zone.

FC5 : Garantir la qualité des bouteilles.

III.2.8. Analyse fonctionnelle du procédé de soufflage

Le processus de soufflage sert à transformer les préformes en PET en bouteilles, lesquelles vont être acheminées vers la soutireuse.

Au niveau des lignes d'embouteillage, le soufflage est effectué grâce à des souffleuses rotatives de la série SBF fabriquant des récipients en PET en utilisant le processus d'étirage et de soufflage des préformes.

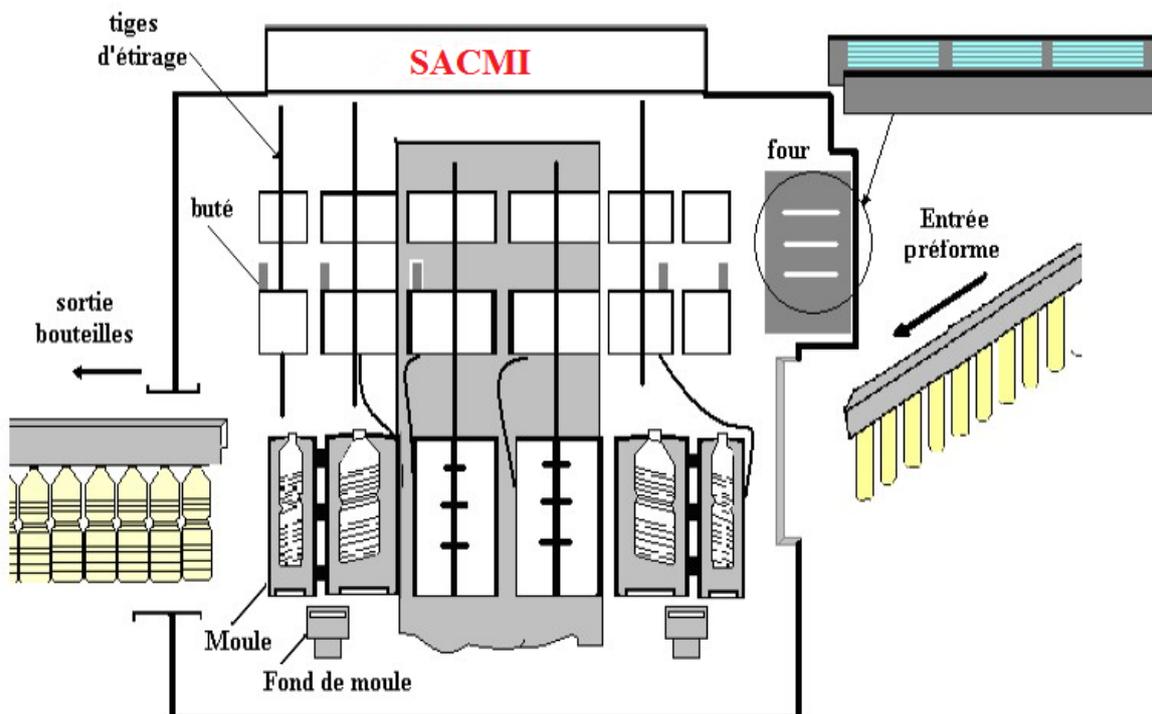


Figure 14: Cinématique de la Souffleuse SBF

Au niveau du fonctionnement, le système réalise un cycle de travail continu grâce au chauffage des préformes, par l'intermédiaire du module de chauffage, avec un processus successif d'étirage et de soufflage à l'intérieur des moules, par le module de soufflage.

Le soufflage est subdivisé en deux parties : l'alimentation en préformes et la phase de production.

1. Système d'alimentation en préformes

Cette étape constitue l'étape préliminaire qui fournit les préformes au système de soufflage. Elle est constituée par différents équipements comme le montre la figure 15.

1. Trémie à préformes
2. élévateur (transporteur incliné)
3. Bande transporteuse
4. Transporteurs à rouleaux
5. Rail d'alimentation

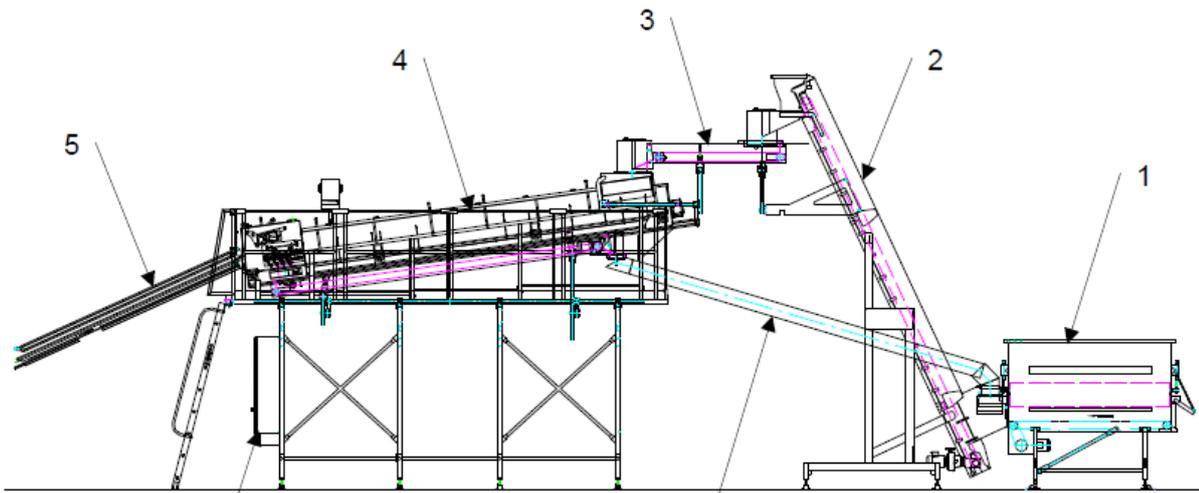


Figure 15: Composant du système d'alimentation en préformes

2. Phase production :

a. Premier chauffage (PHASE DE PÉNÉTRATION) :

La préforme est introduite dans le four où la chaleur pénètre à l'intérieur du corps de la préforme pendant qu'une ventilation forcée refroidit la surface de manière à garantir un chauffage le plus homogène possible. Au même moment, bague et col sont maintenus à une température la plus proche possible de la température ambiante grâce à un système de refroidissement.

b. Compensation :

Cette phase consiste en une stabilisation thermique intermédiaire, réalisée au centre du four dans une zone dépourvue de lampes. La compensation a pour objet de favoriser la pénétration de la chaleur en uniformisant la température à l'extérieur et à l'intérieur des préformes.

c. Chauffage (PHASE DE STABILISATION) :

La préforme (corps) est de nouveau soumise au chauffage (absence de réflexion des rayons) et à la ventilation forcée de manière à stabiliser le plus possible la température de la préforme à la valeur nécessaire pour un soufflage correct.

d. Transfert et Blocage :

Les préformes sont transférées du four au carrousel de soufflage et introduites dans les moules prévus à cet effet. Le moule est refermé et bloqué alors qu'il contient la préforme.

e. Pré-Soufflage :

Simultanément à la descente des axes d'étirage qui effectuent l'étirage longitudinal des bouteilles, se fait un pré-soufflage avec de l'air à basse pression, qui commence l'étirage latéral.

f. Soufflage :

Une fois la phase de pré-soufflage terminée, commence le soufflage de la bouteille avec de l'air à haute pression. L'étirage latéral se termine, avec les parois de la bouteille qui adhèrent au moule refroidi pour en prendre la forme et commencer à se refroidir.

g. Échappement :

L'air présent à l'intérieur des bouteilles s'échappe ce qui régularise la pression interne avec la pression externe.

h. Déblocage Et Transfert :

Les moules sont débloqués et ouverts, puis transmise vers la machine de remplissage par l'intermédiaire des systèmes de convoyage de bouteilles.



Figure 16 : Principe du soufflage

Une fois les préformes en PET transformées en Bouteilles, ces dernières sont acheminées par l'intermédiaire de carrousel de sortie vers la remplisseuse ou soutireuse.

III.3. Application d'AMDEC sur la Souffleuse SBF

III.3.1. Description de la machine

Cette étude est faite sur une Souffleuse rotative série SBF située dans le département de production de l'usine de Tarmilate de la société EMO.

Les souffleuses rotatives de la série SBF produisent des récipients en PET en utilisant le processus d'étirage et de soufflage des préformes. Le système réalise un cycle de travail continu grâce au chauffage des préformes, par l'intermédiaire du module de chauffage, avec un processus successif d'étirage et de soufflage à l'intérieur des moules, par le module de soufflage.

Les principales parties qui composent la machine sont illustrées sur la **figure 17**.

Elle constitue le maillon essentiel de la chaîne d'embouteillage, la défaillance de l'un de ses composants peut entraîner l'arrêt total de la production, d'où la nécessité d'optimiser sa maintenance à l'aide de la méthode AMDEC.

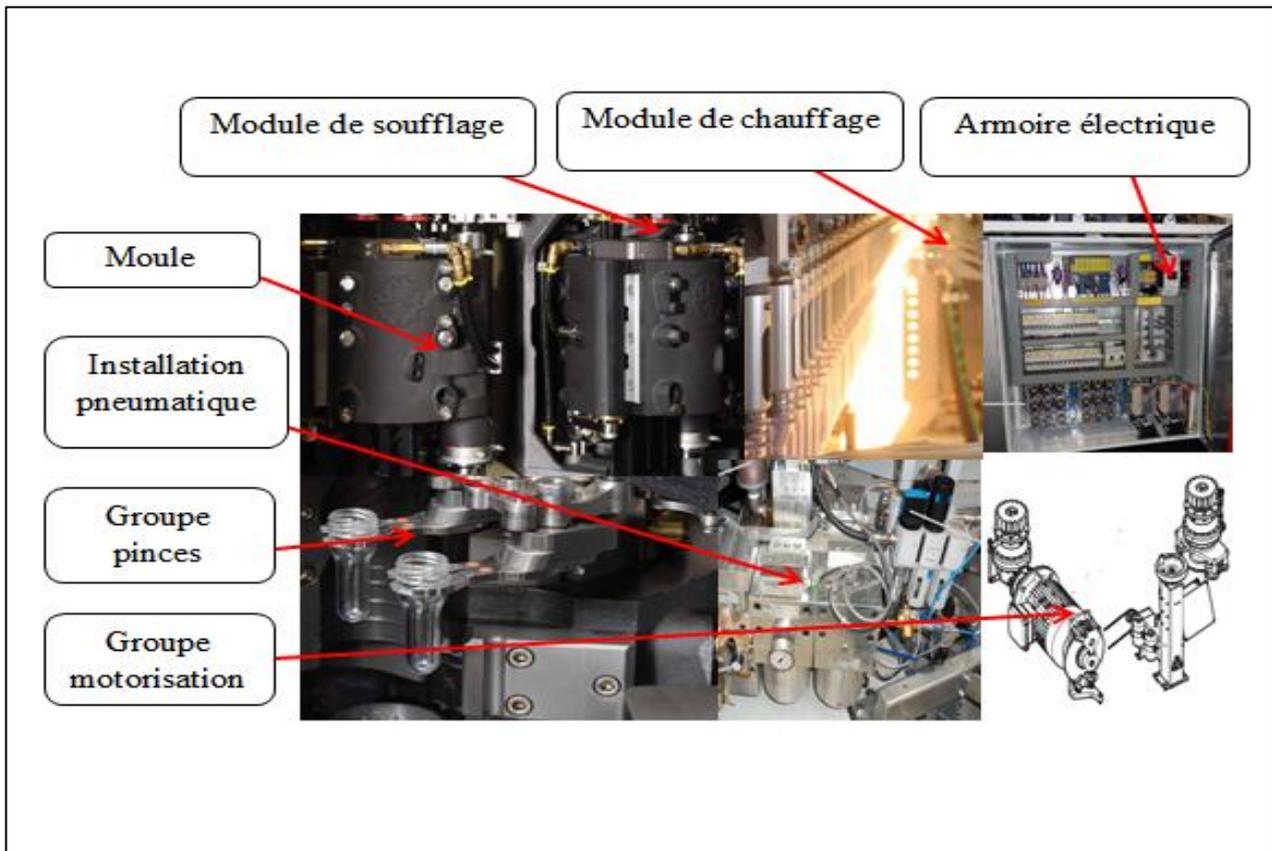


Figure 17: Groupes composant la souffleuse SBF

III.3.2. Caractéristiques technique de la machine

Souffleuse SBF61 marque : SACMI	
AIR COMPRIMÉ (25 BARS)	
Flux d'air envoyé (25 b dans la bouteille)	
Flux d'air par cylindres (7 b)	
ALIMENTATION : 400 volts (+6% / -10%) - 3 phases- 50/60 HZ - Cos $\phi > 0.97$	
CONSOMMATION ESTIMÉE DU FOUR kWh 128	
PUISSANCES NOMINALES	- Puissance de chauffage disponible kW 495
	- Divers (moteur, éclairage, ventilation, pompe...) kW 41
PUISSANCE ABSORBÉE TOTALE ESTIMÉE* 124 kW	
*Cette puissance est une estimation de la puissance absorbée réelle.	
CONSOMMATION D'EAU	Pression eau à l'entrée de la machine : 5-6 bars $\Delta P = 4\text{bars}$ (en moyenne) Différence de température (entrée/sortie) ΔT° conseillée = 3°C
	REFROIDISSEMENT MOULES SUPÉRIEURS (température maximale de l'eau : 20°C)
	REFROIDISSEMENT MOULES INFÉRIEURS (temp.eau: 8°C)
	PUISSANCE NOMINALE REQUISE REFROIDISSEUR kW 120
VENTILATION FOUR (Préformes + Lampes)	- Énergie à libérer kcal/h 60452
DONNÉES MACHINE	Coffres étoile carrousel d'entrée Nb 16
	Mandrins Nb 296
	Équipements carrousel d'introduction Nb 8
	Modules de soufflage Nb 16
	Équipements carrousel d'extraction Nb 8
	Coffres carrousel de sortie Nb 8

Tableau 11: caractéristiques techniques de la souffleuse SBF616

III.3.3. Décomposition fonctionnelle de la Souffleuse non exhaustive

L'AMDEC est une méthode de réflexion créative qui repose essentiellement sur la décomposition fonctionnelle de système en éléments simples jusqu'au niveau des composants les plus élémentaires.

Donc on a décomposé le système en Trois sous-systèmes. Chaque sous-système est décomposé jusqu'aux organes les plus élémentaires (**Figure 18**).

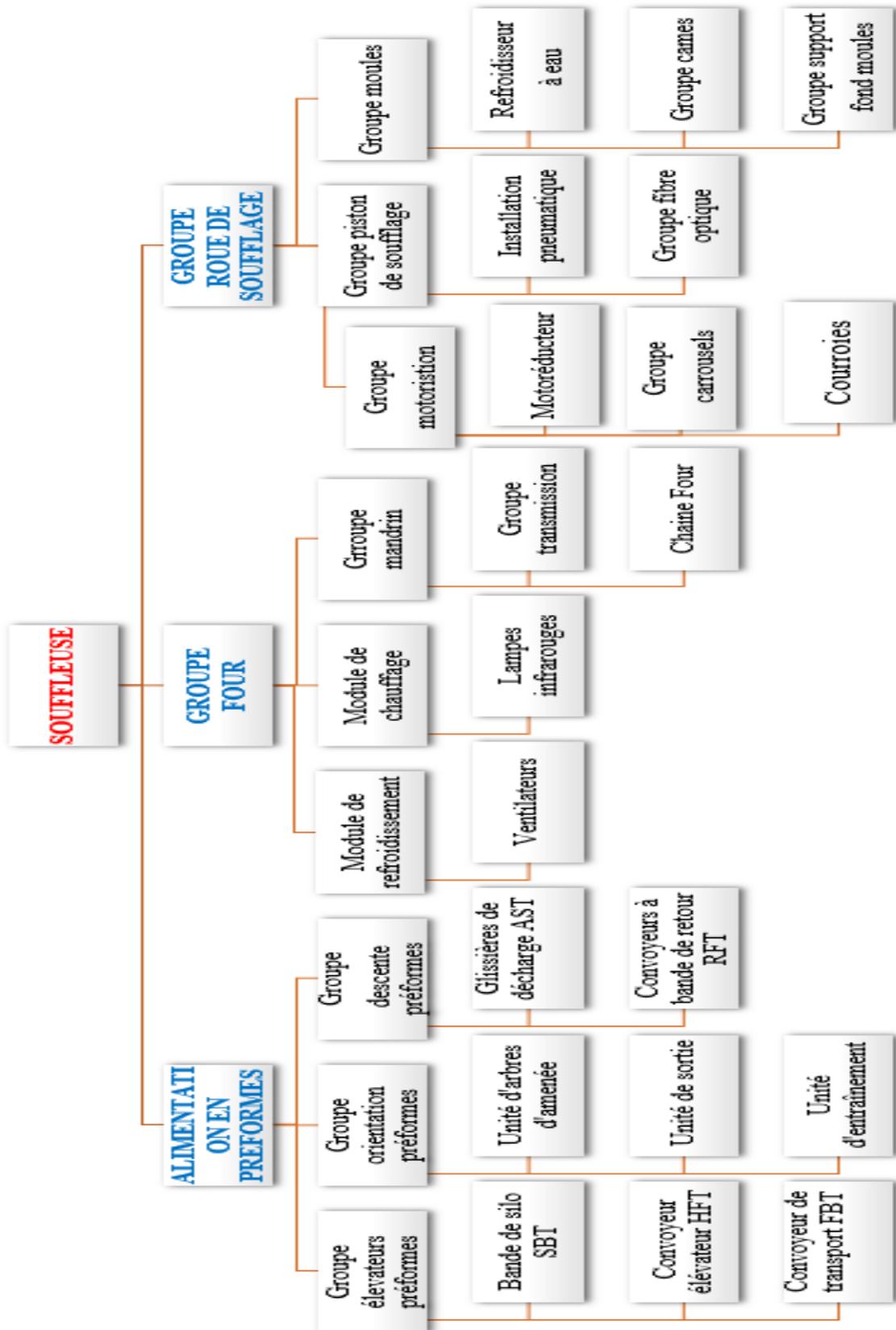


Figure 18 : Décomposition fonctionnelle de la Souffleuse SBF

III.3.4. Tableau AMDEC :

Après avoir défini la décomposition structurelle et fonctionnelle de la souffleuse, nous procédons à la réalisation de la grille de l'analyse AMDEC. Dans ladite grille apparaissent toutes les informations relatives à l'analyse AMDEC, de l'analyse fonctionnelle à la proposition des actions correctives en passant par la définition des modes et causes de défaillance et cela a été appliqué à tous les organes élémentaires composant les sous-systèmes de la souffleuse (ANNEXE 1).

III.3.5. Analyse de la criticité

1. Définition du critère G, F, N :

Gravité		
Niveau de G	1	Arrêt de production inférieur à 1 heure
	2	Arrêt de production inférieur à 4 heures
	3	Arrêt de production inférieur à 1 jour
	4	Arrêt de production supérieur à 1 jour
Fréquence		
Niveau de F	1	Moins d'une fois par an
	2	Moins d'une fois par mois
	3	Moins d'une fois par semaine
	4	Plus d'une fois par semaine
Le non détection		
Niveau de N	1	Visible par l'opérateur
	2	Détection aisée par un agent de maintenance
	3	Détection difficile
	4	Très difficilement décelable

Tableau 12: Définition du critère F.G.N

Par la définition des critères précédant, la criticité maximale d'une défaillance est de 64 d'après la relation $C = G * F * N = 4 * 4 * 4 = 64$

On a choisi la valeur 8 comme seuil de criticité, et :

Si la criticité $C < 8$ mise sous correctif.

Si la criticité $8 < C < 16$	mise sous préventive à fréquence variable.
Si la criticité $16 < C < 32$	mise sous préventif à fréquence élevée
Si la criticité $32 < C < 48$	recherche d'amélioration.
Si la criticité $48 < C < 64$	reprendre la conception.

Au terme de l'analyse de la criticité nous constatons que la plupart des composants ont un niveau de criticité qui nécessite une mise sous préventif à faible fréquence (Couleur orange) et au pire le niveau reste la mise sous préventif à fréquence élevée (Couleur rouge). Nous avons par la suite proposé un plan de maintenance préventive qui une fois mis en œuvre de manière efficace garantira un niveau de disponibilité connu de la machine à un cout global maîtrisé et cela permettra de prévenir les risques et maintenir la qualité de service.

III.4. Plan de Maintenance Préventive pour la Souffleuse

III.4.1. Définition de la maintenance

La maintenance peut être définie comme un ensemble d'actions techniques et managériales apporté à un équipement durant son cycle de vie afin de le maintenir ou le rétablir dans un état capable de réaliser aisément la ou les fonctions pour laquelle il a été conçu.

III.4.2. Les concepts de maintenance

Il existe deux concepts de maintenance à savoir :

- La maintenance préventive,
- La maintenance curative.

1. La maintenance préventive

a. Définition

La maintenance préventive est celle qui est exécuté à des intervalles de temps prédéfini ou selon des critères prescrit ; visant à réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un équipement ceci dans le but de maintenir celui-ci dans un état capable de remplir la fonction pour laquelle il a été conçu.

La maintenance préventive regroupe trois types de maintenance à savoir :

- La maintenance préventive programmée,
- La maintenance préventive conditionnelle,
- La maintenance préventive systématique

b. Quelques opérations de maintenance préventive

Généralement on distingue trois types d'interventions :

- **Les inspections** : Ce sont les contrôles de conformité réalisés en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un équipement.
- **Les visites** : C'est une opération de surveillance qui s'effectue à des intervalles de temps prédéterminés. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.
- **Les contrôles** : Ce sont les vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement.

2. La maintenance curative

a. Définition

La maintenance curative est celle pratiquée à la suite d'une panne, d'une défaillance constatée sur un équipement ; ceci dans le but de rétablir l'équipement dans un état capable d'accomplir sa fonction requise.

La maintenance curative regroupe deux types de maintenance à savoir :

- La maintenance curative corrective,
- La maintenance curative palliative.

b. Quelques opérations de la maintenance curative

On distingue deux types d'intervention.

- **La réparation** : C'est une remise en état parfaite et même garantie de l'équipement ; elle peut être effectuée à la suite d'un dépannage ou immédiatement après constat d'une panne ou d'une défaillance (maintenance curative corrective).
- **Le dépannage** : C'est l'action physique exécutée pour permettre à un équipement ou une machine en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit faite (maintenance curative palliative). Elle s'applique aux équipements fonctionnant en continu donc les impératives de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

III.4.3. Le service maintenance:

1. *Les fonctions du service maintenance* : (Norme FD X 60-000)

Les fonctions du Service Maintenance	ETUDE
	PREPARATION
	ORDONNANCEMENT
	REALISATION
	GESTION

Tableau 13 : Les fonctions du service maintenance

a. Etude :

Sa mission principale est l'analyse du travail à réaliser en fonction de la politique de maintenance choisie. Elle implique la mise en œuvre d'un plan de maintenance avec des objectifs chiffrés et des indicateurs mesurables.

b. Préparation :

La préparation des interventions de maintenance doit être considérée comme une fonction à part entière du processus maintenance. Toutes les conditions nécessaires à la bonne réalisation d'une intervention de maintenance seront ainsi prévues, définies et caractérisées. Une telle préparation devra bien sûr s'inscrire dans le respect des objectifs généraux tels qu'ils sont définis par la politique de maintenance : coût, délai, qualité, sécurité,...

Quel que soit le type d'intervention à réaliser, la préparation sera toujours présente. Elle sera :

- Implicite (non formalisée) : dans le cas de tâches simples, l'intervenant assurera lui-même, par expérience et de façon souvent automatique la préparation de ses actions ;
- Explicite (formalisée) : réalisée par un préparateur, elle donne lieu à l'établissement d'un dossier de préparation structuré qui, faisant partie intégrante de la documentation technique, sera utilisé chaque fois que l'intervention sera réalisée. Il sera donc répertorié et conservé sous réserve de mises à jour ultérieures.

c. Ordonnancement :

L'ordonnancement représente la fonction "chef d'orchestre". Dans un service maintenance caractérisé par l'extrême variété des tâches en nature, en durée, en urgence et en criticité, l'absence de chef d'orchestre débouche vite sur la cacophonie quel que soit le brio des solistes.

d. Réalisation :

La réalisation consiste à mettre en œuvre les moyens définis dans le dossier de préparation dans les règles de l'art, pour atteindre les résultats attendus dans les délais préconisés par l'ordonnancement.

e. Gestion :

La fonction gestion du service maintenance devra être capable d'assurer la gestion des équipements, la gestion des interventions, la gestion des stocks, la gestion des ressources humaines, et la gestion du budget.

III.4.4. Place du service maintenance dans l'entreprise :

Les installations, les équipements, tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples : usures, déformations dues au fonctionnement, action des agents corrosifs (agents chimiques, atmosphériques, etc.).

Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement (panne); diminuer les capacités de production; mettre en péril la sécurité des personnes; provoquer des rebuts ou diminuer la qualité; augmenter les coûts de fonctionnement (augmentation de la consommation d'énergie, etc.); diminuer la valeur marchande de ces moyens. Dans tous les cas ces détériorations engendrent des coûts directs ou indirects supplémentaires.

Le service maintenance, comme le service de sécurité, devient une interface entre toutes les entités qui composent l'entreprise.

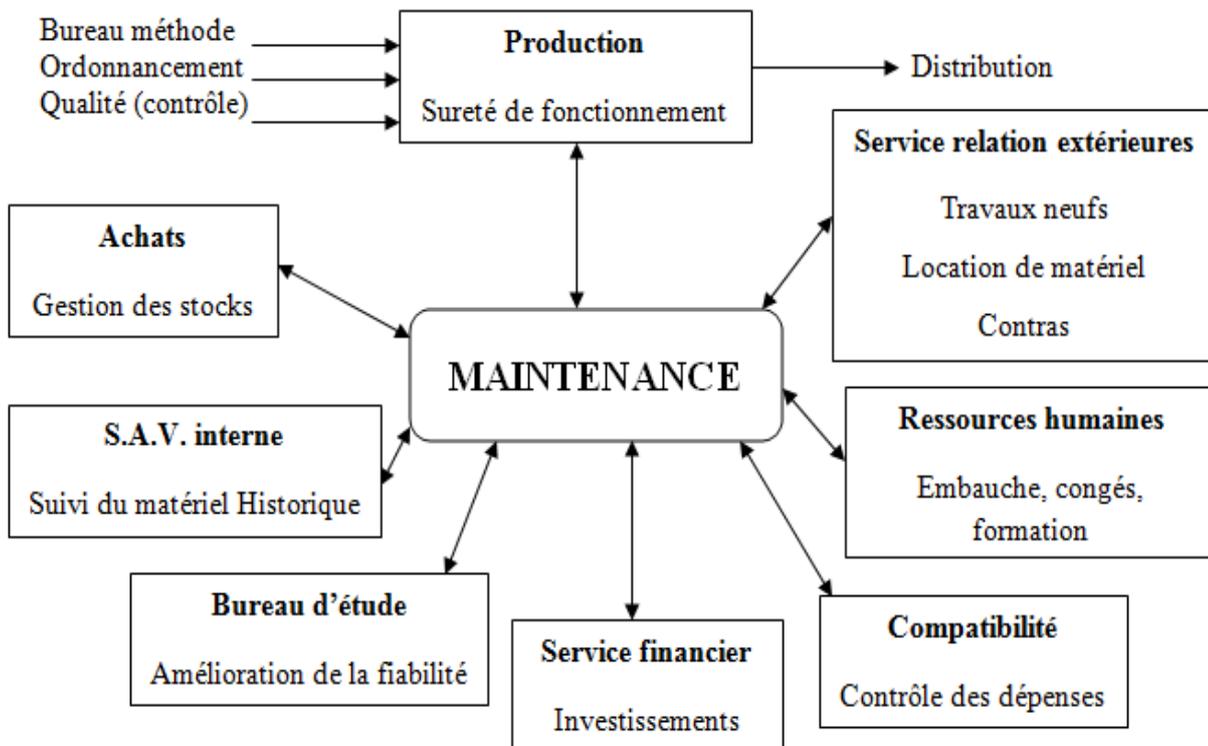


Figure 19 : Place du service maintenance dans l'entreprise

III.4.5. Le technicien de maintenance :

Pour atteindre les objectifs de la maintenance, et en tenant compte d'un contexte de mondialisation visant à réduire les coûts pour assurer la compétitivité, les entreprises ont besoin de techniciens ayant des compétences très fortes tant dans les domaines techniques que dans l'approche économique des problèmes et dans la capacité à manager les hommes.

La technologie des matériels actuels implique une *compétence technique polyvalente*. Les frontières entre les domaines mécanique, électrique, hydraulique, pneumatique, informatique ... ne sont pas évidentes sur une machine compacte.

Une polyvalence au niveau de la gestion est aussi indispensable, ainsi que *la maîtrise des données techniques, économiques et sociales*.

Le profil du technicien de maintenance, est celui *d'un homme de terrain*, de contact et d'équipe, qui s'appuie sur sa formation initiale puis sur son expérience pour faire évoluer la prise en charge du matériel dont il a la responsabilité.

III.4.6. Le management de la maintenance :

Le management de la maintenance est à la charge d'une (ou plusieurs) personne(s) désignée(s) dont les responsabilités et autorité doivent être définies. (*Norme FD X 60-000*).

Il appartient au management et aux responsables de :

- Définir les profils d'emploi nécessaires à l'accomplissement de la mission de la fonction maintenance ;
- Gérer les ressources disponibles en interne dans cet esprit et en particulier de prendre des dispositions pour assurer la formation, la qualification et l'habilitation du personnel en vue de :
 - Lui permettre d'assurer les tâches de maintenance avec un optimum d'efficacité ;
 - S'assurer que les règles de sécurité sont connues et mises en œuvre ;
 - Etre conforme aux exigences réglementaires en matière d'habilitation ;
 - Etc.

III.4.7. Sources disponibles pour la maintenance à l'usine de Tarmilate

1. Documents techniques des équipements

A l'usine, la disponibilité des équipements est assurée en grande partie par des programmes de maintenance palliative mais aussi préventive. Le service maintenance dispose pour chaque équipement des manuels décrivant le programme de maintenance préventive spécifique à chaque appareil mais aussi de cahier de suivi recensant les différentes pannes survenues auparavant. Ces manuels techniques permettent de connaître la machine en question de manière détaillée afin d'assurer sa maintenabilité. Parmi les informations, on y retrouve :

- Précautions particulières et Consignes de sécurité
 - Paramètres de surveillance, de réglage et modes opératoires de maintenance
 - Type de lubrifiant, consommables, Pièces d'usure, pièces de rechange, Schémas électriques
- Ces documents sont fournis par le constructeur de l'équipement au moment de la fourniture de la machine. Pour le cas de la souffleuse objet de notre étude, les documents techniques sont élaborés par la société italienne SACMI.

2. GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur) :

La fonction maintenance revêt deux caractères : un caractère technique mais aussi un caractère de gestion. Le caractère technique intègre les différentes équipes de maintenance avec les différents programmes. Dans l'optique d'amélioration de sa gestion de maintenance l'EMO se démarque par une gestion de la maintenance assistée par ordinateur.

En effet toute la documentation relative à la maintenance est gérée par un système informatisé qui assure un service rapide et efficace tout en assurant une traçabilité au cours du processus de la maintenance. Ainsi que ce soit les différentes interventions (émission de bon de travail), le remplacement de nouvelles pièces de rechange ou bien la gestion des équipes tout est réalisé grâce à un logiciel. Parmi les fonctions proposées par la GMAO, on y retrouve : gestion de la maintenance, gestion des stocks pièces de rechange et la gestion des achats des pièces.

III.4.8. Difficultés observées sur le terrain :

Malgré les documents techniques disponibles et l'utilisation de la GMAO, on assiste à des arrêts journaliers dont pour la plupart la récurrence témoigne d'une défaillance à certaines étapes du processus de production et de maintenance. La majeure partie de la maintenance étant palliative, l'idéal serait de remplacer cette dernière par une **maintenance préventive** mieux ficelée. Une des hypothèses à émettre serait que la gestion de la maintenance n'est pas à son niveau optimal, une meilleure organisation des divers services impliqués apporterait une amélioration.

Une des raisons probables de certains arrêts récurrents mais aussi d'une durée d'intervention pourrait s'expliquer par la complexité de certains équipements notamment **la souffleuse** et du

manque de formation suffisante par rapport à l'équipement de certains techniciens de maintenance.

En effet, une maîtrise de l'équipement engendre une meilleure maîtrise de maintenabilité et par conséquent une réduction des pannes vers un idéal de “**zéro défaut**”.

On va se focaliser sur l'hypothèse concernant la compétence du personnel. Dans une entreprise, il est indispensable de spécifier le niveau de maintenance et la responsabilité de tout un chacun pour assurer l'efficacité d'un système de production et de maintenance.

III.4.9. Plan de maintenance préventive

Après avoir analysé la criticité et proposé des actions correctives, nous avons par la suite procédé à l'élaboration d'un plan de maintenance préventive. Ce plan de maintenance vise à répertorier toute les opérations de maintenance préventive à faire pour assurer le bon fonctionnement de la souffleuse. Le plan de maintenance a été établi à l'aide de l'AMDEC qui aura aidé à déterminer les composants les plus critiques, qui demandent donc plus de surveillance et d'entretien.

Deux types d'actions sont répertoriés, les contrôles, qui sont pour la plupart des opérations de niveau 1 ou 2 et l'entretien qui concerne les niveaux de maintenance 1 à 4. On trouvera aussi dans le plan de maintenance la périodicité adaptée aux opérations à effectuer sur le composant à entretenir. Pour avoir une périodicité optimale on s'est servi de la partie maintenance de la documentation technique de la souffleuse fournie par le constructeur. On y trouve également les niveaux correspondants, l'état de la machine (marche/arrêt) et les observations qui des intervenants (**ANNEXE 2**).

III.4.10. La fiche d'entretien préventif

Dans un premier temps le plan classant les opérations à effectuer selon la périodicité a été élaboré. En vue de faciliter les interventions de maintenance et permettre aux techniciens d'y enregistrer les archives, nous avons proposé une fiche d'entretien préventif. Cette fiche donne la procédure, agrémentée de la nature des tâches à effectuer selon les besoins, les pièces de rechange, la périodicité et la partie concernée de l'équipement (**ANNEXE 3**).

CONCLUSION GENERALE

Au terme de mon passage au sein de la société EMO qui était on ne peut plus satisfaisant, mon travail consistait à optimiser la maintenance de la machine d'étirage-soufflage des préformes en PET en lui appliquant la méthode AMDEC gage de maintien durable en bon état de fonctionnement d'un système. L'application de cette démarche à ce système (Souffleuse) m'a permis:

- De définir les exigences de sûreté de son fonctionnement de manière précise ;
- D'identifier à l'aide de la méthode de PARETO, ses sous-systèmes sur lesquels une attention particulière doit être portée ;
- D'identifier ses fonctions critiques et d'analyser la criticité de ses composants ;
- De définir la politique de maintenance pour le système et ses composants par la proposition d'un plan de maintenance préventive exécutable en se servant de la fiche d'entretien préventif proposée.

Le constat à soulever concerne la durée d'intervention pour remettre l'équipement en état de marche une fois les arrêts survenus. Ces observations m'ont permis de cibler les causes majeures engendrant la contre-performance de la machine objet de l'étude.

En effet, un manque de compétence suffisant pour la conduite des équipements (Difficultés de Paramétrages Souffleuse, difficulté de tenue des rapports de production) s'est avéré au niveau de certains opérateurs ce qui induisait des retards au démarrage ou au niveau de la remise en marche. L'autre problème est surtout organisationnel, il s'est fait remarquer un manque d'organisation optimale et de synchronisation au niveau du service maintenance.

Dans un souci d'amélioration continue du processus et d'accroissement de la productivité, des séances de formation de certains opérateurs sur la conduite des équipements devraient être mises en place mais aussi, pour le cas des techniciens, afin de réduire la durée d'intervention la fréquence des séances de formation devrait être revue à la hausse.

Le service maintenance devrait réorganiser sa structure et axer sa politique vers l'utilisation efficace des outils d'analyse et de gestion de maintenance tels que la GMAO, l'AMDEC et la TPM.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Document technique de l'équipement « Manuel d'instructions SBF614 – SBF616 – SBF618 » disponible à l'usine de Tarmilate de la société EMO.
- [2] : Historiques des interventions de maintenance disponible au service production de l'usine de Tarmilate
- [3] : Cours Analyse fonctionnelle. Bine El ouidane Hassan -2017-Faculté des Sciences et Techniques de Fès – Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.
- [4] : L'AMDEC un outil puissant d'optimisation de la maintenance, application à un moto-compresseur. Brahim HERROU, Mohamed ELGHORBA- 2005- Ecole Supérieure de Technologie de Fès - Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.
- [5] : Optimisation de la fonction maintenance par la méthode AMDEC Cas de la pompe 2000D à membrane, Abdel Adil- 2013- Faculté des Sciences de l'Ingénieur de Tlemcen- Université Abou Bekr Belkaid.
- [6] : Jean Héng « Pratique de la Maintenance Préventive 396p » 3^{ème} édition-DUNOD.

WEBOGRAPHIE

- [1] : <http://www.directive.fr/articles/BPR.html>
- [2] : <http://www.maintenance-preventive.com/methode-presentation-1.html>
- [3] : Cours de STRATEGIE DE MAINTENANCE / <http://btsmiforges.free.fr/>.
- [4] : <http://www.jean-bufferne.com/wp-content/Utilisation-de-lAMDEC-en-Maintenance.pdf>
- [5] : <http://www.jean-bufferne.com/wp-content/Utilisation-de-lAMDEC-en-Maintenance.pdf>
- [6] : Les outils et méthodes de la gestion de qualité /<http://www.directive.fr/articles/BPR.html>

ANNEXES :
Annexe1 : Extrait de l'étude AMDEC

			Etude AMDEC Moyen de production							
Unité de production : Souffleuse SBF						Unité de maintenance : Module de chauffage				
Matériel			Caractéristiques de la défaillance			Criticité			Résultats D'études	
Code	Organe	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet sur le système	F	G	N	C	Actions à mener
1	Cylindre d'arrêt	régler le flux de préforme	Cylindre défectueux	Problème mécanique	Flux désordonné de préforme	3	3	2	18	Dépanner le cylindre
2	Plaque à étoile	prélever les préformes	Les pinces de la plaque ne s'ouvrent pas correctement	Manque de lubrification	Préformes rejetées	2	1	1	2	Lubrifier les pinces
				Ressorts défectueux		4	2	2	16	Substituer les ressorts
3	Pivot	commander le mandrin	N'assure pas correctement sa fonction	Usure ou fatigue de la came qui l'actionne	Cycle de production perturbé	1	3	2	6	Substituer la came
			N'actionne pas le mandrin	Déréglage de la came	Arrêt du système	2	3	2	12	Régler la came
4	Mandrin de transport	Assurer l'opération de préhension de préformes	Mouvement instable du mandrin	Usure ou vieillissement des roulements de l'axe	Rejets des préformes	3	2	2	12	Substituer les roulements
			Le mandrin fait du bruit	Manque de lubrification	Risque dégâts matériel	1	2	1	2	Lubrifier les parties mobiles
5	Système à chaîne	Transporter le mandrin	Mouvement chaîne problématique	Faute de lubrification	Risque d'endommagement du matériel	1	2	1	2	Lubrifier les parties concernées
				Rotation forcée du mandrin	Production ralentie	2	2	2	8	Contrôler le mandrin
				La pression du tendeur de chaîne	Production	3	2	2	12	Régler la

				est trop élevée	ralentie					pression
SQ19	Cellule photoélectrique	Détecter la présence de préformes	Pas de détection	Présence de poussière ou d'humidité	arrêt de production	1	3	2	6	Essayer la lentille et le réflecteur
				Fuite de lumière		1	3	3	9	S'assurer que le réflecteur capte la lumière
				Distance de détection inadéquate		1	3	1	3	Normaliser la distance
				Dysfonctionnement causé par les parasites		1	3	2	6	Utiliser le filtre antiparasite
			Détection permanente	Connexion inverse	Cycle de production désordonné	1	3	3	9	Vérifier la connexion
				Réflecteur endommagé		2	1	2	4	Substituer le réflecteur
			pas de réflexion	Mauvais réglage de la sensibilité		2	1	2	4	Régler correctement la sensibilité
			faisceau de lumière incidente obstrué	Présence d'un objet	Pas de détection	1	2	1	2	Dégager l'objet gêne la réflexion
			Court-circuit	Surintensité ou mauvais câblage	Pas de détection	3	2	2	12	Vérifier le câblage et régler le courant le courant
			BT1	Pyromètres	Contrôle la température de préformes	Ne fonctionne plus	Pyromètre endommagé	Perte du contrôle de la température, risque de produire des bouteilles non conformes	2	3
Ne fonctionne pas	Pyromètre desserré	1				1	2		8	Fixer correctement le pyromètre
N'assure pas correctement le contrôle	Poussière	1				1	1		6	Nettoyer la lentille
4	Groupe éjecteur	Ejecter les préformes non conformes	Ne fonctionne pas	Défectueux	Présence inappropriée des préformes non conformes	1	4	3	12	Réparer ou remplacer les pièces défectueuses
				Défaut d'isolement		1	2	2	4	Assurez-vous que l'isolement

SQ17	Capteurs	Détecter la présence erronée d'une préforme	Court-circuit du capteur		Marche dégradée					soit efficace
			Surintensité			2	2	2	8	Régler le courant conformément à la valeur assignée
			Détection permanente	Mauvaise connexion	Cycle désordonné	1	3	3	9	Vérifier le câblage du capteur
			Détection incertaine de préforme	Distance de détection nominale non respectée	Flux désordonné des préformes	2	1	2	4	Conformer la distance de détection à celle normalisée
			Présence non détectée	Capteur hors service	Cycle bloqué	2	2	2	8	Rétablir l'alimentation du capteur
				Capteur grillé		2	3	2	12	Substituer le capteur
6	Came	Déplacer l'axe du mandrin	Déplacement inadéquat de l'axe	Usure de la came	Production ralentie	2	3	3	18	Contrôler l'usure de la came
			Coussinet non lubrifié			2	2	2	8	Lubrifier le coussinet
M8	Motoréducteur	Actionner la chaîne	Défaillance du réducteur	Niveau d'huile insuffisant	Fonctionnement irrégulier du système	3	2	1	6	Lubrifier suffisamment
				Défaillance d'engrenage		1	2	3	6	Contrôler l'état d'usure des engrenages
				Huile polluée ou inadéquate		2	2	3	12	Faire le vidage et changer l'huile
				Défaillance de roulements		2	2	3	12	Substituer les roulements
			Le moteur tourne mais la régulation de vitesse ne marche pas	Résistance élevée	Arrêt du système	3	3	1	9	Contrôler par mesure les valeurs des résistances
				Bobinage en court-circuit		1	3	2	6	Vérifier le bobinage et éliminer le court-circuit

			Le motoréducteur fonctionne par à-coup	Problème de roulement du moteur	Cycle désordonné	2	2	3	12	Substituer les roulements
			Le motoréducteur chauffe	Ventilation anormale	Risque dégâts matériel	1	3	3	9	Dépoussiérer le ventilateur et assurez-vous qu'il fonctionne correctement
				Surintensité		2	2	2	8	Régler le courant à la valeur assignée
BT3	Pyromètres	Régler la puissance thermique des modules lampes	Pas de signal du pyromètre	Distance de lecture incorrecte	Température de préformes non inconnue (risque de produire des bouteilles non conformes)	2	3	2	12	Respecter la distance assignée
				Mauvais réglage		2	2	2	8	Régler la position du pyromètre
				Pyromètre grillé		2	3	3	18	Substituer le pyromètre
1	Lampes à infrarouges	Chauffer les préformes	Lampes éteintes	Relais statique ne fonctionne pas	Arrêt de production	1	3	3	9	Substituer le relais
				Les lampes ne fonctionnent pas		4	3	2	24	Substituer les lampes défectueuses
				Les lampes sont électriquement déconnectées		2	3	2	12	Contrôler et connecter les fils

Annexe 2 : Extrait du plan de maintenance préventive

	<h3>Plan de maintenance préventive</h3>						Machine : Souffleuse SBF SACMI					
Département Maintenance Bureau de Méthode	Usine de TARMILATE					Périodicité					Observation	
GROUPE	Opérations	Niveau	Marche	Arrêt	Intervenants	Journalier	hebdomadaire	Mensuel	Trimestriel	Semestriel	Annuel	

GROUPE MOTEUR	Contrôle d'usure, de tension et éventuel remplacement de la courroie renvoie d'actionnement du carrousel d'introduction	2		A	MEC				√		
	Contrôle d'usure, de tension et éventuel remplacement de la courroie renvoie d'actionnement du carrousel d'introduction-carrousel de prélèvement	2		A	MEC				√		
	Contrôle d'usure, de tension et éventuel remplacement de la courroie renvoie d'actionnement du carrousel de prélèvement-carrousel de sortie	2		A	MEC				√		
	Contrôle d'usure, de tension et éventuel remplacement de la courroie renvoie d'actionnement du carrousel alimentation four	2		A	MEC				√		
	Contrôle niveau huile et rajout éventuel du motoréducteur carrousel	1	M		ELEC			√			
	Contrôle niveau huile et rajout éventuel du motoréducteur transport mandrins	1	M		ELEC			√			
	Contrôle niveau huile et rajout éventuel du motoréducteur de rotation mandrins	1	M		ELEC			√			
	Contrôle niveau huile et rajout éventuel du motoréducteur carrousel changement de pas	1	M		ELEC			√			
	Vidage huile des motoréducteurs du carrousel, de transport mandrins et de rotation mandrins	2		A	ELEC				√		

GROUPE FOUR	Nettoyage de lampes et miroirs	1		A	OP		√					
	Contrôle de fonctionnement t nettoyage des pyromètres			A	ELEC		√					
	Nettoyage des filtres ventilateurs	1		A	MEC			√				
	Contrôle de tension et usure de chaînes transport/rotation mandrins	2		A	MEC						√	
	Contrôle de fonctionnement des lampes IR et éventuel remplacement	2		A	ELEC				√			
	Remplacement des filtres ventilateurs	2		A	MEC					√		
	Contrôle de fonctionnement et éventuel remplacement des mandrins de transport	2		A	MEC						√	
	Remplacement chaînes transport/ rotation mandrins	2		A	MEC						√	
	Lubrification manchons petits chariots	1		A	GR	√						
	Lubrification butée carrousel	1		A	GR	√						
	Lubrification des roulements du carrousel alimentation	1		A	GR	√						
	Lubrification des cames de centrage fond	1		A	GR		√					
GROUPE CARROUSEL ET ROUE DE SOUFFLAGE	Lubrification d'axe d'étirage	1		A	GR		√					
	Lubrification de coulisse d'étirage	1		A	GR		√					
	Lubrification groupe porte-moule et groupe fond	1		A	GR		√					
	Contrôle du niveau de graisse et rajout éventuel de la pompe de lubrification	1	M		MEC			√				
	Lubrification des roulements du carrousel d'introduction, d'extraction et de sortie	1		A	MEC	√						
	Nettoyage des moules	1		A	MEC		√					

	Contrôle usure module coulisse d'étrépage	2		A	MEC					√	
	Eventuel remplacement module coulisse d'étrépage	2		A	MEC					√	
	Remplacement du silencieux de vannes de soufflage	2		A	ELEC				√		
	Remplacement des joints buse de soufflage	2		A	MEC				√		
	Contrôle usure remplacement axe d'étrépage	2		A	MEC					√	
	Maintenance des vannes de soufflage	3		A	ELEC			√			
DISPOSITIF D'ALIMENTATION EN PREFORMES	Vérifier que les dispositifs de sécurité ne sont pas défectueux	1	M		ELEC	√					
	Contrôle /remplacement des roulettes, du guide linéaire et des pinces	2		A	MEC		√				
	Contrôler le serrage des connexions électriques	1		A	ELEC		√				
	Vérifier visuellement que les éléments de l'unité d'entraînement ne sont pas endommagés	1	M		ELEC			√			
	Lubrifier les paliers	1	M		GR		√				
	Nettoyer les barrières lumineuses et les capteurs avec un chiffon et contrôler leur fonctionnement	1		A	OP		√				
INSTALLATION PNEUMATIQUE	Vidage condensats des filtres haute et basse pression	2		A	MEC		√				
	Nettoyage des filtres haute et basse pression	2		A	MEC			√			
	Remplacement du silencieux	2		A	MEC				√		
INSTALLATION ELECTRIQUE	Nettoyage et maintenance des tableaux électrique	3		A	ELEC				√		
	Contrôle de fonctionnement et nettoyage des cellules photoélectriques	2		A	ELEC	√					

	Retrait du condensat ou d'autres liquides des tableaux électriques	2		A	ELEC		√					
	Vérification des branchements et état des câbles de l'installation de mise à la terre	1	M		ELEC			√				
	Vérification des branchements et état des câbles électriques	1	M		ELEC			√				
	A : Arrêt Marche	M :	MEC : Mécanicien Opérateur Frigoriste			ELEC : Electricien			GR : Graisseur			OP : FR :

Annexe 3 : Fiche d'entretien préventif

 <p>LES EAUX MINÉRALES D'OULMÈS</p>	Ligne d'embouteillage SIDI ALI		Equipement : SOUFFLEUSE SACMI		
	Fiche d'entretien préventif				
	Date :				
USINE DE TARMILATE	Partie de la machine		Périodicité :		
	Graissage	X	Hebdomadaire		
	Mécanique	X			
SERVICE MAINTENANCE	Electricité				
	Divers				
Descriptif de l'opération					
N° d'opération	tâches à effectuer		Pièces de rechange	Observation	
Mécanique					
1	- contrôler les fuites d'air dans le circuit pneumatique				
2	- contrôler les silencieux pneumatique				
3	- contrôler les fuites d'eau dans le circuit hydraulique				

4	- contrôler les manomètres et vérifier les pressions		
5	- nettoyer la barre d'étirage		
6	- nettoyer les tiges des cylindres de soufflage		
Graissage			
1	- graisser la chaîne du transport des mandrins		
2	- graisser les cliquets fermeture/ouverture moule		
3	- graisser les éléments porte moule		
4	- graisser les guides des fonds des moules		
5	- graisser les bras des roues de transfert du déplacement (pinces)		
6	- graisser les goujons de centrage moule		
7	- graisser les guides des barres d'étirage		
8	- graisser les leviers de blocage/déblocage moule		
9	- graisser les roulements de la couronne de la roue de soufflage		
10	- graisser les coquilles de centrage du bas de moule		
Responsable de l'exécution Visa		Exécutants 	Heure de debut Heure de fin
Créée par : SALAMI GOUAYA Nassirou	<i>Approuvée le</i>	Appliquée le	