

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université A. MIRA-BEJAIA**



جامعة بجاية  
Tasdawit n Bgayet  
Université de Béjaïa



FILIALE CEREALES DES HAUTS PLATEAUX / Spa

**Faculté de Technologie**  
**Département de Génie électrique**

**Mémoire fin d'étude**

**Pour l'obtention du diplôme de master**

**Option : Maintenance industrielle**

**Thème**

**Etude de la fiabilité d'une vis d'Archimède au niveau de  
l'entreprise AGRODIV des moulins de la Soummam unité  
de Kherrata**

**Présenté par :**

- ✓ Abdeladim YAHIAOUI
- ✓ Mohamed Salah MEBARKI

**Encadré par :**

- ✓ Talit BELHOUL

**Promotion : 2021/2022**

## Remerciement

Avant tout nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la patience et la santé pour mener à terme la réalisation de notre mémoire de fin d'étude.

En premier lieu, nous exprimons notre profonde gratitude à notre promotrice madame T. BELHOUJ pour ses conseils judicieux et son confiance. De plus, nous tenons à la remercier de nous avoir assuré l'encadrement et la documentation nécessaire pour l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions aussi l'entreprise AGRODIV des moulins de la Soummam Unité Kherrata ainsi que Mr AZZOUJ Slimane pour avoir proposé et dirigé ce travail, pour sa disponibilité, ses remarques et son temps consacré à nous aider.

Nos remerciements vont également aux membres de jury d'avoir accepté de juger notre travail.

# Table des matières

**Table des matières**

**INTRODUCTION GENERALE.....1**

**Chapitre I : présentation des équipements et des installations de  
l'entreprise**

I.1 Introduction.....3

I.2 Présentation de l'entreprise.....3

    I.2.1 Présentation de la société ERIAD-Sétif-Les Moulins de la Soummam .....3

    I.2.2 Description de l'unité de Kherrata .....3

I.3 Structure de l'unité de production.....4

    I.3.1 Réception et stockage de la matière première.....4

    I.3.2 Nettoyage de blé .....5

        I.3.2.1 Nettoyeur séparateur .....6

        I.3.2.2 Trieurs .....6

        I.3.2.3 Brosse vertical .....7

        I.3.2.4 Laveuse-essoreuse .....7

        I.3.2.5 Conditionnement de blé lavé.....7

        I.3.2.6 Contrôles technologiques et réglages quotidiens .....8

        I.3.2.7 Contrôle d'efficacité de l'atelier de nettoyage .....9

    I.3.3 Processus de la production de la semoule.....9

        I.3.3.1 Broyage .....10

        I.3.3.2 Blutage .....10

        I.3.3.3 Division .....11

        I.3.3.4 Désagrégation.....11

        I.3.3.5 Réduction .....11

        I.3.3.6 Convertissage .....11

        I.3.3.7 Sassage .....11

        I.3.3.8 Transport .....12

    I.3.4 Stockage des produits finis et de sous-produits .....13

I.4 Installation électrique au sein de l'entreprise .....14

    I.4.1 Alimentation.....14

    I.4.2 Transformateur .....14

    I.4.3 Les armoires électriques .....15

I.5 Conclusion .....16

**Chapitre II : exposition des évènements accidentels prévus dans l'entreprise et généralité sur la maintenance**

|  |    |
|--|----|
| II.1 Introduction .....  | 17 |
| II.2 Généralités sur les risques et les accidents de travail.....                            | 17 |
| II.2.1 Exposition .....  | 17 |
| II.2.2 Risque .....  | 17 |
| II.3.1 Classification des risques.....   | 18 |
| II.3.1.1 Risques de circulations et déplacements.....  | 18 |
| II.3.1.2 Risques des manutentions manuelles et mécaniques.....                               | 18 |
| II.3.1.3 Les risques physiques .....   | 19 |
| II.3.1.4 Risques d'incendie et d'explosion.....  | 20 |
| II.3.1.5 Risque du Bruit.....  | 20 |
| II.3.1.6 Risques électriques .....   | 20 |
| II.3.1.7 Risques psychosociaux .....   | 21 |
| II.3.1.8 Risques routiers .....  | 21 |
| II.3.1.9 Risques chimiques .....   | 22 |
| II.3.2 Accident .....  | 23 |
| II.3.3 Sécurité .....  | 23 |
| II.4 Evènements accidentels prévus dans l'entreprise AGRODIV des moulins de la SOUMMAM ..... | 24 |
| II.4.1 Risques liés aux installations .....  | 24 |
| II.4.2 Risques liés à la trémie .....  | 24 |
| II.4.3 Risques liés à la vis .....   | 25 |
| II.4.4 Risque liés aux élévateurs.....   | 25 |
| II.4.5 Risques liés au nettoyeur séparateur et au trieur.....                                | 27 |
| II.4.6 Risques liés à des appareils cylindres.....   | 28 |
| II.4.7 Risques liés aux plansichters et sasseurs .....                                       | 29 |
| II.4.8 Risques liés à la conditionneuse.....   | 29 |
| II.5 Maintenance utilisée au sein de l'entreprise.....                                       | 30 |
| II.5.1 Définition de la maintenance .....  | 30 |
| II.5.2 Entretien et maintenance .....  | 30 |
| II.5.3 Actions de la maintenance .....   | 31 |

## TABLE DES MATIERES

---

|   |    |
|---|----|
| II.5.4 Actions administratives et de management .....                                       | 31 |
| II.5.5 Organigramme du service maintenance .....  | 31 |
| II.5.6 Types de maintenance .....   | 32 |
| II.5.6.1 Maintenance corrective.....  | 33 |
| II.5.6.2 Maintenance préventive .....   | 33 |
| II.6 Généralités sur la fiabilité.....  | 34 |
| II.6.1 Fiabilité.....   | 34 |
| II.6.2 Application de la fiabilité .....  | 34 |
| II.6.2.1 Différents loi de fiabilité.....   | 35 |
| II.6.2.1.1 Loi Binomiale.....   | 35 |
| II.6.2.1.2 Loi de poisson .....   | 35 |
| II.6.2.1.4 Loi exponentielle .....  | 35 |
| II.6.2.1.5 Loi de weibull.....  | 35 |
| II.7 Paramètres de la fiabilité MTBF, MTTR, MTTA .....                                      | 36 |
| II.7.1 Moyenne des temps techniques de réparation .....                                     | 36 |
| II.7.2 Moyen de temps de bon fonctionnement.....  | 36 |
| II.7.3 Moyen des temps de défaillance .....   | 36 |
| II.7.4 Taux de défaillance et de répartition .....  | 36 |
| II.7.4.1 Taux de défaillance.....   | 36 |
| II.7.4.1.1 Evolution du taux de défaillance .....   | 37 |
| II.7.4.2 Taux de répartition .....  | 37 |
| II.8 Méthodes d'optimisation de la maintenance .....  | 37 |
| II.8.1 Diagramme de Pareto .....  | 37 |
| II.8.2 Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)..... | 38 |
| II.9 Conclusion.....  | 38 |

## Chapitre III : Description et diagnostique des pannes de la vis d'Archimède

|   |    |
|---|----|
| III.1 Introduction .....                    | 39 |
| III.2. Définition de vis d'Archimède .....  | 39 |
| III.3 Variantes de la vis d'Archimède ..... | 39 |
| III.3.1 Vis d'Archimède horizontal .....    | 39 |
| III.3.2 Vis de transport inclinée.....      | 40 |

## TABLE DES MATIERES

---

|  |    |
|--|----|
| III.3.3 Vis vertical.....  | 40 |
| III.3.4 Adaptations de la vis suivant les secteurs d'application ..... | 41 |
| III.3.4.1 Mélangeur à vis.....   | 41 |
| III.3.4.2 Vis d'extraction à sacs.....                                 | 41 |
| III.3.4.3 Echangeur thermique à vis d'Archimède .....                  | 42 |
| III.3.4.4 Machines élévatoires simples à vis d'Archimède .....         | 42 |
| III.3.4.5 Doseurs à vis.....   | 43 |
| III.4 Forage à vis d'Archimède .....                                   | 43 |
| III.5 Constitution et principe de fonctionnement .....                 | 44 |
| III.5.1 Vis d'Archimède avec âme .....                                 | 44 |
| III.5.2 Vis d'Archimède sans âme .....                                 | 45 |
| III.5.3 Moteur .....   | 45 |
| III.5.4 Réducteur de vitesse.....                                      | 46 |
| III.5.5 Accouplement moteur-réducteur .....                            | 46 |
| III.5.6 Paliers.....   | 46 |
| III.5.7 Capteur de vitesse .....                                       | 47 |
| III.5.8 Fiche technique de la vis .....                                | 47 |
| III.6 Analyse AMDEC.....   | 47 |
| III.6.1 Diagramme d'ISHIKAWA.....                                      | 47 |
| III.6.2 Tableau d'analyse AMDEC .....                                  | 48 |
| III.7 Synthèse d'étude.....  | 49 |
| III.7.1 Action corrective.....   | 49 |
| III.7.2 Diagramme de PARETO et classification ABC.....                 | 50 |
| III.8 Conclusion.....  | 51 |

## Chapitre IV : Etude et calcul de fiabilité

|   |    |
|---|----|
| IV.1 Introduction.....  | 52 |
| IV.2 Etude de fiabilité .....   | 52 |
| IV.2.1 Historique des pannes de la vis d'Archimède .....                            | 52 |
| IV.2.2 Calcul de temps de bon fonctionnement .....                                  | 53 |
| IV.2.3 Classement et calcul du temps de répartition et la fiabilité de système..... | 55 |
| IV.2.4 Application de modèle de Weibull .....                                       | 56 |

## TABLE DES MATIERES

---

|  |           |
|--|-----------|
| IV.2.5 Calcule de fiabilité $R_{ti}$ , la fonction de répartition $F_{ti}$ , le taux de défaillance $\lambda_{ti}$ , la densité de probabilité $f_{ti}$ Test de Kolmogorov-Smirnov ..... | 57        |
| IV.2.6 Test d'adéquation (test Kolmogorov-Smirnov) .....   | 58        |
| IV.2.7 Calcul de la fiabilité de la vis d'Archimède.....   | 58        |
| IV.2.8 Courbe de la fonction de fiabilité théorique.....   | 59        |
| IV.2.9 Courbe de la fonction de la répartition théorique .....   | 59        |
| IV.2.10 Courbe de densité de probabilité théorique .....   | 60        |
| IV.2.11 Courbe des taux défaillance .....  | 61        |
| IV.2.12 Analyse des résultats de la fiabilité de système.....  | 61        |
| IV.3 Conclusion.....   | 62        |
| <b>CONCLUSION GENERALE.....</b>  | <b>63</b> |

# Liste des figures

**Liste des figures**

**Chapitre I : présentation des équipements et des installations de l'entreprise**

**Fig. I. 1** : Pont bascule.....9

**Fig. I. 2** : Trémie.....9

**Fig. I. 3** : Elévateur à godets.....9

**Fig. I. 4** : Nettoyeur séparateur.....10

**Fig. I. 5** : Trieur .....11

**Fig. I. 6** : Brosse vertical .....11

**Fig. I. 7**: Digramme de nettoyage de blé.....13

**Fig. I. 8** : Balance automatique.....14

**Fig. I. 9** : Appareil à cylindre .....14

**Fig. I. 10** : Plansichter .....15

**Fig. I. 11** : Sasseur .....16

**Fig. I. 12** : Ventilateur pneumatique .....16

**Fig. I. 13** : Diagramme des moutures.....17

**Fig. I. 14** : Conditionneuse.....18

**Chapitre II : exposition des évènements accidentels prévus dans l'entreprise et généralité sur la maintenance**

**Fig. II. 01** : Risque de circulation et déplacement.....18

**Fig. II. 02** : Transpalette.....19

**Fig. II. 03** : Chariots élévateurs.....19

**Fig. II. 04** : Risque physique .....19

**Fig. II. 05** : Incendie .....20

**Fig. II. 06** : Accident d'origine électrique.....21

**Fig. II. 07** : Risque psychosociaux .....21

**Fig. II. 08** : Risque routiers .....22

**Fig. II. 09** : Risque chimique.....23

**Fig. II. 10** : Risques de trémie .....25

**Fig. II. 11** : Equipements de sécurité placés sur un élévateur .....26

**Fig. II. 12** : Capotage .....27

**Fig. II. 13** : Déchets de nettoyeur séparateur .....28

**Fig. II. 14** : Casque de protection .....29

|   |    |
|---|----|
| <b>Fig. II. 15 :</b> Lunettes de protection .....               | 29 |
| <b>Fig. II. 16 :</b> Bavette de protection.....                 | 29 |
| <b>Fig. II. 17 :</b> Exemple de structure d'une entreprise..... | 32 |
| <b>Fig. II. 18 :</b> Types de maintenance .....                 | 32 |
| <b>Fig. II. 19 :</b> Probabilités complémentaires .....         | 34 |
| <b>Fig. II. 20 :</b> Courbe en baignoire.....                   | 37 |

### Chapitre III : Description et diagnostique des pannes de la vis d'Archimède

|  |    |
|--|----|
| <b>Fig. III. 1 :</b> Formes principales des spires.....                        | 40 |
| <b>Fig. III. 2 :</b> Vis de transport inclinée .....                           | 40 |
| <b>Fig. III. 3 :</b> Mélangeurs .....  | 41 |
| <b>Fig. III. 4 :</b> Coupe d'une vis d'extraction à sas .....                  | 42 |
| <b>Fig. III. 5 :</b> Machine élévatoires simple à vis d'Archimède .....        | 43 |
| <b>Fig. III. 6 :</b> Système d'alimentation et de dosage par vis sans fin..... | 43 |
| <b>Fig. III. 7 :</b> Tarière continue.....                                     | 44 |
| <b>Fig. III. 8 :</b> Vis d'Archimède avec âme .....                            | 45 |
| <b>Fig. III. 9 :</b> Vis d'Archimède sans âme.....                             | 45 |
| <b>Fig. III. 10 :</b> Moteur asynchrone .....                                  | 45 |
| <b>Fig. III. 11 :</b> Réducteur de vitesse couplé avec le moteur .....         | 46 |
| <b>Fig. III. 12 :</b> Accouplement.....  | 46 |
| <b>Fig. III. 13 :</b> Palier .....   | 47 |
| <b>Fig. III. 14 :</b> Diagramme d'ISHIKAWA .....                               | 48 |
| <b>Fig. III. 15 :</b> Diagramme de PARETO .....                                | 51 |

### Chapitre IV : Etude et calcul de fiabilité

|  |    |
|--|----|
| <b>Fig. IV. 1 :</b> Chronogramme des dispositions réparables ..... | 53 |
| <b>Fig. IV. 2 :</b> droite de Weibull .....                        | 56 |
| <b>Fig. IV. 3 :</b> Fonction de la fiabilité .....                 | 59 |
| <b>Fig. IV. 4 :</b> Courbe de fonction de répartition .....        | 60 |
| <b>Fig. IV. 5 :</b> Courbe de densité de probabilité .....         | 60 |
| <b>Fig. IV. 6 :</b> Courbe des taux de défaillance.....            | 61 |

# Liste des tableaux

**Liste des tableaux**

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabl. III. 1</b> : fiche technique d'une vis d'Archimède.....                            | 47 |
| <b>Tab. III. 2</b> : Analyse AMDEC .....  | 48 |
| <b>Tab. III. 3</b> : Durée des pannes des sous-ensembles de la vis d'Archimède .....        | 50 |
| <b>Tab. IV. 1</b> : historique des pannes de la vis d'Archimède.....                        | 52 |
| <b>Tab. IV. 2</b> : Calcul de temps de bon fonctionnement.....                              | 54 |
| <b>Tab. IV. 3</b> : la fonction de répartition et de fiabilité cumulée.....                 | 55 |
| <b>Tab. IV. 4</b> : Les différentes valeurs utilisées pour la distribution de Weibull ..... | 57 |

# Liste des abréviations

### Liste des abréviations

|              |  |
|--------------|--|
| <b>AFNOR</b> | : Association Française de Normalisation                     |
| <b>MTTR</b>  | : Temps Moyen de Répartition                                 |
| <b>MTBF</b>  | : Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement                    |
| <b>MTTA</b>  | : Temps Moyen de défaillance                                 |
| <b>MTTF</b>  | : Temps Moyen de bon Fonctionnement                          |
| <b>MUT</b>   | : Durée Moyenne de fonctionnement après répartition          |
| <b>MDT</b>   | : Durée moyenne d'indisponibilité                            |
| <b>AMDEC</b> | : Analyse des Modes de Défaillances et Études des Criticités |

# Liste des symboles

## Liste des symboles

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>P</b>                 | : Probabilité   |
| <b>F</b>                 | : Fréquence   |
| <b>G</b>                 | : gravité   |
| <b>T</b>                 | : Variable aléatoire « durée de vie » [heure]         |
| <b>F(t)</b>              | : Probabilité de défaillance                          |
| <b>R<sub>t</sub>i</b>    | : Probabilité de bon fonctionnement                   |
| <b>E(t)</b>              | : Espérance mathématique                              |
| <b>μ (t)</b>             | : Taux de répartition                                 |
| <b>λ (t)</b>             | : Taux de défaillance [nombre de défaillance /heure]  |
| <b>β (beta)</b>          | : Paramètre de forme de la loi de "weibull"           |
| <b>η (êta)</b>           | : Paramètre d'échelle de la loi de "weibull"[heure]   |
| <b>γ (gamma)</b>         | : Paramètre de position de la loi de "weibull"[heure] |
| <b>R(t)</b>              | : Fiabilité au temps t [%]                            |
| <b>M(t)</b>              | : Maintenabilité                                      |
| <b>F<sub>t</sub>i</b>    | : Densité de probabilité                              |
| <b>N</b>                 | : Nombre  |
| <b>N<sub>i</sub></b>     | : Nombre d'intervention                               |
| <b>D<sub>n</sub> max</b> | : Fréquence maximal                                   |
| <b>F<sub>t</sub>h</b>    | : Fonction de répartition                             |

# Introduction Générale

### Introduction générale

Les risques industriels naissent depuis la mise en œuvre des activités humaines. Ils sont liés à la nature des procédés de fabrication, aux installations, au facteur humain et aux phénomènes extérieurs.

Dans le monde industriel les risques sont classés parmi les problèmes majeurs car, ils ont des graves conséquences sur l'être humain, sur les équipements et les installations à l'entreprise.

L'évaluation des risques est une enquête systématique de tous les risques liés aux postes de travail, aux équipements de travail et aux salariés. C'est un outil aussi pour l'employeur pour garantir la sécurité et la santé.

La maintenance est une procédure suivie par l'équipe de maintenance afin de rétablir et maintenir les défaillances dans le but d'éviter aussi les risques industriels.

La présence de la maintenance est nécessaire dans l'entreprise car elle permet de prendre soin les équipements et d'éviter les défaillances. Ce qui fait que le pourcentage des risques à l'entreprise va diminuer [1].

L'entreprise AGRODIV des moulins de la Soummam, unité de Kherrata spécialisée à la production de semoule, nous a permis de connaître toutes les étapes de protection de semoule commençant par la décharge de blé par les camions dans la trémie passant par la partie nettoyage puis la partie moulin jusqu'à la partie stockage.

Pendant la période de stage, nous avons l'opportunité d'avoir des informations et d'étudier la vis Archimède qui est l'un des équipements nécessaires dans les entreprises industrielles. Cette dernière permet de transporter le produit d'un dispositif à l'autre.

Dans ce mémoire, nous allons prendre la machine de la vis Archimède comme un exemple d'application pour étudier et analyser sa fiabilité. Les systèmes de vis Archimède ont de très grandes importances dans des chaînes de production dans les entreprises.

L'objectif fondamental de ce mémoire est de faire une analyse sur les risques industriels et d'étudier la fiabilité de la vis Archimède.

Notre mémoire est divisé en quatre chapitres, après l'introduction générale, notre travail sera consacré à présenter l'entreprise AGRODIV des moulins de la SOUMMAM à laquelle nous avons suivi notre stage pratique commençant par la décharge de blé sur la trémie jusqu'à la conditionneuse et aussi de faire un rappel sur les équipements et les installations électriques qui se trouvent au sein de l'entreprise.

Dans le deuxième chapitre, nous allons citer les généralités sur les risques industrielles, après nous allons évoquer les risques de chaque équipement et les moyens à proposer pour prévenir ces risques, ainsi que des généralités sur la maintenance utilisée dans l'entreprise.

Pour le troisième chapitre, ça sera un rappelle sur la vis Archimède, les composants qui se trouvent dans la machine et son fonctionnement. Ensuite, nous allons citer quelques méthodes de gestion de maintenance comme la méthode AMDEC qui est pour objectif de déterminer les causes des modes de défaillances et la méthode de Pareto aussi qui est pour but de déterminer les organes les plus critiques dans la machine.

Dans le dernier chapitre, nous allons concentrer à faire l'analyse et l'étude de la fiabilité de la vis Archimède à partir de la loi de Weibull en utilisant le logiciel EasyFit pour déterminer les paramètres qui nous aide pour calculer la moyenne de temps de bon fonctionnement, la fonction de répartition et la densité de probabilité. Enfin, nous allons proposer des solutions pour diminuer les pannes et d'augmenter la fiabilité de la machine.

Chapitre I :  
Présentation des  
équipements  
et des installations de  
l'entreprise

**I.1 Introduction**

La semoule est l'un des produits essentiels dans les habitudes alimentaires des algériens, elle est donc, parmi les produits les plus consommés, ce qui justifie le choix de stage dans une entreprise spécialisée dans le secteur de la meunerie (semouleries et minoteries).

La fabrication de la semoule nécessite donc, un certain niveau de technologie pour produire une meilleure qualité de la semoule.

Une entreprise de production en général, cherche la continuité de l'exploitation et un développement durable pour réaliser des résultats financiers positifs. Donc, l'unité économique doit toujours développer son processus de production et son organisation (amélioration du niveau de management) pour réaliser des gains à travers la maîtrise des moyens humains et matériels.

Dans ce premier chapitre nous donnerons une présentation globale sur l'unité semoulerie de Kherrata, les équipements et les installations industriels utilisés à travers la production ainsi que la maintenance utilisée au sein de l'entreprise.

**I.2 Présentation de l'entreprise****I.2.1 Présentation de la société ERIAD-Sétif-Les Moulins de la Soummam**

Les moulins de la Soummam est une société par action, dénommée ERIAD-Sétif « Les Moulins de la Soummam/SPA » SIDI-AICH. Une des filiales du groupe ERIAD-Sétif créé lors de la filialisation des unités de production le 01 octobre 1997. Son siège social est implanté à la daïra de SIDI-AICH à une distance de 45kms au nord-ouest de la wilaya de Bejaia, elle est constituée de deux sites abritant deux unités à caractère industriel et commercial : l'unité de SIDI-AICH (moulin semoulerie d'une capacité de trituration de 4400Qx/j et un moulin mixte semoule et farine d'une capacité de trituration de 3000Qx/j) et l'unité de KHERRATA (semoulerie d'une capacité de trituration de 1000Qx/j).

**I.2.2 Description de l'unité de Kherrata**

L'unité de Kherrata est une semoulerie parmi les plus anciennes semouleries de l'Algérie, malgré tous les temps et les événements et les générations qui se sont succédé, la semoulerie de Kherrata garde toujours sa spécificité de produire la semoule sans recourir à l'investissement dans d'autres créneaux, malgré la disponibilité du terrain.

L'unité de Kherrata est l'héritage de la période coloniale, elle a été mise en service par le colonnaire HUGENE DUSSIAUX en 1890, elle a été l'objet de quelques modifications techniques en 1927 par le colonnaire. A l'indépendance elle a été déclarée comme un bien de l'état et intégrée au sein de la SN-SENPAC le 25 mars 1965 société nationale, elle a bénéficié d'une rénovation par un changement radical de ses équipements de production de marque « MOLINO » fournisseur d'origine turque, travaux débutés en 1991, l'unité est réceptionnée en 1995 (le bâtiment de production est resté le même depuis sa construction initiale).

### **I.3 Structure de l'unité de production**

L'établissement de production de l'unité est réparti en trois parties :

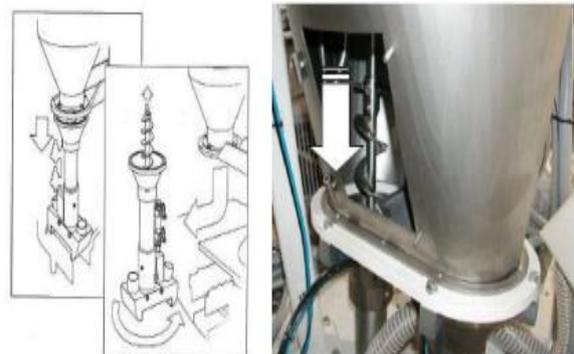
- ❖ **Partie de production** constituée de cinq étages, elle est partagée en deux parties :
  - La première partie est composée de différents ateliers destinés au nettoyage, stockage, séparation et conditionnement
  - La deuxième partie est réservée pour la mouture, broyage, blutage, sassage et le convertissage.
- ❖ **Partie de récupération du produit fini et d'emballage.**
- ❖ **Partie de stockage.**

#### **I.3.1 Réception et stockage de la matière première**

Le blé est livré en camion au moulin en provenance d'une coopérative agricole. Il est pesé au niveau du pont bascule lors de l'arrivée, puis déversé dans une trémie dont la capacité de réception est de 400Qx [2].



**Fig. I. 1 : Pont bascule**



**Fig. I. 2 : Trémie**

Le transport de blé dur par l'intermédiaire d'une vis sans fin et d'un élévateur (transport à godets) vers le premier nettoyeur séparateur pour y subir un pré nettoyage [3].



**Fig. I. 3 :** Elévateur à godets

Le nettoyeur séparateur a pour tâche l'élimination des déchets de blé dur, il est composé de trois tamis superposés de différentes dimensions :

- Le premier tamis refuse les gros déchets tels que les pierres, les plumes...etc.
- Le second tamis refuse les déchets moyens.
- Le dernier tamis laisse passer les fines poussières et impuretés et refuse le blé qui sera conduit par l'élévateur et la vis sans fin vers les silos de stockage (06 silos) dont chacun est d'une capacité de 1332Qx.

### **I.3.2 Nettoyage de blé**

Il est d'une grande importance (50%) primordiale que les lots de blé admis en mouture soient exempts de poussière, de déchets et d'autres grains endommagés par les insectes et par les germinations.

Toutes ces matières nuisibles donnent un produit fini d'une mauvaise qualité et ne répondant pas aux normes requises.

Par conséquent, chaque machine de nettoyage ou les lots de blé passent et construite pour effectuer un travail bien déterminé.

Le nettoyage est réalisé à l'aide d'une série d'équipements qui sont :

### I.3.2.1 Nettoyeur séparateur

Le blé dur sort des silos par l'intermédiaire d'une vis sans fin et l'élévateur vers le second nettoyeur séparateur pour éliminer les gros déchets restants [4].

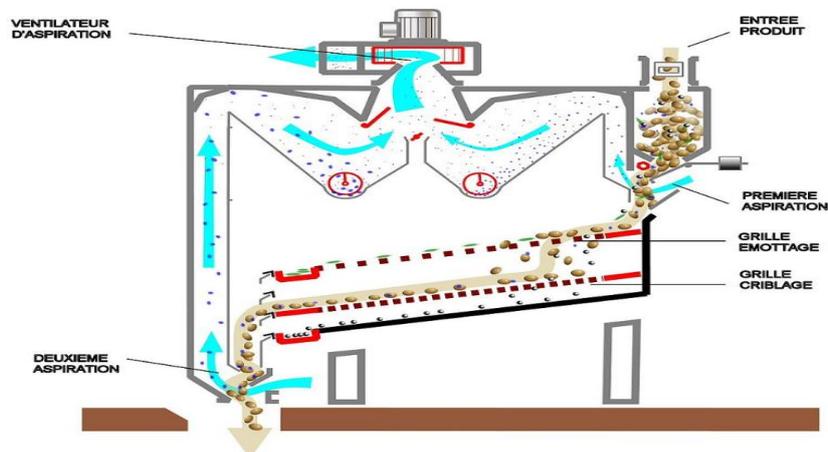


Fig. I. 4 : Nettoyeur séparateur

### I.3.2.2 Trieurs

Le blé dur est porté par gravité dans ces appareils qui sont des cylindres se constituant d'alvéoles rondes ou hélicoïdales de petits diamètres qui permettent d'éliminer les grains ronds et longs dimensions inférieures à celle du blé.

Les refus de tri qui sont des grains cassés, des grains longs et minces et des grains de mauvaises herbes tels que la vesce sont séparés par ces appareils avec l'obtention d'un sous-produit appelé criblure.



Fig. I. 5 : Trieur

### I.3.2.3 Brosse vertical

Elle permet d'éliminer toutes les impuretés et poussières pouvant adhérer aux grains de blé. Ce dernier est soumis à un choc contre un manteau perforé.



**Fig. I. 6 :** Brosse vertical

### I.3.2.4 Laveuse-essoreuse

Lorsque le blé dur est débarrassé de toutes les impuretés est fines particules, passe dans une laveuse-essoreuse ; le rôle de cet appareil consiste à laver le blé mécaniquement avec de l'eau potable. Le blé est entraîné par des ailettes qui tournent à grande vitesse puis essoré à travers une grille persienne pour être acheminé ensuite grâce un élévateur à godet vers les boisseaux de repos au nombre de trois d'une capacité de 600Qx (pour y subir un premier repos).

### I.3.2.5 Conditionnement de blé lavé

- **Premier repos**

Après le processus de nettoyage du blé et étant assuré d'une bonne séparation de déchets et bien lavé, le blé est acheminé par un transport mécanique vertical (élévateur à godets) vers 04 boisseaux de repos d'une capacité totale 600Qx.

Le temps du premier repos est de 16 heures à 24 heures.

- **Deuxième repos**

Si l'humidité de blé reposé n'a pas atteint la norme de mouture 16.5% ; le blé doit obligatoirement subir un deuxième repos dans d'autres boisseaux de repos (au nombre de deux) en passant par le mouilleur intensif.

Cette opération consiste à ajouter une certaine quantité d'eau au blé dur, suivi d'un temps de repos (04 heures à 06 heures) et cela pour permettre à l'eau de pénétrer dans toutes les parties des grains. Son but :

- Augmenter le rendement.
- Obtenir des semoules de bonne qualité.
- Faciliter la séparation de l'amande et de l'enveloppe au niveau de la mouture.

Le temps global est de 20 heures à 24 heures. Cela en fonction de la variété de blé

### **I.3.2.6 Contrôles technologiques et réglages quotidiens**

- **Nettoyeur séparateur**

- Etat d'usure des grilles.
- Qualité de déchets obtenus.
- Distribution uniforme.

- **Trieurs cylindriques**

- Qualité des déchets obtenus.
- Présence de blé dans les déchets.
- Inclination des augets.
- Présence des déchets longs dans le blé.

- **Brosse verticale**

- Etat d'usure des pales.
- Qualité des déchets d'extraction.
- Vitesse de l'air.
- Qualité de poussière obtenue.

I.3.2.7 Contrôle d'efficacité de l'atelier de nettoyage

Le contrôle de l'efficacité de nettoyage nous renseigne sur la séparation complète ou insuffisante des déchets contenus dans le lot de blé nettoyé.

Dans le cas d'insuffisance de séparation, il est opéré une identification manuelle et visuelle de chaque type de déchets encore présent le lot de blé afin de déterminer l'équipement défaillant et porter les corrections nécessaires.

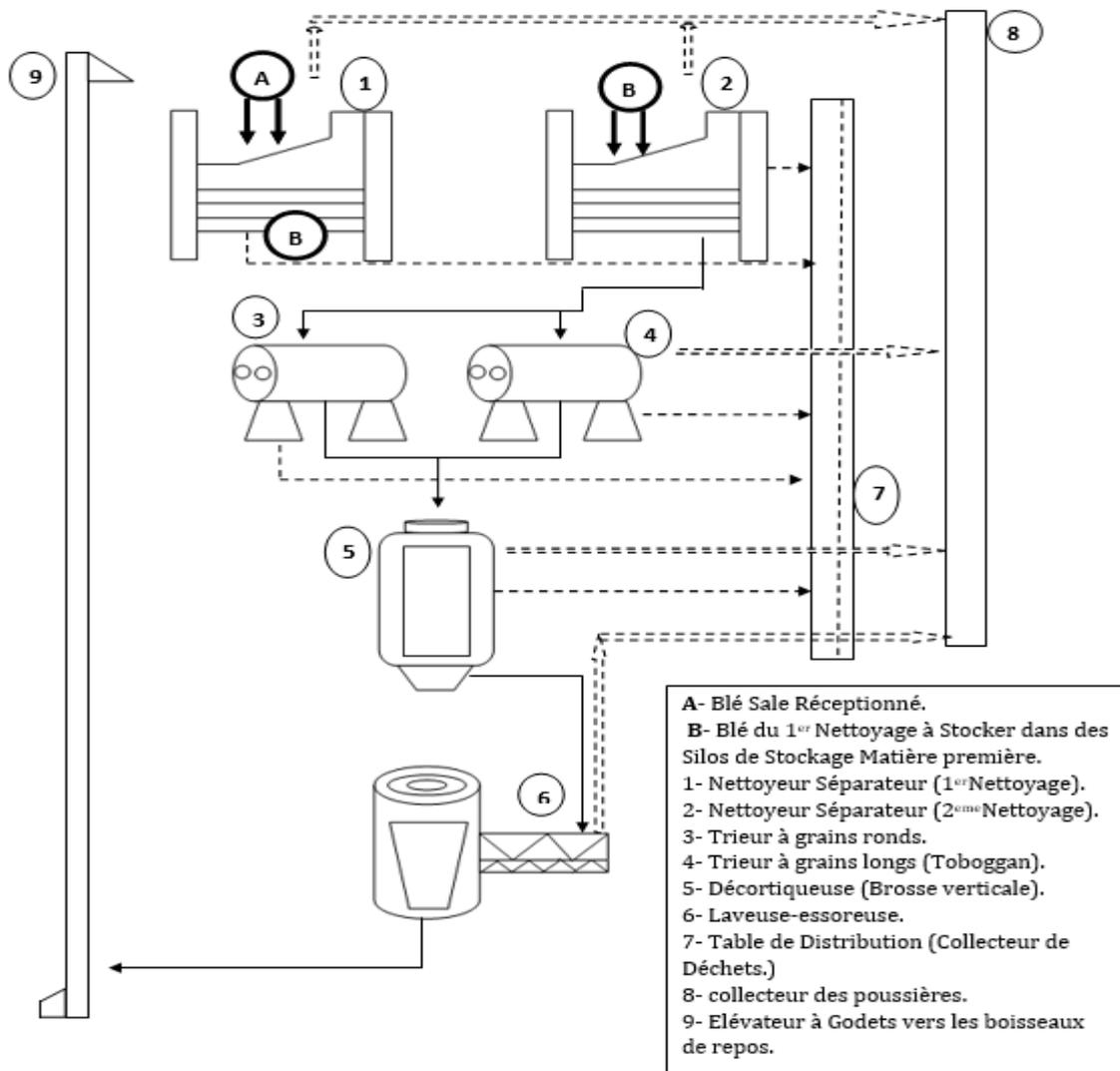


Fig. I. 7 : Digramme de nettoyage de blé

I.3.3 Processus de la production de la semoule

Le blé conditionné est acheminé à l'atelier de mouture à l'aide d'une vis sans fin et d'un élévateur à godets depuis les boisseaux de repos vers une deuxième décortiqueuse pour une élimination partielle de l'enveloppe externe, puis par gravité, vers une balance automatique

d'une capacité de 25Kg appelée balance avant B1. En passant par un appareil magnétique pour capter les débris ferreux appelé TARARE.



**Fig. I. 8 :** Balance automatique

L'opération de mouture consiste à triturer le blé en produits finis avec l'obtention de sous-produits et cela en séparant l'endosperme des enveloppes.

### **I.3.3.1 Broyage**

Le broyage est la fragmentation du blé en particules grosses et moyennes sous l'effet des cannelures des rouleaux des appareils à cylindres positionnés en tranchant sur tranchant.

Le produit de broyage constitué de particules de dimension hétérogène sera acheminé vers le plansichter pour subir une classification par dimension et grosseur. (6 broyeurs B1 à B6) [6].



**Fig. I. 9 :** Appareil à cylindre

### **I.3.3.2 Blutage**

C'est la classification des produits intermédiaires issus des différents systèmes de transformation par grosseurs et dimensions.

Le blutage est assuré par le plansichter, équipements disposants de tamis superposés garnis de toiles à bluter d'ouverture de mailles décroissant en dimension de l'entrée de produit à la sortie de celui-ci [6].



**Fig. I. 10 :** Plansichter

### **I.3.3.3 Division**

La division est un blutage complémentaire des produits finis hétérogène obtenus d'un blutage initial.

### **I.3.3.4 Désagrégation**

La désagrégation est la séparation des enveloppes couvrant encore des grains de semoule, sous effet des cannelures fines d'appareils à cylindre appropriés.

### **I.3.3.5 Réduction**

C'est une opération qui consiste à réduire la semoule grosse et moyenne grâce des appareils à cylindre.

### **I.3.3.6 Convertissage**

C'est l'écrasement du son fin pour pouvoir libérer les farines restées collées sur les parois internes des enveloppes.

### **I.3.3.7 Sassage**

Opération réalisée grâce à des appareils appelés sasseurs qui remplissent deux fonctions :

- Sassage et classement des semoules en fonction de leurs poids et volumes.

- Purification des semoules grâce à un système d'aspiration en éliminant les particules fines de sous-produits [7].



**Fig. I. 11 :** Sasseur

### **I.3.3.8 Transport**

Du niveau 0 au niveau 5 : un ventilateur pneumatique de débit d'air de 310 mètres cube par minute assure le transport produit issus des appareils à cylindre du niveau 0 au niveau 5 (plansichters).

Du niveau 5 au niveau 0 : les produits sont acheminés par gravité dans une tuyauterie.



**Fig. I. 12 :** Ventilateur pneumatique

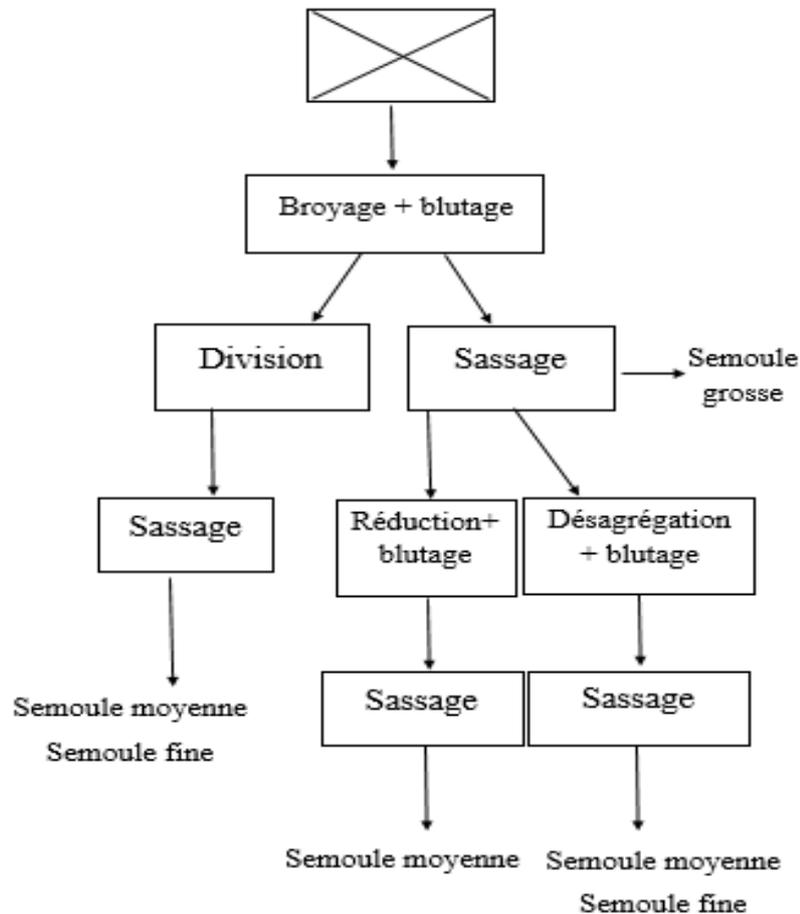


Fig. I. 13 : Diagramme des moutures

### I.3.4 Stockage des produits finis et de sous-produits

Les produits de la semoulerie obtenus après mouture sont diversifiés et classés suivant des taux d'extraction bien définis :

- Semoule (semoule extra, semoule courante).
- Son gros.
- Criblure.
- Déchets.

La semoule est acheminée vers une conditionneuse de capacité de 3000Kg/24h. Elle est conditionnée en 25Kg, 10Kg et 5Kg grâce à une balance réglable dans des sacs en polypropylène, coudée et étiquetée.

Les sous-produits sont conditionnés manuellement en 40Kg pour le son gros et 25Kg pour la criblure.

Quant aux déchets récupérés après les opérations de pré-nettoyage de blé sale, il est conditionné en 20Kg. Les étiquettes de ces produits sont différenciées surtout par leurs couleurs.



**Fig. I. 14 :** Conditionneuse

- **Conditions de stockage des produits**

Les produits sont entreposés dans un local qui est construit d'une manière à permettre la circulation de l'air ambiant : largement aéré. Son humidité varie entre 13 et 14.5% conservé dans cet état à une température comprise entre 10 et 20°C milieu inadéquat pour le développement des micro-organismes et l'enclenchement du processus biologiques responsable de l'altération du produit.

#### **I.4 Installation électrique au sein de l'entreprise**

##### **I.4.1 Alimentation**

La structure est alimentée par un réseau électrique de  $2 \times 660$  KV qui est transformé en 380V par un transformateur.

##### **I.4.2 Transformateur**

Un transformateur est un convertisseur alternatif-alternatif qui permet de modifier une tension alternative en maintenant sa fréquence et sa forme inchangées. Le transformateur est un appareil qui peut :

- Transformer une tension alternative d'une grandeur à une autre grandeur.
- Transformer un courant alternatif d'une grandeur à une autre grandeur.
- Isoler un circuit électrique d'un courant continu circulant dans un autre circuit électrique.

- Faire paraître une impédance comme ayant une autre valeur.

Les transformateurs peuvent fonctionner en monophasé ou en triphasé. Ils sont des machines entièrement statiques, cette absence de mouvement est d'ailleurs à l'origine de leur excellent rendement. Ils sont utilisés pour le transport de l'énergie électrique. Ils fonctionnent en éleveurs de tension entre la source et le réseau de transport, puis en abaisseurs de la tension du réseau vers l'utilisateur [8].

Au sein de l'entreprise AGRODIV unité de Kherrata on trouve deux transformateurs abaisseurs qui transforment la tension de 660 KV à 380 V.

- **Constitution d'un transformateur**

Il est constitué de deux parties essentielles :

- **Circuit magnétique**

Le circuit magnétique ou noyau sont juste des assemblages de tôles fines généralement ferromagnétiques disposées dans un même plan parallèlement et perpendiculairement les unes aux autres comportant deux culasses et trois colonnes de même section [9].

- **Les enroulements**

Les enroulements sont réalisés à partir des conducteurs en cuivre, méplat ou en aluminium de section circulaire ou rectangulaire isolés avec du vernis ou de papier isolant. Les formes de bobinages, les sections et les nombres de spires sont conditionnés par les contraintes à maîtriser en termes électriques, thermiques et mécaniques. Chaque bobine est munie de canaux de refroidissement pour assurer la circulation d'huile du fait des échanges thermiques [9].

### **I.4.3 Les armoires électriques**

C'est tout simplement des coffrets dans lesquels sont disposés des dispositifs de commutation et des éléments électriques ou électroniques. Les armoires électriques contribuent à la protection et à l'agencement des installations électriques, ils sont de tailles variables entre 1,50 et 2,50 mètre, selon les matériaux qui les composent [10].

L'entreprise AGRODIV a 11 armoires électriques :

- 09 armoires de commande.
- 02 armoires de basse tension.

**I.5 Conclusion**

La semoulerie de KHERRATA applique actuellement des méthodes anciennes de gestion, d'organisation, de production et de commercialisation.

Cette entreprise doit aller vers des systèmes modernes et intégrés.

Les solutions à envisager pour régler les contraintes de cette unité trouvent leurs réponses dans l'adoption d'une politique commerciale efficace (Marketing, publicité...etc.) d'une part, dans le respect des méthodes de gestion modernes des stocks et dans l'amélioration de la qualité des produits exigée par les clients d'autre part.

L'entreprise doit suivre un mode de développement en continue adapté aux spécificités de sa production et doit rendre ses systèmes de production et de commercialisation plus flexibles.

**Chapitre II :**  
**Exposition des évènements**  
**accidentels**  
**prévus dans l'entreprise**  
**et généralité sur la maintenance**

## **II.1 Introduction**

Dans une société de plus en plus sensible aux notions de sécurité et de développement durable, les entreprises ont le souci d'éviter les dangers pouvant provoquer des incendies, explosions et des autres accidents qui sont des sources des dommages pour les personnes et l'environnement. La prévention de ces dommages requière une maîtrise des risques inhérents à l'activité de l'entreprise. La diminution des risques nécessite d'utiliser des équipements de protection et de respecter les règles d'utilisation de matériel à chaque tâche.

La maintenance et la fiabilité des systèmes jouent un rôle important sur la durée de vie des équipements et leurs risques engendré.

Ce chapitre sera consacré à donner des généralités sur les différents accidents et les risques qui se trouve à l'entreprise, d'approfondir sur les évènements accidentels prévus dans l'entreprise AGRODIV des moulins de la SOUMMAM et de donner les mesures de préventions.

Après ça nous allons donner des généralités sur la maintenance utilisée à l'entreprise, et sur la fiabilité des systèmes.

## **II.2 Généralités sur les risques et les accidents de travail**

### **II.2.1 Exposition**

L'exposition est définie comme une situation dans laquelle l'employeur est exposé à un ou plusieurs phénomènes dangereux.

Le facteur d'exposition est estimé en fonction des besoins d'accès à la zone dangereuse, de la nature de l'accès, du temps passé dans la zone dangereuse, du nombre de personnes demandant la fréquence d'accès [11].

### **II.2.2 Risque**

La notion de risque implique l'éventualité d'un événement négatif plus ou moins grave. C'est la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition à un danger. Un danger devient un risque quand une exposition au danger est possible, si la chance existe que des conséquences néfastes se produisent.

Le risque est la composante de deux paramètres : la « gravité » et la « probabilité ». Plus la gravité et la probabilité d'un événement sont élevées, plus le risque élevé.

Un risque est alors défini par la nature du dommage redouté, sa probabilité et sa gravité.

Pour déterminer la taille du risque, on tient en général compte de trois facteurs [12].

$$\text{Risque} = \text{probabilité} \times \text{effet} = P \times (F \times G) \quad (\text{II.1})$$

### II.3.1 Classification des risques

#### II.3.1.1 Risques de circulations et déplacements

Les risques de circulations et déplacements on les retrouve au sein de l'entreprise à l'intérieur. Ils ne concernent pas les déplacements extérieurs de l'entreprise [12].



**Fig. II. 01 :** Risque de circulation et déplacement

#### II.3.1.2 Risques des manutentions manuelles et mécaniques

On trouve ces risques lors de l'utilisation de matériel de manutention (diable, charriots élévateurs, transpalette...) et la manipulation mécanique d'objets (caisses, cartons, marchandise) [12].

D'après les statistiques des manipulations manuelles représentent 35 % des accidents du travail (objets en cours de manipulation ou en cours de transport). Elles sont fréquemment à l'origine d'accidents dorsaux, en particulier lombaires.

Les manutentions manuelles et mécaniques peuvent entraîner des lésions graves notamment en cas de heurt ou de collision avec des engins ou matériels. Elles génèrent des TMS (troubles musculosquelettiques), des lombalgies, des dorsalgies...

Ils existent des risques mécaniques lors d'un mouvement d'un élément, ce dernier peut entrer en contact avec le corps humain et provoque une blessure. D'un autre côté, une partie de l'être humain peut entrer en contact avec un matériel (exemple : chute).

**Fig. II. 02 :** Transpalette**Fig. II. 03 :** Chariots élévateurs

### II.3.1.3 Les risques physiques

On trouve les risques physiques lors de l'utilisation de machines ou équipements professionnels (presse, outils, scie, matériel divers, y compris les couteaux, les machines à découper, les fours...) et l'utilisation d'équipements additionnels (échelle, escabeau, échafaudage...)

Ces risques aussi concernent l'environnement de travail comme : bruit, travail sur écran, vibration, chaleur, froid, etc.

Ces risques vont causer des dommages sur le corps ou la partie de corps humain et des maladies professionnelles telles que les TMS, les surdités, les troubles vasculaires du système main bras, etc.

L'activité physique au travail reste l'une des principales causes d'accidents du travail, de maladies professionnelles et d'inaptitudes au travail. Elle est souvent à l'origine de fatigue et de douleurs qui dégradent le geste professionnel et la perception de la tâche provoquant des erreurs qui altèrent la qualité du travail, et également des accidents (traumatiques, cardiovasculaires, ...) et/ou des atteintes de l'appareil locomoteur (troubles musculosquelettiques des membres (TMS), lombalgies) [12].

**Fig. II. 04 :** Risque physique

### **II.3.1.4 Risques d'incendie et d'explosion**

Les risques d'incendie et d'explosion sont des sujets les plus occupés pour de nombreuses entreprises. En effet, les incendies et les explosions se sont des risques les plus graves dans une entreprise car, ils causent des dégâts graves, des pertes matérielles et humaines [12].



**Fig. II. 05 : Incendie**

L'incendie est le sinistre le plus connu de tous et sans doute celui pour lequel il existe le plus grand nombre de moyens de prévention.

Dans le milieu industriel, les causes de sinistres incendie se répartissent ainsi : criminel : 40 %, électrique : 25 %, défaillance technique : 14 %, négligence humaine : 9 %, travaux à feu nu : 7 %, chauffage : 5 %. (En France) [12].

### **II.3.1.5 Risque du Bruit**

Le risque de bruit est grave, car il cause de nuisance dans le milieu professionnel. Il provoque beaucoup de choses comme la surdité, stress et fatigue sur la santé de travailleur et la qualité de son travail. Pourtant, il existe des moyens pour limiter le bruit et pour limiter l'exposition des travailleurs aux nuisances sonores [12].

### **II.3.1.6 Risques électriques**

On dit qu'une personne est électrisée lorsqu'un courant électrique lui traverse le corps et provoque des blessures plus ou moins graves. Lorsque le courant électrique provoque la mort de la personne, on parle donc dans l'électrocution.

L'électrisation peut se produire par contact direct (avec une partie active) ou indirect (avec une masse mise accidentellement sous tension). La condition pour laquelle le courant électrique passe c'est lorsque le circuit est fermé c'est-à-dire s'il y a :

- Soit deux points de contact avec des pièces nues sous tension de potentiel différent,
- Soit un point de contact avec une pièce nue sous tension et un autre avec la terre.



Fig. II. 06 : Accident d'origine électrique

### II.3.1.7 Risques psychosociaux

Parmi les causes des risques psychosociaux qu'on trouve dans nombreuse entreprise : troubles de la concentration, du sommeil, irritabilité, nervosité, fatigue importante ...etc. Ces risques influencent sur le fonctionnement de l'entreprise (absentéisme, turnover, ambiance de travail...). Ils concernent certains aspects anxiogènes du travail : cadences élevées, charge de travail importante, manque de clarté dans le partage des tâches, isolement, travail de nuit, etc.



Fig. II. 07 : Risque psychosociaux

### II.3.1.8 Risques routiers

Les risques routiers concernent tous les déplacements d'un salarié, à pied ou à bord d'un véhicule. Ces risques peuvent entraîner des : collisions, accident de la route, mal de dos, heurt, glissade ou entorse.

L'employeur prendre les préventions nécessaire afin qu'il puisse éviter ou réduire ces risques.

L'entreprise est la première qui subisse les coûts occasionnés par ces accidents (taux AT, jours d'arrêt de travail, assurances, frais judiciaires, amendes, désorganisation des services, immobilisation des véhicules, etc.).



**Fig. II. 08 :** Risque routiers

### II.3.1.9 Risques chimiques

Les risques chimiques concernent les produits, émissions, déchets chimiques (peintures, diluants, white spirit, essence de térébenthine, pyrèthres, amines aliphatiques, acétone, xylène, acétate de butyle, solvants, pentachlorophénol, formaldéhyde...).

On trouve aussi dans ces risques les lubrifiants, fluides de coupe ou de laminage, acides ou bases, liquides cryogéniques, gaz sous pression, résines synthétiques (époxy, polyuréthanes, polyesters non saturés, etc.), les produits phytosanitaires (pesticides, herbicides, fongicides...), etc.

Les fumées (soudure, gaz d'échappement...), les produits volatiles (huile chaude...) ou les poussières (ciment, farine, sciure de bois...), tout comme l'utilisation d'outils en nickel, chrome ou cobalt et les gants en latex font partie de cette famille de risques.

Sont aussi concernés les produits d'entretien et les produits chimiques d'usage courant (colles, acétone, alcool...) également certains produits d'usage professionnel par exemple les produits utilisés par les coiffeurs (teintures, décolorants, laques et autres produits cosmétiques...), par les peintres (peinture, décapant...), les menuisiers (colles...), etc. [12].



Fig. II. 09 : Risque chimique

### II.3.2 Accident

C'est un événement soudain et non désiré qui cause des dommages de type lésion (chez les hommes) ou des dégâts (pour le matériel).

On peut définir les accidents du travail comme étant « des événements violents et imprévus reliés à l'environnement, à l'équipement ou à l'individu, et qui provoquent des brûlures, coupures, chocs électriques ou fractures pouvant entraîner la mort » [12].

➤ **Principales causes d'accidents du travail [13] :**

- la manutention ;
- les chutes de plain-pied ;
- l'utilisation d'outils ;
- les masses en mouvement ;

### II.3.3 Sécurité

La sécurité c'est la situation dans laquelle il n'y a pas de danger, de risque, d'accident ou de détérioration. Et aussi l'ensemble des mesures de prévention qui ont pour objet de garantir les travailleurs contre les risques dans une entreprise [12].

➤ **Mesures de sécurité à l'entreprise [12]**

- Utiliser les équipements de protection collective ;
- Évaluer le risque par une estimation du niveau sonore ;
- Utiliser les méthodes de travail dont l'exposition au bruit ne dépasse pas 80 dB (A)
- Porter les équipements de protection individuelle (bavettes, casques, lunettes...etc) ;

- Former et informer le travailleur à chaque tâche ;
- Adapter le travail à l'homme ; limiter le risque ; planifier la prévention .

## **II.4 Evènements accidentels dans l'entreprise AGRODIV des moulins de la SOUMMAM**

### **II.4.1 Risques liés aux installations**

Ils représentent 30% des risques industriels. Parmi eux :

- L'électronisation ;
- L'électrocution ;
- Les incendies et les explosions ;
- Les problèmes respiratoires ;
- Endommagement des machines.

Tous ces risques sont liés aux nombreux facteurs :

- L'application incomplète des procédures ;
- Une formation insuffisante ;
- L'état de matériel ;
- L'état de sol ;
- Le manque des équipements de protection et de sécurité (les gants isolants, casques isolants, des écrans facial anti-UV, chaussures ou bottes isolants).

#### **➤ Mesures de prévention**

- Eloignement ;
- Respecter la distance entre les parties actives et les personnes ;
- L'interposition des obstacles entre les personnes et les parties sous-tension ;
- L'isolation ;
- Coupures automatiques de l'alimentation (mise à la terre des masses...etc) ;
- Protection par l'utilisation de la très basse tension (TBT) [14].

### **II.4.2 Risques liés à la trémie**

Lors de la lubrification des points de graissage et l'entretien préventif, le travailleur passe le haut de corps à l'intérieur de trémie soudainement les râtaux se sont remis en marche et il a eu la tête écrasé [15].



**Fig. II. 10 : Risques de trémié**

➤ **Mesures de préventions**

- Former et informer les travailleurs à respecter les règles de travail lors de l'entretien des équipements.
- La présence des dispositifs de protection et s'assurer qu'ils fonctionnent régulièrement ;
- Appliquer une procédure de cadenassage pour éviter la mise en marche pendant la période de maintenance [10].

#### **II.4.3 Risques liés à la vis**

Pendant la période de stage on a remarqué que la vis peut causer des blessures graves et mortelles comme la coupure des doigts et des pieds et cela revient au manque d'isolation des hélices, l'électrisation...etc.

➤ **Mesures de prévention**

- L'isolation ;
- Utilisation des équipements de protection lors de la maintenance [14].

#### **II.4.4 Risque liés aux élévateurs**

Généralement un incendie ou une explosion sont les dangers qui peuvent se produire à l'intérieure d'un élévateur à godets à cause des effets des flammes et/ou de la pression sur l'environnement qui peuvent l'endommager et aussi causer des dommages aux équipements raccordés ainsi que à l'environnement d'équipement et au personnel.

L'inflammation peut causer un feu couvant, un feu avec des flammes et une explosion. Après l'explosion de poussières, une grande probabilité d'un incendie qui va se passer à l'intérieur ou à l'extérieur de l'élévateur à godets.

Le non prise des mesures pour éviter la propagation de l'incendie, la situation sera plus dangereuse lorsque l'incendie ou l'explosion peut se propager à des sections proches de l'installation telles que les cellules de silo.

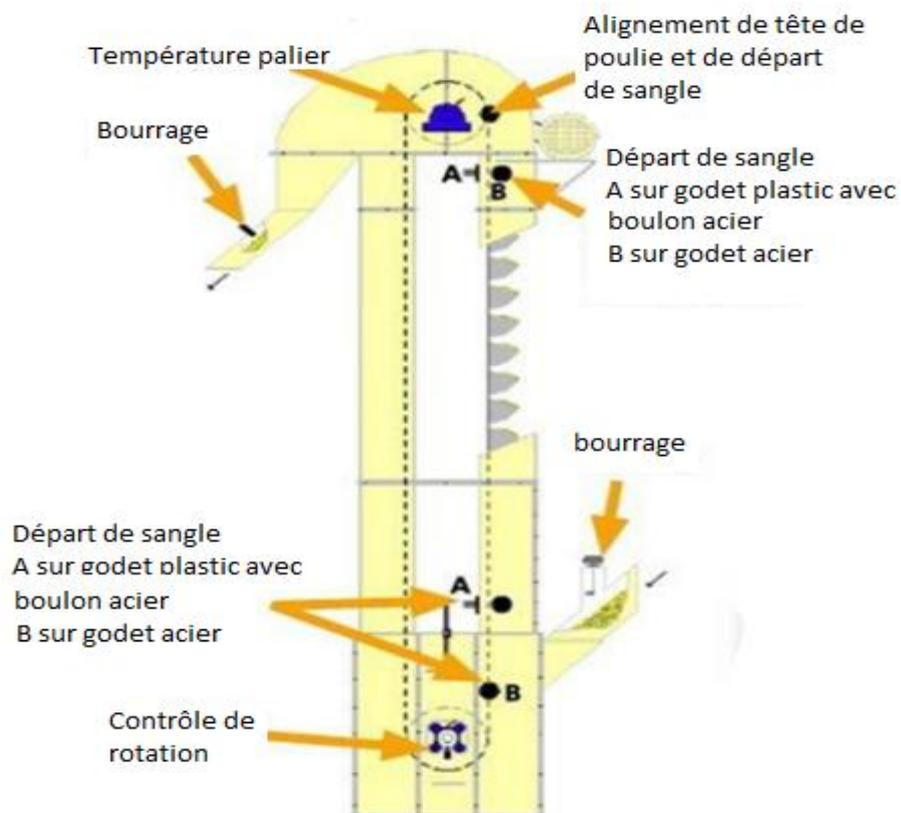
Les conditions réunies pour que l'incendie ou l'explosion se produise :

- La présence de poussière ;
- La présence suffisante d'oxygène ;
- Une source effective de l'inflammation ;

➤ **Prévention aux risques**

L'emplacement des barrières techniques et organisationnelles peuvent prévenir les risques cités précédemment.

Placer les équipements de sécurité qui peuvent informer des défaillances des élévateurs comme : le contrôle de température de palier, détecteur de bourrage, détecteur de rotation et détecteur d'alignement de tête de poulie [14].



**Fig. II. 11 : Equipements de sécurité placés sur un élévateur**

Pour limiter la poussière, il faut capoter les équipements de manutention.



**Fig. II. 12 :** Capotage

#### **II.4.5 Risques liés au nettoyeur séparateur et au trieur**

Les machines utilisées dans les opérations de nettoyage sont sources d'accident grave comme :

- Coupure humain ;
- L'assiration des avant-bras ;
- L'écrasement lors de nettoyage (provoque le stress par le bruit) ;
- Les risques allergiques à cause de la poussière des céréales et de farine ;
- Les risques d'incendies et d'explosion ;
- Les risques chimiques ;
- Les intoxication par les aérosols ;
- Les chutes de plein pied du fait de sol glissant à cause de la présence de la farine et de déchets au sol ;
- Gènes auditives.

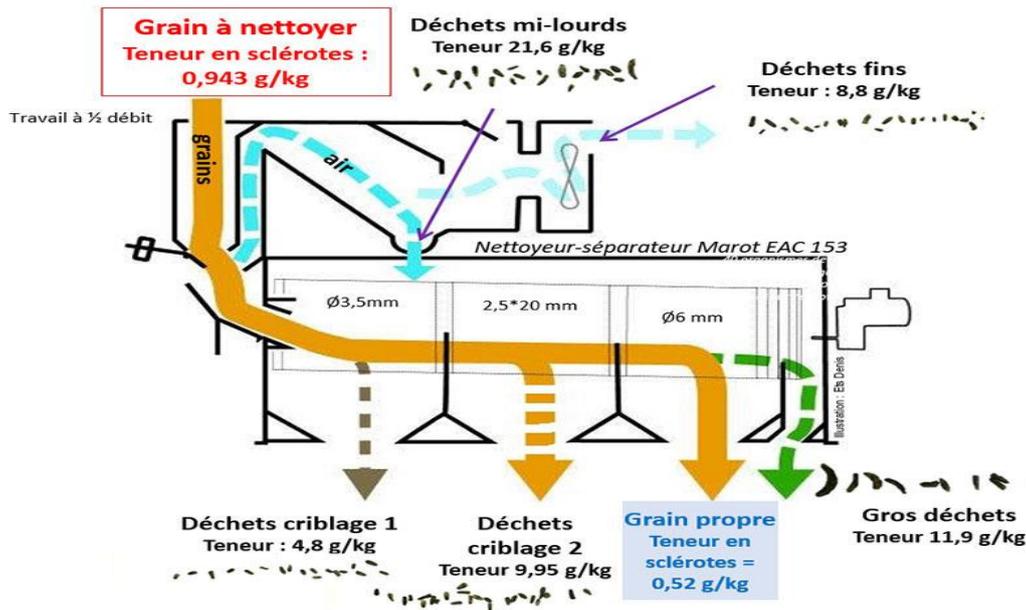


Fig. II. 13 : Déchets de nettoyeur séparateur

#### ➤ Prévention aux risques

- Contrôler et fermer toutes les fuites qui dégagent des poussières ;
- Equiper ces machines par des ventilateurs de dépoussiérage ;
- Nettoyage de sol à l'aide des aspirateurs pour éliminer la poussière ;
- Les ventilateurs doivent être faciles à nettoyer ;
- Vérification des installations électriques ;
- La mise en place d'une protection individuelle est nécessaire (porter des bavettes et des gants de protection) ;
- La surveillance médicale [14].

#### II.4.6 Risques liés à des appareils cylindres

- Risques physiques (coupures aux mains) et chimiques ;
  - Risques d'explosion et d'incendie ;
  - Risques de glissement à cause de la farine, céréales et déchets qui tombent sur terre lors du fonctionnement de ces appareils ;
- #### ➤ Prévention aux risques
- Contrôler à chaque fois les installations électriques ;
  - Utiliser les équipements nécessaires pour éviter ces risques ;
  - Porter les équipements individuels pour chaque tâche de maintenance [14].

### **II.4.7 Risques liés aux plansichters et sasseurs**

- Risques physiques (lors de fonctionnement d'un plansichter ce dernier est risqué de pousser les travailleurs et de les tomber sur terre se qui provoque des blessures) ;
- Risques allergiques par la poussière, la farine, déchets...etc ;
- Risques d'incendies et d'explosions (les poussières, les farines peuvent se bruler) ;
- Les gênes auditives par les plansichters (bruit).

➤ **Mesures de préventions**

- Nettoyage de la poussière, la farine, semoule qui restent sur terre à l'aide des aspérateurs ;
- Contrôler et fermer toutes les fuites qui dégagent de poussières ;
- Porter les équipements personnels (casques, les gants, bavettes...etc) pour d'éviter les blessures ;
- Faire un diagnostic pour ces plansichters à chaque fois afin d'éviter les risques électriques et mécaniques [14].



**Fig. II. 14 :** Casque de protection



**Fig. II. 15 :** Lunettes de protection



**Fig. II. 16 :** Bavette de protection

### **II.4.8 Risques liés à la conditionneuse**

Les risques que nous trouvons dans la conditionneuse de stockage des produits se sont presque les mêmes risques dans d'autres équipements comme les appareils à cylindre, les plansichters...etc.

- Risques allergiques ;
- Risque d'incendie et d'explosion ;

- Risques physiques (chute de plein de pied, douleur de dos...etc) ;
- Gène auditive par la conditionneuse.
- **Mesures de prévention**
- Porter les équipements de sécurité ;
- Nettoyage de sol pour éliminer la poussière et les déchets ;
- Former et informer les travailleurs sur le fonctionnement de la machine ;
- L'aération.

## **II.5 Maintenance utilisée au sein de l'entreprise**

### **II.5.1 Définition de la maintenance**

Selon la norme AFNOR (Association Française de Normalisation), la maintenance désigne l'ensemble des actions techniques, administratives et managériales durant le cycle de vie d'un bien, visant à maintenir ou à rétablir le bien. Dans cet état, le bien peut assurer les fonctions requises. Ainsi, un système de production n'est efficace que si sa finalité, les objectifs qui lui sont assignés, les résultats qu'il procure et les moyens (financiers, stratégiques, techniques et humains) par lesquels il est mis en œuvre sont parfaitement alignés [16].

**Maintenir** : l'action maintenir pour quelqu'un qui suppose un suivi et une surveillance [17].

**Rétablir** : c'est l'idée d'une correction de défaut [17].

**Etat spécifié et service déterminé** : c'est pour celui qui précise le niveau de compétences et aussi les objectifs attendus de la maintenance [17].

**Cout optimal** : le cout optimal c'est pour celui qui fait les conditions de l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité économique [17].

### **II.5.2 Entretien et maintenance**

A l'entreprise, le terme maintenir, ça veut dire effectuer des opérations comme le dépannage, réparation, graissage, contrôle...etc. ces actions permet au matériel de l'entreprise de garder sa fiabilité pour s'assurer son fonctionnement.

Le terme entretenir dans l'entreprise ça veut dire, le dépannage et la réparation des équipements pour s'assurer leur fonctionnement [17].

### **II.5.3 Actions de la maintenance**

La maintenance regroupe les actions de remplacement comme (le graissage, le contrôle, l'inspection, etc.).

Lorsque l'équipe de maintenance exécute des actions sur les équipements de l'entreprise nécessite des moyens soit de gestion ou bien d'administrative. L'intérêt est de planifier préparer, lancer les actions [17].

### **II.5.4 Actions administratives et de management**

- Faire organiser tous les services de maintenance ;
- Définir les processus, procédures et installation de maintenance ;
- Définir tous les formes d'actions techniques à mener et établissement de leurs gammes ;
- Préparer et lancer les actions ;
- Faire la gestion des stocks des pièces et fournisseurs de maintenance ;
- Analyser ces données [17].

### **II.5.5 Organigramme du service maintenance**

Il s'agit d'une représentation schématique de la structure d'une entreprise (d'un service) mettant en évidence les domaines de responsabilité de chaque élément composant [17]

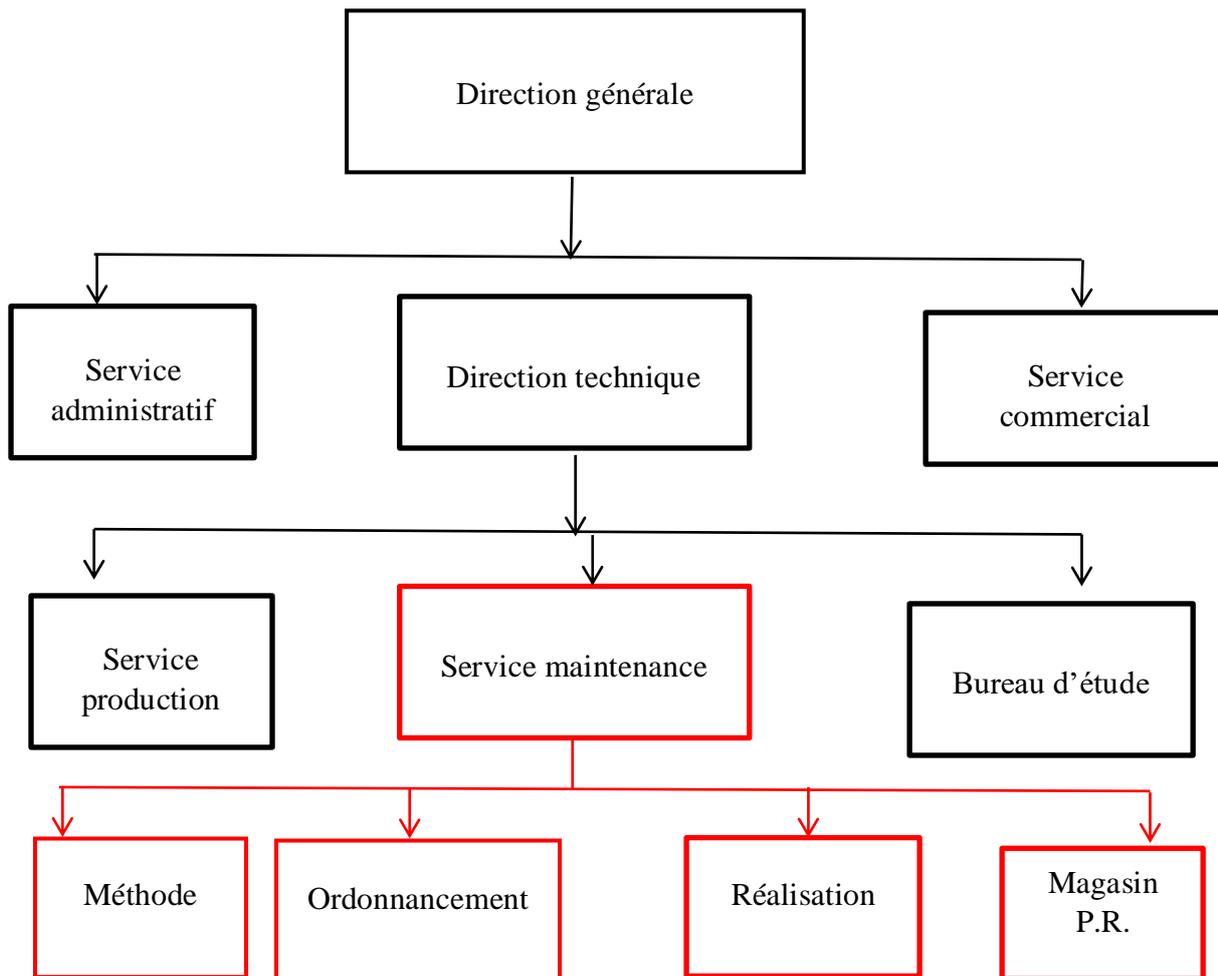


Fig. II. 17 : Exemple de structure d'une entreprise

### II.5.6 Types de maintenance

Nous trouvons deux mots-clés dans la définition de la maintenance : maintenir et rétablir. Le mot maintenir fait référence à une action préventive, alors que le deuxième à une action corrective. La figure suivante, décrit les différents types de maintenance :

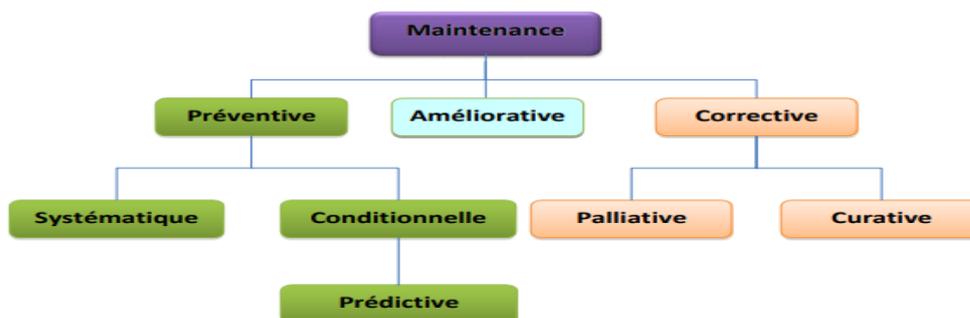


Fig. II. 18 : Types de maintenance

### **II.5.6.1 Maintenance corrective**

La maintenance corrective est l'opération de maintenance effectuée après la détection d'une défaillance. En autre terme est l'ensemble des actions réalisées après défaillance d'un bien ou dégradation de sa fonction afin de lui permettre d'accomplir au moins provisoirement une fonction requise [16].

- **Maintenance palliative**

La maintenance préventive représente l'activité de maintenance corrective destinée à bien d'achever provisoirement tout ou partie d'une fonction requise, appelée couramment dépannage, ce type de maintenance est principalement constituée d'action à caractère provisoire qui devront être suivies d'action curatives [16].

- **Maintenance curative**

Elle représente l'activité de maintenance corrective ayant pour objectif de rétablir un bien dans un état spécifique ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise [16].

### **II.5.6.2 Maintenance préventive**

La maintenance préventive est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinés à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien. (AFNOR, 2001).

La maintenance préventive consiste à programmer les interventions de maintenance pour éviter les défaillances et les arrêts de production [16].

La maintenance préventive se divise en deux types :

- **Maintenance systématique**

La maintenance systématique est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien. (AFNOR, 2001).

Avec cette stratégie de maintenance, les opérations peuvent être effectuées selon un calendrier préconstruit. L'intervalle entre deux interventions est donné par temps, soit par cycle de fonctionnement. Le but est juste de déterminer la périodicité d'intervention pour optimiser les critères préétablis [16].

- **La maintenance conditionnelle**

La maintenance conditionnelle est une "maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent". Cette forme de maintenance est aussi appelée maintenance prédictive, elle est conditionnée par l'apparition d'un type d'événement prédéterminé et révélateur de l'état de fonctionnement du système (donnée d'un capteur, mesure d'usure, résultat de diagnostic...etc.) [16].

## II.6 Généralités sur la fiabilité

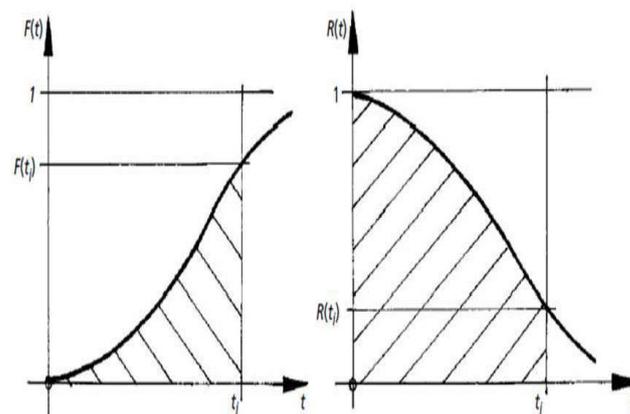
### II.6.1 Fiabilité

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné [18].

### II.6.2 Application de la fiabilité

Lorsque nous avons une nouvelle machine et cette dernière est mise en marche. A  $(t_0)$  elle tombera en panne à un instant non connu «  $t$  » [18].

- ✓  $F(t)$  est la probabilité d'une défaillance avant l'instant  $(t_i)$ .  $F(t) = \text{Pr}(t < t_i)$ .
- ✓  $R(t)$  est la probabilité de bon fonctionnement à  $(t_i)$ .  $R(t) = \text{Pr}(t > t_i)$ .



a) Fonction de répartition

b) Fonction de fiabilité

**Fig. II. 19** : Probabilités complémentaires

### **II.6.2.1 Différents loi de fiabilité**

Afin d'évaluer la fiabilité, il est nécessaire de recourir à certains outils mathématiques de calcul de probabilité.

Parmi les lois que nous avons :

#### **II.6.2.1.1 Loi Binomiale**

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné [18].

$$P(t=k) = C_n^k \times P^k \times (1-P)^{(n-k)} \text{ avec } C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! \times k!} \quad (\text{II.2})$$

Les paramètres de signification :

- $(n \geq 0)$  : Nombre d'épreuves
- $(0 \leq p \leq 1)$  : probabilité de succès

#### **II.6.2.1.2 Loi de poisson**

La loi de poisson nous permet de calculer la probabilité d'une panne sur une période plus courte lorsque on connaît le taux de défaillance d'un système sur une longue période. Le cas du temps d'une production par exemple [18].

$$P(x = k) = x = e^{-m} \cdot m^k / k! \quad (\text{II.3})$$

$$L'espérance mathématique E(x) = m = \lambda \cdot t \quad (\text{II.4})$$

#### **II.6.2.1.3 Loi exponentielle**

Elle est particulièrement bien adaptée lorsque le taux de défaillance est constant. De ce fait, on l'emploie dans le cas de matériel électrique ou électronique et pour les systèmes mécaniques lors de leur période maturité.

L'espérance mathématique est  $E(t) = 1/\lambda$ , et son expression est  $R(t) = e^{-\lambda t}$  représente l'allure de la fiabilité en fonction du temps [18].

#### **II.6.2.1.4 Loi de weibull**

Contrairement à la loi exponentielle, la loi de Weibull convient quel que soit la valeur du taux de défaillance. Grâce à sa souplesse elle s'adapte à toutes les valeurs de  $\lambda(t)$  mais elle

permet en plus de déterminer dans quelle période de sa vie (jeunesse, maturité, obsolescence) se trouve le système étudié.

Outre son adaptabilité à toutes les situations, le modèle de Weibull livre d'autres informations en plus de niveau de fiabilité d'un dispositif à un instant  $t$ .

Les trois paramètres  $\beta$ ,  $\eta$  et  $\gamma$  de son expression :  $R(t) = e^{-(t-\gamma)^\beta}$  [18].

Où :

- $\lambda$  : Taux de défaillance [nombre de défaillance];
- $\gamma$  : Paramètre de position de la loi de "Weibull";
- $\beta$  : Paramètre de forme de la loi de "Weibull" ;
- $\eta$  : Paramètre d'échelle de la loi de "Weibull".

## **II.7 Paramètres de la fiabilité MTBF, MTTR, MTTA**

### **II.7.1 Moyenne des temps techniques de réparation**

Le temps moyen de répartition (MTTR) fait référence au temps pour réparer un système et le restaurer à toutes ses fonctionnalités [19].

### **II.7.2 Moyen de temps de bon fonctionnement**

Le temps moyen de bon fonctionnement mesure le temps prévu qui s'écoule entre une défaillance précédente d'un système mécanique ou électrique et la défaillance suivante en fonctionnement normal [19].

### **II.7.3 Moyen des temps de défaillance**

Le temps moyen de défaillance est une mesure très basique de la fiabilité utilisée pour les systèmes non réparables. Il représente la durée de fonctionnement attendu d'un élément jusqu'à ce qu'il tombe en panne [19].

### **II.7.4 Taux de défaillance et de répartition**

#### **II.7.4.1 Taux de défaillance**

Pour un ensemble de systèmes, le taux de défaillance représente une proportion ramenée à l'unité de temps d'éléments qui, ayant survécu à un instant arbitraire  $t$ , ne sont plus en vie à l'instant  $t + dt$ . Sa forme générale est le rapport : Nombre de défaillance/ durée d'usage.

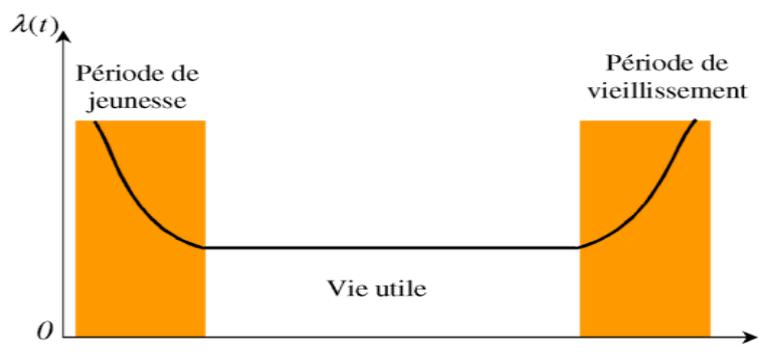
Le taux moyen de défaillance s'obtient également par la relation :  $\lambda(t) = 1 / \text{MTBF}$  [19].

#### II.7.4.1.1 Evolution du taux de défaillance

Le comportement sur la vie d'un système n'est pas et peut pas être constant.

Le taux de défaillance peut être assimilé à un indicateur représentatif du rythme auquel surviennent les défaillances. Il existe trois phases de vie d'un système, lors de la présentation de taux de défaillance on obtient une courbe appelée « baignoire ». Il est divisé en trois parties :

- Période de mortalité en décroissance ce qui correspond aussi au rodage.
- Période de durée de vie utile : c'est la zone où le taux de défaillance est constant.
- Zone trois appelée période de vieillissement ou d'usure : en atteignant cet âge, le composant commence à vieillir et le taux de défaillance augmente en fonction du temps [18].



**Fig. II. 20 :** Courbe en baignoire

#### II.7.4.2 Taux de répartition

La loi de taux de répartition s'écrit :  $\mu(t) = 1 / \text{MTTR}$ .

Lorsque  $\mu(t)$  est constant. La fonction de maintenabilité s'écrit comme suite  $M(t) = 1 - e^{-\mu t}$ . Il est à la fois un indicateur de l'aptitude d'un bien à être dépanné et/ou réparé de l'efficacité de la maintenance durant la phase active d'une intervention [18].

### II.8 Méthodes d'optimisation de la maintenance

#### II.8.1 Diagramme de Pareto

Parmi les méthodes d'optimisations de la maintenance on trouve la méthode ABC qui repose sur le graphe. Qui met en évidence les cas les plus représentatifs d'une situation tout en

mettant en évidence le peu d'importance des éléments les plus fiables, c'est un outil qui aide à la décision. La loi repose sur une série d'éléments clairement définie et traitée en fonction d'un critère correspondant à un caractère et pour une période donnée [18].

### **II.8.2 Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)**

C'est un outil de d'analyse préventive qui recense et met en évidence les risques potentiels. Cette méthode permet de construire la qualité des produits fabriqués ou des services rendus et favorise la maîtrise de fiabilité en vue d'abaisser le cout global. Elle est régie par la norme AFNOR X60-510 (Association française de normalisation) [18].

### **II.9 Conclusion**

Parmi les problèmes majeures que nous trouvons dans une entreprise est les risques industriels avec tous ces types (que ce soit : électrique, mécaniques, chimiques, physiques...etc.).

L'entreprise a le souci d'éviter ces risques, mais la prévention de ces risques nécessite d'avoir une bonne formation sur la sécurité et les risques industriels, de connaître les règles à respecter lors d'utilisation des équipements et des installations électriques ainsi que de faire à chaque fois un diagnostic générale sur tous les équipements de l'entreprise.

Dans ce deuxième chapitre, nous avons donné des généralités sur les différents risques qui se trouvent dans une entreprise, après nous avons cité les risques liés pour chaque équipement dans l'entreprise ainsi que les mesures de préventions.

A la fin de ce chapitre nous avons essayé de donner des généralités sur la maintenance utilisée dans l'entreprise.

**Chapitre III :  
Description et  
diagnostique des pannes  
de la vis d'Archimède**

### **III.1 Introduction**

Depuis plusieurs années, il existe dans tous les secteurs de production des machines de conditionnement et en particulier des compacteurs à vis sans fin, qui nous facilitent le traitement et le compactage de différents produits.

L'avantage de ce type de machines est d'améliorer les conditions de travail en diminuant les tâches destinées aux employés, en garantissant aussi la sécurité des travailleurs et d'améliorer la protection en quantité et qualité.

Dans ce troisième chapitre, nous allons donner des généralités sur la vis sans fin, son fonctionnement, à la fin nous donnerons une analyse de défaillance qui est pour objectif de connaître les différentes causes possibles et les plus probables des défaillances.

### **III.2. Définition de vis d'Archimède**

La vis d'Archimède est un dispositif qui permet de transporter le produit (blé, semoule,...). Ce dispositif est inventé par Archimède lors d'un voyage en Egypt, permettant aux habitants du bord de Nile d'arroser leur terrain.

Elle est appelée aussi vis sans fin qui est un cylindre contient une cannelure hélicoïdale, la faisant ressembler à une tige filetée. Une vis sans fin est une tige filetée à une ou plusieurs hélices associées un pignon d'entraînement qui forme un engrenage dans les deux axes ne situent pas dans le même plan [20].

### **III.3 Variantes de la vis d'Archimède**

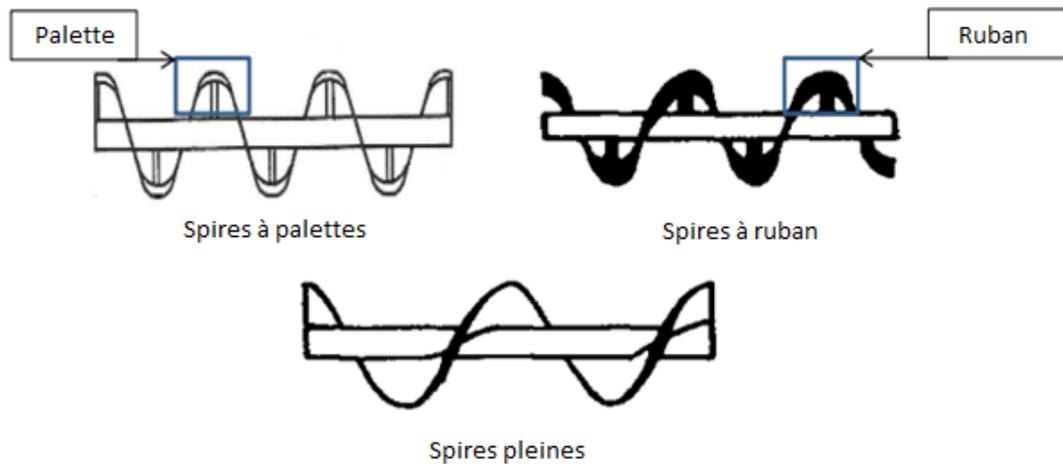
#### **III.3.1 Vis d'Archimède horizontal**

La vis sans fin peut être équipée de spire de formes différentes. Trois formes principales : pleine, en ruban continu et à palettes séparées. Ces dernières étant des secteurs de spire ou de ruban soudés ou boulonnés sur l'axe central.

Spire pleine, pour les produits pulvérulents ou ne comportant que des petits morceaux.

Spire à ruban, intéressant en cas de surcharge ponctuelles ou accidentelles ; elles s'utilisent sur les vis de reprise sous électrofiltres.

Spire à palettes, intéressant par le brossage du produit en plus de son entraînement ; elles équipent des rotors de vis extractrices de reprise sous trémies de grande longueur et de grande capacité [20].

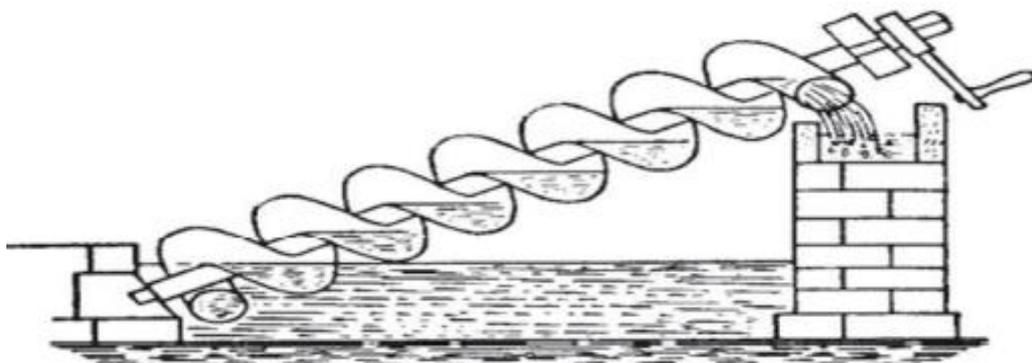


**Fig. III. 1 :** Formes principales des spires

### III.3.2 Vis de transport inclinée

Jusqu'à une inclinaison voisine de  $20^\circ$ , la conception de la vis peut être identique à celle d'une vis horizontale mais au détriment du rendement de l'appareil : une vis standard inclinée de  $15^\circ$  sur l'horizontal ne réalise plus que  $70\%$  environ de débit obtenu par la même vis horizontale ; si elle est inclinée à  $20^\circ$ , ce débit chute à  $40\%$ .

Pour les vis fortement inclinées, l'auge en forme de U sera remplacée par une auge tubulaire. Citons par exemple les vis de relevage d'eau utilisées dans les stations d'épuration [21].



**Fig. III. 2 :** Vis de transport inclinée

### III.3.3 Vis vertical

Cet appareil, pendant longtemps déconsidéré, ne manque pourtant pas d'intérêt. Il existe deux types principaux caractérisés par leur technique d'alimentation : gravitaire ou forcée. L'alimentation est gravitaire pour les céréales, elle est forcée pour les produits plus difficiles (grains humides, aliments composés, ciment...) et dans ce cas, une vis pousseuse introduit le produit dans le pied de la vis verticale.

Bien conçu, cet appareil peu encombrant fonctionne « en douceur » et sans vibration, il est autonettoyant s'il tourne à vide quelques minutes. La hauteur d'élévation du produit peut être supérieure à 30 m. Seul ou jumelé, il équipe avec beaucoup de succès les portiques de déchargement de navires [21].

### III.3.4 Adaptations de la vis suivant les secteurs d'application

Il existe de nombreuses applications de la vis, on décrit quelques-unes dans ci-après :

#### III.3.4.1 Mélangeur à vis

Dans ces appareils, une vis sans fin plonge depuis la partie supérieure dans la cuve mélange qui est presque toujours verticale et dont la forme peut être cylindrique ou conique. Le mouvement des particules s'effectue du bas vers le haut, mais est plus ou moins complexe selon que la vis est verticale ou orbitale dans ce dernier cas, ce n'est pas seulement le mouvement de la vis sur elle-même (avec des vitesses de l'ordre de  $100 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ ) qui crée le mélange, c'est aussi sa rotation sur les bords de la cuve. Il faut également ajouter qu'il existe des mélangeurs à double vis orbital [21].

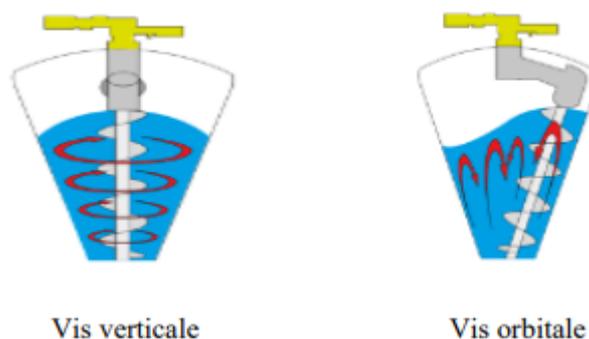
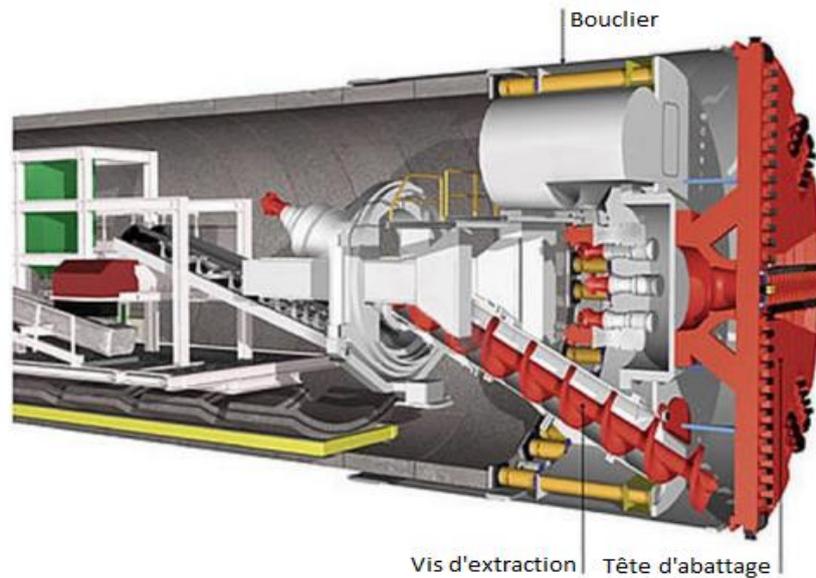


Fig .III. 3 : Mélangeurs

Au contraire de l'agitation des fluides, la complexité des lieux pulvérulents et granulaires hypothèque encore le développement des méthodes d'analyse dimensionnelle classiques pour l'agitation des solides divisés. La notion de viscosité d'un écoulement granulaire semble en effet difficilement définissable.

#### III.3.4.2 Vis d'extraction à sacs

Cet appareil est particulièrement approprié pour les produits fluides et colmatant. Il assure une extraction étanche aux gaz et aux surpressions du produits en vrac. La conception permet de désaérer et compacter le produit, il est étanche même à des surpressions élevées. L'usure n'a aucune influence sur le degré d'étanchéité [22].



**Fig. III. 4 :** Coupe d'une vis d'extraction à sas

#### III.3.4.3 Echangeur thermique à vis d'Archimède

A simple ou double rotor, cet appareil est utilisé pour sécher, réchauffer ou refroidir les produits pulvérulents, granulés, liquides ou produits pâteux. Le remplissage de l'auge doit être compris entre 50 et 80 % de sa capacité utile. La vitesse de rotation est voisine de 10 tr/min, le fluide est prévu de circuler sous pression (5 bar max) soit dans les spires à doubles paroi, soit dans la double enveloppe de l'auge ou encore simultanément dans les deux. Le fluide de refroidissement peut être de l'eau (froid ou chaude), de la vapeur d'eau, ou encore un autre fluide [21].

#### III.3.4.4 Machines élévatoires simples à vis d'Archimède

Ces machines sont pourvues de capacités se remplissant par immersion dans le bief aval et soulevant la masse liquide jusqu'au bief où l'eau est déversée. La masse liquide est toujours maintenue à la pression atmosphérique. Ce sont les machines les plus anciennes dans l'histoire de l'élévation des eaux. La vis est supportée par deux paliers par l'intermédiaire de plateaux, un palier inférieur immergé en pied de vis et un palier supérieur positionné hors d'eau, avec le groupe de commande [21].



**Fig. III. 5 :** Machine élévatoires simple à vis d'Archimède

### III.3.4.5 Doseurs à vis

La figure montre un tel système très utilisé, tant pour les produits à écoulement libre (exemple : sucre en poudre) que pour les produits qui ne s'écoulent pas facilement, car ceux-ci sont répartis de façon homogène par l'agitateur et poussés vers la machine de remplissage par la vis sans fin, qui peut être à pas variable afin d'obtenir un certain compactage du produit. Un clapet de fermeture peut obturer le flot pour les produits qui s'écoulent trop rapidement. La rotation de la vis sans fin est continue ou intermittente [22].



**Fig. III. 6 :** Système d'alimentation et de dosage par vis sans fin

### III.4 Forage à vis d'Archimède

Les tarières continues sont constituées de tiges hélicoïdales assemblées bout à bout au fur et à mesure de la progression du forage.

L'avantage de cette technique c'est qu'il n'est pas nécessaire de remonter l'outil après chaque passe car les sols remontés en continu le long des spires grâce au mouvement ascendant de l'hélicoïde généré par la rotation.



**Fig. III. 7 :** Tarière continue

En revanche, les sols sont remaniés lors de leur remontée ce qui ne favorise pas la prise d'échantillons de sol représentatifs d'une profondeur donnée. On peut cependant utiliser la tarière continue comme une tarière simple en la remontant pour récupérer un échantillon en bout de tarière qui sera assez représentatif des sols à la profondeur du fond du trou.

Avec une tarière continue, la précision des cotes des terrains traversés s'altère de façon croissante avec la profondeur mais l'expérience du sondeur peut cependant pallier en partie cet inconvénient dans certains cas.

La profondeur d'investigation est couramment de 20 à 25 m et peut atteindre 50 m dans des terrains favorables. La vitesse de progression est généralement rapide et peut atteindre 10 à 15 m/h [21].

### **III.5 Constitution et principe de fonctionnement**

#### **III.5.1 Vis d'Archimède avec âme**

Elle se compose d'une auger métallique à fond cylindrique, à l'intérieur de laquelle tourne une vis sans fin. Cette dernière comporte des spires fixées sur un axe central, plein ou creux, c'est l'élément moteur.

Le produit introduit dans l'appareil est entraîné le long du fond de la vis sans fin, il progresse de la valeur d'un pas à chaque tour de la vis sans fin et se déverse à l'extrémité de l'Auger par une ouverture aménagée sur le fond les deux valeurs associées, diamètre et pas, concernent les spires d'une vis d'Archimède. Ils constituent un standard d'appareils équipés de vis sans fin à

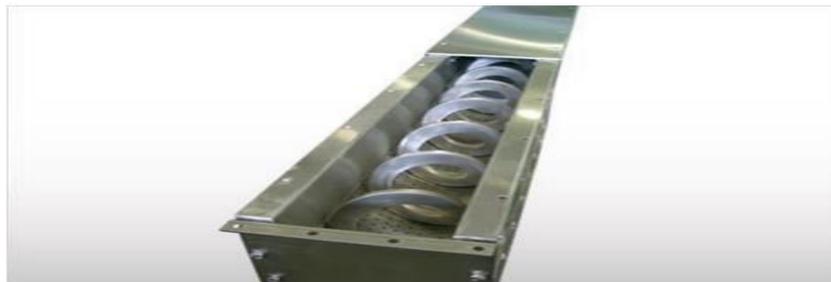
pas constant. Ils fonctionnent en position horizontale et sont alimentés de façon régulière et continue «alimentation dosée » [22].



**Fig. III. 8 :** Vis d'Archimède avec âme

### **III.5.2 Vis d'Archimède sans âme**

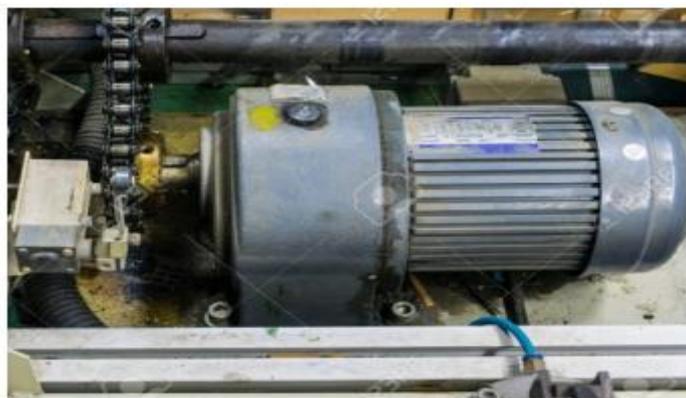
Constitués d'un filet de vis d'Archimède reposant sur un fond d'usures, ce convoyeur permet de transporter de produit voutant et granulométries variées sur de longues distances [22].



**Fig. III. 9 :** Vis d'Archimède sans âme

### **III.5.3 Moteur**

C'est un moteur asynchrone triphasé avec 4 pôles, sa puissance nominale est égale : 2.2kW et sa tension nominale est : 380 V.



**Fig. III. 10 :** Moteur asynchrone

### III.5.4 Réducteur de vitesse

Le rôle de réducteur consiste à diminuer la vitesse d'un moteur (hydraulique, pneumatique...etc.) avec transmission de la puissance motrice vers une machine réceptrice en absorbant le moins d'énergie. Il permet d'augmenter le couple moteur afin d'entraîner en rotation un organe récepteur sous l'effet d'un nouveau couple [21].



**Fig. III. 11 :** Réducteur de vitesse couplé avec le moteur

### III.5.5 Un accouplement moteur-réducteur

Sert pour lier l'arbre du moteur et l'arbre de réducteur.



**Fig. III. 12 :** Accouplement

### III.5.6 Paliers

Le rôle des paliers est de mettre l'arbre rotorique en rotation, ils sont constitués de flasques et de roulements à billes insérés à chaud sur l'arbre. Les flasques sont fixés sur le carter statorique grâce à des boulons ou des tiges de serrage [23].

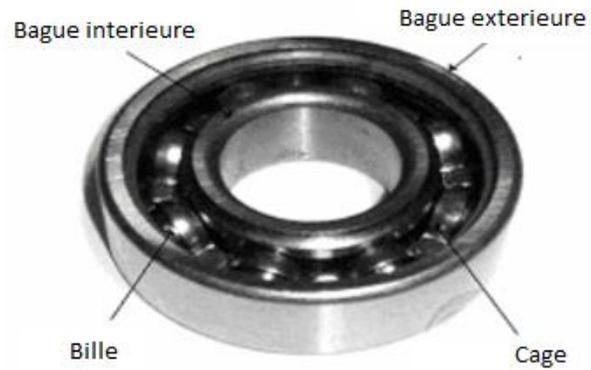


Fig. III. 13 : Palier

### III.5.7 Capteur de vitesse

Un capteur de vitesse sert à mesurer la vitesse de rotation de l'arbre de transmission.

### III.5.8 Fiche technique de la vis

Le tableau suivant (Tab. III. 1) contient la fiche technique de la vis d'Archimède qui on veut étudiée.

Tab. III. 1 : fiche technique d'une vis d'Archimède [24]

| Données de conception         | caractéristiques | unité             |
|-------------------------------|------------------|-------------------|
| Capacité maximal              | <b>314</b>       | m <sup>3</sup> /h |
| Densité maximal de            | <b>750</b>       | Kg/m <sup>3</sup> |
| Vitesse de la chaine          | <b>0.5</b>       | m/s               |
| Niveau de pression acoustique | <b>65-75</b>     | dB                |
| Longueur totale de la vis     | <b>6</b>         | m                 |
| Nombre des augers             | <b>12</b>        |                   |
| Puissance de moteur           | <b>2.2</b>       | kW                |
| Vitesse de moteur             | <b>1500</b>      | Tr/min            |

## III.6 Analyse AMDEC

### III.6.1 Diagramme d'ISHIKAWA

L'objectif de diagramme d'ISHIKAWA est de déterminer les causes des modes de défaillances.

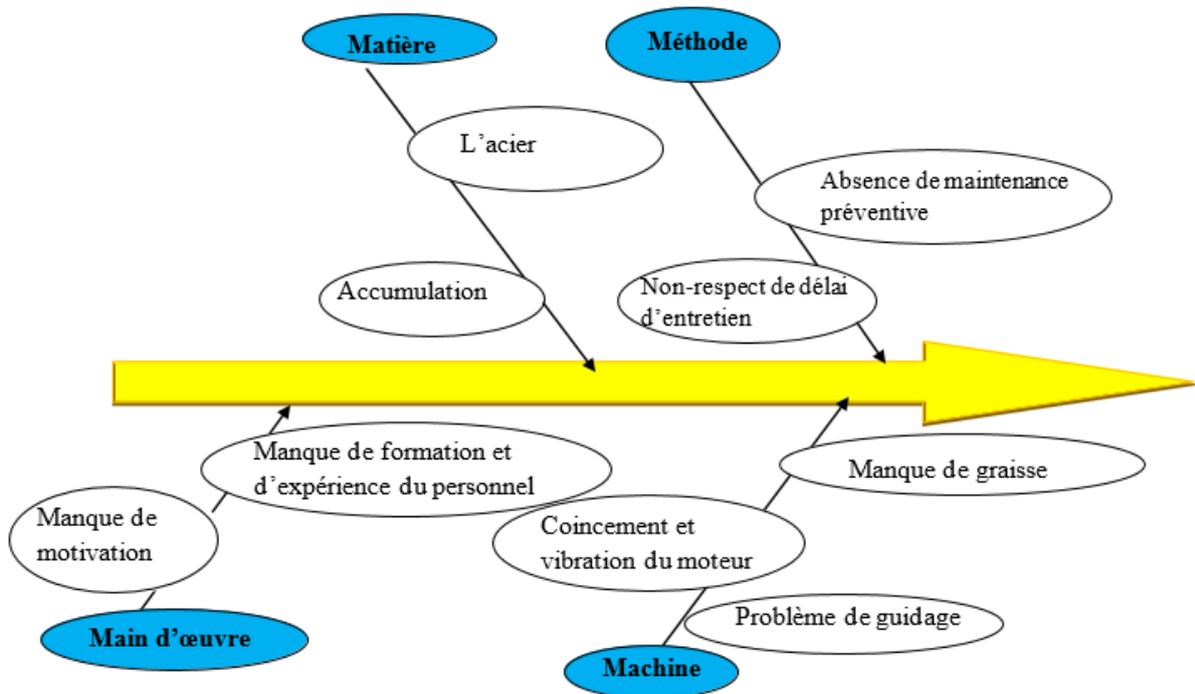


Fig. III. 14 : Diagramme d'ISHIKAWA

### III.6.2 Tableau d'analyse AMDEC

Dans le tableau AMDEC nous noterons seulement les causes principales de défaillance et les effets les plus graves qui leur sont correspondants en définissant pour chacun de ces modes de défaillance leur criticité avec :

- F : fréquence
- G : gravité
- D : détection
- C : criticité

Tab. III. 2 : Analyse AMDEC

| Vis d'Archimède |                  |                                |                      |                    |   |   |   |    |
|-----------------|------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------|---|---|---|----|
| composant       | fonction         | Mode de défaillance            | cause                | effet              | F | G | D | C  |
| Moteur          | Entrainer la vis | rupture des pattes de fixation | vibration du moteur. | blocage des augers | 3 | 4 | 2 | 24 |

|                |   |                                |   |                                     |   |   |   |    |
|----------------|---|--------------------------------|---|-------------------------------------|---|---|---|----|
|                |   | rupture de roulement.          | manque de graisse.                                    | blocage de pignon                   | 2 | 2 | 3 | 12 |
|                |   | rupture de l'arbre.            | élévation de température.                             | arrêt de rotation du moteur         | 1 | 4 | 4 | 16 |
| L'accouplement | Assurer la liaison entre l'arbre de moteur et l'arbre de réducteur. | usure de roulements            | vieillessement  | mauvais entraînement du moteur      | 1 | 2 | 3 | 6  |
|                |   | grippage de pignon             | défaut d'alignement des arbres.                       | mauvais entraînement des augers     | 3 | 2 | 3 | 18 |
| Le réducteur   | Réduire la vitesse de moteur  | manque de l'huile              | manque de graisse                                     | mauvais entraînement des pignons    | 2 | 2 | 3 | 12 |
|                |   | usure des pignons du réducteur | niveau insuffisant de l'huile et pollué ou inadéquate | blocage des augers                  | 2 | 3 | 2 | 12 |
| Les augers     | Entrainer la vis  | Fonctionnement irrégulier      | augers détendus                                       | vis se déplace de façon irrégulière | 2 | 4 | 2 | 16 |

### III.7 Synthèse d'étude

#### III.7.1 Action corrective

Vu l'apparition des défaillances sur les éléments critiques de convoyeur à la chaîne, nous avons proposé des actions à engager contre les défaillances les plus fréquentes avant que l'équipement soit défaillant. Ces interventions sont représentées de la façon suivante :

- **Moteur** : lorsque la température ou bien la vibration du moteur dépasse le seuil critique (100°C, 7 m/s), il faut réagir de la manière suivante :
  - 1- Graisser les roulements du moteur.
  - 2- Diminuer la charge transportée.

- 3- Chargement des roulements du moteur.
  - **Accouplement** : lorsque l'accouplement n'est pas bien aligner, il faut réagir comme suit : Réalignement de l'accouplement.
  - **Réducteur** : lorsque l'huile du réducteur est polluée il faut intervenir de la manière suivante :
    - 1- Vider le réservoir d'huile.
    - 2- Remplir le réservoir avec l'huile de rinçage.
    - 3- Nettoyer le réservoir d'huile.
    - 4- Remplir le réservoir avec une nouvelle huile.
  - **Les augers** : lorsque l'épaisseur des augers diminue il y'a deux cas :
    - 1-Augers sont vieux : dans ce cas il faut changer les augers.
    - 2-Les augers sont encore neufs : dans ce cas il faut réagir de la manière suivante :
      - Nettoyer les augers systématiquement.

### III.7.2 Diagramme de PARETO et classification ABC

Le tableau ci-dessous illustre les différentes données pour créer le diagramme de PARETO

**Tab. III. 3** : Durée des pannes des sous-ensembles de la vis d'Archimède

| Organe             | Durée de panne en h | % de durée d'arrêt | % cumulés |
|--------------------|---------------------|--------------------|-----------|
| Moteur             | 48                  | 37.94              | 37.94     |
| Augers             | 36.5                | 28.85              | 66.79     |
| Accouplement       | 23                  | 18.18              | 84.97     |
| Réducteur          | 15.5                | 12.25              | 97.22     |
| Paliers            | 3.5                 | 0.28               | 97.5      |
| Capteur de vitesse | 0                   | 0                  | 97.5      |
| Totale             | 126.5               | 97.5               | -         |

Après le remplissage du tableau, vient la phase de la représentation de du diagramme de PARETO afin d'en sortir les organes critiques. La figure ci-dessous représente le diagramme PARETO obtenu à partir du tableau **III.3** :

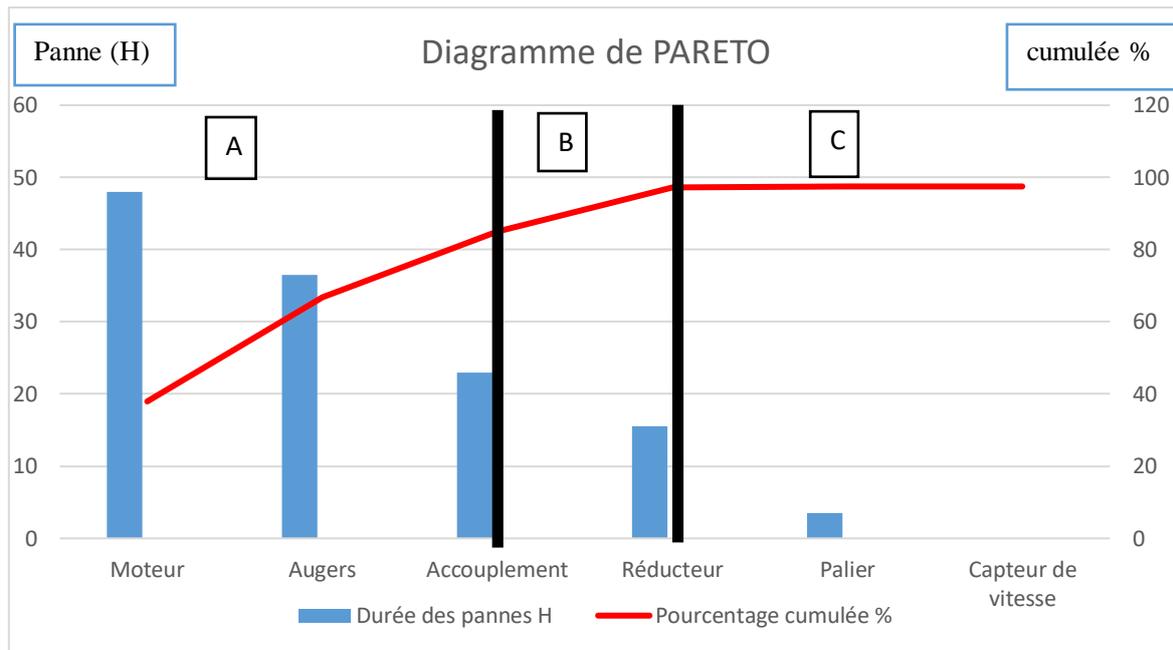


Fig. III. 15 : Diagramme de PARETO

#### ➤ Commentaire sur le diagramme de PARETO

**Zone A :** dans cette zone l'équipe de maintenance doit suivre la maintenance préventive comme politique avec un mode opératoire bien définie et une durée déterminante.

**Zone B :** concernant la zone B, il y a le choix d'appliquer la maintenance préventive ou non.

**Zone C :** pour la zone C, l'équipe de maintenance doit suivre la politique de la maintenance corrective.

D'après le graphe qu'on a obtenu, on remarque que 3 organes (moteur, augers, accouplement) parmi les 6 organes représentent plus que 80 % de la durée cumulée des pannes qui sont les éléments les plus critiques et qui nécessitent une intervention systématique.

### III.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit la vis d'Archimède et ces composants pour comprendre son fonctionnement.

L'analyse de système par la méthode AMDEC nous a permis de constater l'origine possible des défaillances qui peuvent influencer sur la durée de vie de la machine. Pour faire diminuer ou éliminer ces défaillances nous avons proposé un plan d'action améliorative. Le diagramme de PARETO permet de savoir les organes les plus critiques pour les maintenir (soit en utilisant une politique de maintenance corrective ou préventive, à savoir la zone).

**Chapitre IV :**  
**Etude et**  
**calcul de fiabilité**

### IV.1 Introduction

La fiabilité constitue une phase indispensable dans toutes les études de sûreté de fonctionnement. En effet, elle permet d'étudier les défaillances des systèmes, essentiellement des produits manufacturés (mécanique, électronique... etc.). Pour l'évaluation de la fiabilité il est nécessaire d'utiliser certains outils mathématiques de calcul de probabilité. Elle caractérise des lois d'application pour étudier un système comme (loi normal, loi exponentielle...).

Dans ce quatrième chapitre notre travail sera consacré à étudier le système de fiabilité de la vis Archimède.

### IV.2 Etude de fiabilité

#### IV.2.1 Historique des pannes de la vis d'Archimède

Ce tableau représente l'historique des pannes de la vis d'Archimède dans l'entreprise AGRODIV les moulins de la Soummam.

**Tab. IV .1** : historique des pannes de la vis d'Archimède [25]

| N° | Date de panne | Début d'arrêt | Date et heure de fin d'arrêt | Temps d'arrêt |
|----|---------------|---------------|------------------------------|---------------|
| 01 | 03/01/2022    | 10h 00        | 03/01/2022 à 15h 30          | 05h 30        |
| 02 | 20/01/2022    | 06h 30        | 21/01/2022 à 01h 30          | 19h 00        |
| 03 | 02/02/2022    | 15h 30        | 02/02/2022 à 17h 00          | 01h 30        |
| 04 | 06/02/2022    | 22h 00        | 07/02/2022 à 02h 30          | 04h 30        |
| 05 | 13/02/2022    | 11h 00        | 14/02/2022 à 02h 00          | 15h 00        |
| 06 | 27/02/2022    | 18h 00        | 28/02/2022 à 16h 00          | 22h 00        |
| 07 | 07/03/2022    | 14h 30        | 07/03/2022 à 19h 30          | 05h 00        |

|    |            |        |                     |        |
|----|------------|--------|---------------------|--------|
| 08 | 13/03/2022 | 13h 00 | 13/03/2022 à 20h 00 | 07h 00 |
| 09 | 28/03/2022 | 00h 30 | 28/03/2022 à 20h 30 | 20h 00 |
| 10 | 05/04/2022 | 04h 00 | 05/04/2022 à 06h 30 | 02h 30 |
| 11 | 23/04/2022 | 16h 30 | 24/04/2022 à 01h 30 | 09h 00 |
| 12 | 01/05/2022 | 09h 00 | 01/05/2022 à 14h 00 | 05h 00 |
| 13 | 18/05/2022 | 09h 00 | 18/05/2022 à 12h 30 | 03h 30 |
| 14 | 29/05/2022 | 02h 00 | 29/05/2022 à 09h 00 | 07h 00 |

Le tableau en haut représente les pannes de la vis d’Archimède pour les cinq premiers mois de 2022. Nous avons mentionné les dates et les heures de début et la fin d’arrêt des pannes et nous avons calculé le temps d’arrêt de système.

**IV.2.2 Calcul de temps de bon fonctionnement**

Après l’analyse du dossier historique de la vis d’Archimède, nous pouvons calculer les temps de bon fonctionnement (TBF) de manière suivante :

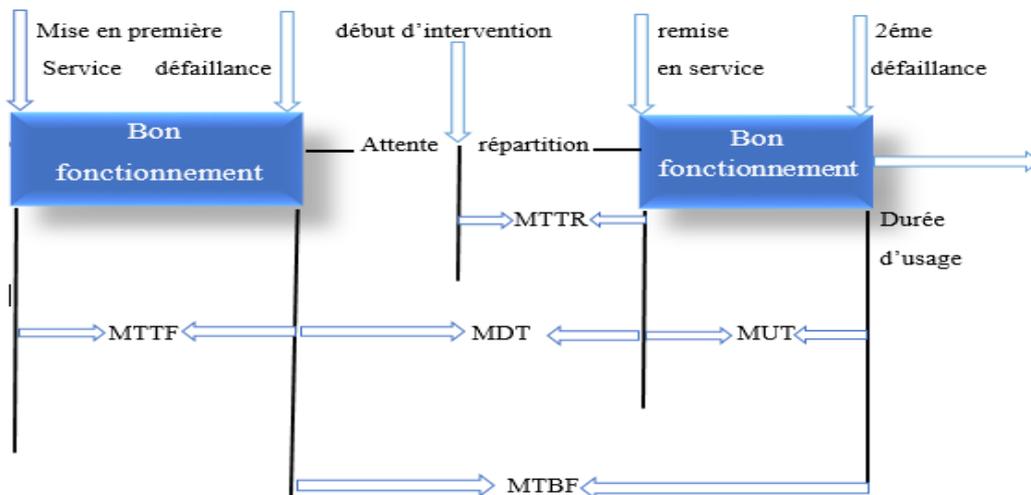


Fig. IV. 1 : Chronogramme des dispositions réparables

**TBF= [date de début de l'arrêt numéro n+1 –  
date de début de l'arrêt numéro n-1]**

(IV. 1)

**Tab. IV. 2 :** Calcul de temps de bon fonctionnement

|               |                |
|---------------|----------------|
| <b>TBF 1</b>  | <b>399 h</b>   |
| <b>TBF 2</b>  | <b>326 h</b>   |
| <b>TBF 3</b>  | <b>101 h</b>   |
| <b>TBF 4</b>  | <b>152.5 h</b> |
| <b>TBF 5</b>  | <b>328 h</b>   |
| <b>TBF 6</b>  | <b>166.5 h</b> |
| <b>TBF 7</b>  | <b>137.5 h</b> |
| <b>TBF 8</b>  | <b>340.5 h</b> |
| <b>TBF 9</b>  | <b>195.5 h</b> |
| <b>TBF 10</b> | <b>415.5 h</b> |
| <b>TBF 11</b> | <b>175.5 h</b> |
| <b>TBF 12</b> | <b>403 h</b>   |
| <b>TBF 13</b> | <b>253.5 h</b> |

**IV.2.3 Classement et calcul du temps de répartition et la fiabilité de système**

- Estimation du Fti et calcul du Rti

-  $N \leq 25$

On utilise la méthode des rangs médians :

$$F_{ti} = (\sum N_i - 0.3) / (N + 0.4) \tag{IV.2}$$

$$R_{ti} = 1 - F_{ti} \tag{IV.3}$$

Où :

- $N_i$  est le nombre d'intervention ;
- $F_{ti}$  : Densité de probabilité ;
- $R_{ti}$  : Probabilité de bon fonctionnement.

Le tableau au-dessous représente le temps de bon fonctionnement croissant avec nombre d'interventions et les valeurs de fonction de répartition et leurs valeurs de fiabilité.

**Tab. IV. 3 :** la fonction de répartition et de fiabilité cumulée

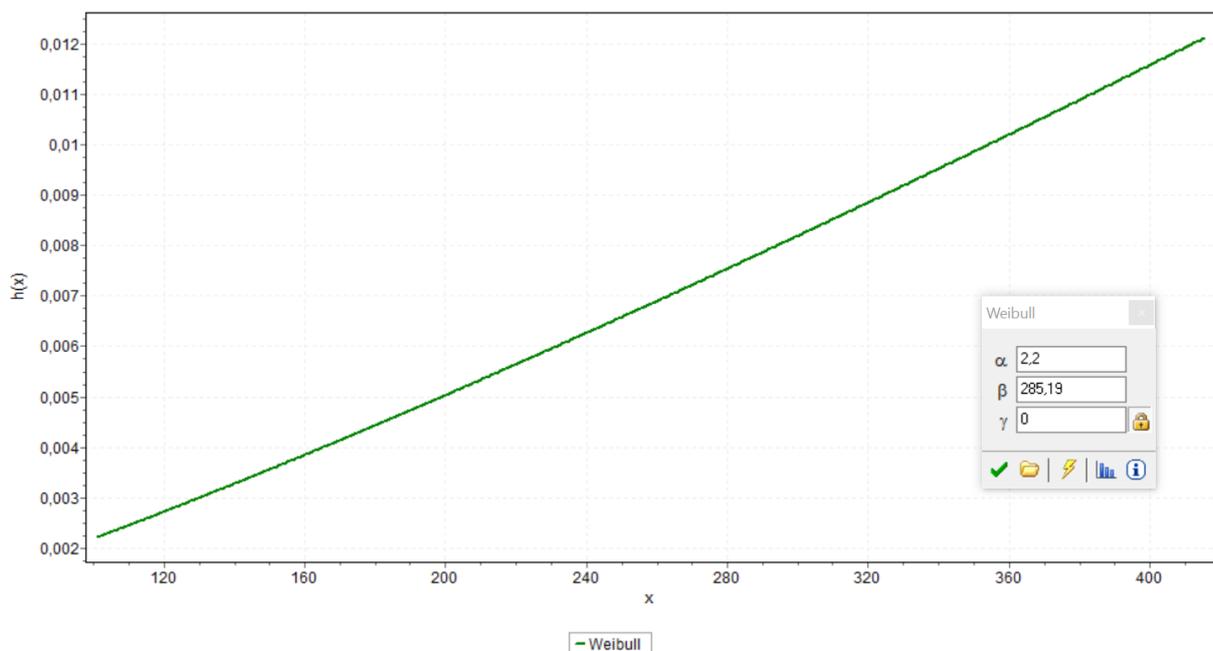
| N° | TBF croissant | Ni | ΣNi | Fti  | Fti% | Rti% |
|----|---------------|----|-----|------|------|------|
| 1  | 101           | 1  | 1   | 0.05 | 5.2  | 94.8 |
| 2  | 137.5         | 1  | 2   | 0.12 | 12.6 | 87.4 |
| 3  | 152.5         | 1  | 3   | 0.20 | 20.1 | 79.9 |
| 4  | 166.5         | 1  | 4   | 0.27 | 27.6 | 72.4 |
| 5  | 175.5         | 1  | 5   | 0.35 | 35   | 65   |
| 6  | 195.5         | 1  | 6   | 0.42 | 42.5 | 57.5 |
| 7  | 253.5         | 1  | 7   | 0.5  | 50   | 50   |

|           |       |   |    |      |      |      |
|-----------|-------|---|----|------|------|------|
| <b>8</b>  | 326   | 1 | 8  | 0.57 | 57.4 | 42.6 |
| <b>9</b>  | 328   | 1 | 9  | 0.64 | 64.9 | 35.1 |
| <b>10</b> | 340.5 | 1 | 10 | 0.72 | 72.3 | 27.7 |
| <b>11</b> | 399   | 1 | 11 | 0.79 | 79.8 | 20.2 |
| <b>12</b> | 403   | 1 | 12 | 0.87 | 87.3 | 12.7 |
| <b>13</b> | 415.5 | 1 | 13 | 0.94 | 94.7 | 5.3  |

**IV.2.4 Application du modèle de Weibull**

Nous utilisons le logiciel EasyFit pour déterminer les paramètres de fiabilité de la vis d’Archimède.

Où  $h(x)$  est la droite de Weibull



**Fig. IV. 2 : Droite de Weibull**

Après le tracement de la droite le logiciel nous a donné les paramètres suivants :

- $\gamma=0$  (paramètre de position)

- $\beta=2,2$  (paramètre de forme)
- $\eta=285,19$  (paramètre d'échelle)

**IV.2.5 Calcul de fiabilité  $R_{ti}$ , la fonction de répartition  $F_{ti}$ , le taux de défaillance  $\lambda_{ti}$ , la densité de probabilité  $f_{ti}$  Test de Kolmogorov-Smirnov**

Le tableau suivant représente les résultats par calcul à l'aide de la loi de Weibull :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{IV.4}$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{IV.5}$$

$$f(t) = \lambda(t).R(t), \lambda(t) = (\beta/\eta) \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \tag{IV.6}$$

Où :

- $\lambda(t)$  : Taux de défaillance [nombre de défaillance [heure] ;
- $\gamma$  : Paramètre de position de la loi de "Weibull"[heure] ;
- $\beta$  : Paramètre de forme de la loi de "Weibull" ;
- $\eta$  : Paramètre d'échelle de la loi de "Weibull"[heure].

**Tab. IV. 4 :** Les différentes valeurs utilisées pour la distribution de Weibull

| N° | TBF   | F <sub>ti</sub> | R <sub>th</sub> (ti) | $\lambda_{th}$ (ti) | F <sub>th</sub> (ti) | f <sub>th</sub> (ti) | D <sub>ni</sub> |
|----|-------|-----------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| 1  | 101   | 0.05            | 0.90                 | 0.00222             | 0.10                 | 0.00200              | 0.05            |
| 2  | 137.5 | 0.12            | 0.81                 | 0.00321             | 0.19                 | 0.00260              | 0.07            |
| 3  | 152.5 | 0.20            | 0.77                 | 0.00364             | 0.23                 | 0.00280              | 0.03            |
| 4  | 166.5 | 0.27            | 0.73                 | 0.00404             | 0.27                 | 0.00295              | 0               |
| 5  | 175.5 | 0.35            | 0.70                 | 0.00430             | 0.30                 | 0.00301              | 0.05            |
| 6  | 195.5 | 0.42            | 0.64                 | 0.00490             | 0.36                 | 0.00313              | 0.06            |
| 7  | 253.5 | 0.5             | 0.46                 | 0.00670             | 0.54                 | 0.00308              | 0.04            |
| 8  | 326   | 0.57            | 0.26                 | 0.00905             | 0.74                 | 0.00235              | 0.17            |
| 9  | 328   | 0.64            | 0.25                 | 0.00912             | 0.75                 | 0.00228              | 0.11            |
| 10 | 340.5 | 0.72            | 0.22                 | 0.00952             | 0.78                 | 0.00209              | 0.06            |

|    |       |      |      |        |      |         |      |
|----|-------|------|------|--------|------|---------|------|
| 11 | 399   | 0.79 | 0.12 | 0.0115 | 0.88 | 0.00138 | 0.09 |
| 12 | 403   | 0.87 | 0.11 | 0.0117 | 0.89 | 0.00128 | 0.02 |
| 13 | 415.5 | 0.94 | 0.10 | 0.0121 | 0.90 | 0.00121 | 0.04 |

**IV.2.6 Test d'adéquation (test Kolmogorov-Smirnov)**

D'après le tableau ci-dessus on trouve :

La fréquence maximale  $D_n \max = 0.1700$  et selon la table de Kolmogorov-Smirnov avec :

$N = 13$  et  $\alpha = 0.05$  on a :

$D_n, \alpha = D_{13, 0.05} = 0.36143$  donc  $D_n \max < D_n, \alpha$  ou  $0.1700 < 0.36143$

Donc le modèle de Weibull est accepté

**IV.2.7 Calcul de la fiabilité de la vis d'Archimède**

MUT : correspond à la durée moyenne des temps de bon fonctionnement après réparation du système

$$MUT = \gamma + A \times \eta \tag{IV.7}$$

$$\eta = 285.19$$

$$\beta = 2.2$$

$$\gamma = 0$$

Selon la table de la loi de Weibull on trouve (voir l'annexe 2) :

$$A = 0.88562 \text{ et } B = 0.42495$$

Nous pouvons calculer donc :

$$MUT = 0 + 0.88562 \times 285.19 = 252.57 = MTBF$$

Donc la MTBF = 252.57 h

Nous appliquons la loi de fiabilité pour calculer la fiabilité de la vis d'Archimède :

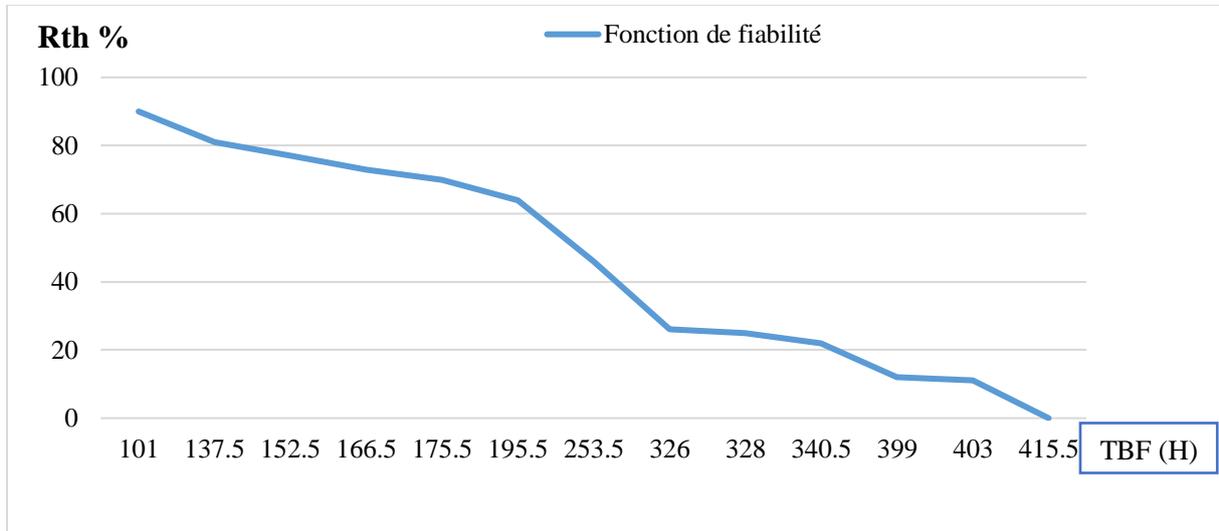
$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{IV.8}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{252.57}{285.19}\right)^{2,2}} = 0.4651 = 46.51\%$$

$$R(t) = MUT = 46.51\%$$

**IV.2.8 Courbe de la fonction de fiabilité théorique**

R(t) : Probabilité de non- défaillance dans l’intervalle de temps [0, t] c’est à dire la probabilité de défaillance au-delà du temps (t), c’est la fonction de répartition.



**Fig. IV. 3 :** Fonction de la fiabilité

D’après le graphe obtenu, on observe que la fonction de fiabilité R(t) est décroissante avec le TBF et on constate que nous sommes en présence de défaut provoqué par des défaillances mécaniques et électriques. Ces défaillances reviennent à la vibration de la vis d’Archimède où la dégradation du matériel soit à une mauvaise maintenance. En considérant le temps  $t=MTBF= 252.57$  h que c’est le moment de changer la politique de maintenance et on passe à la maintenance préventive conditionnelle.

**IV.2.9 Courbe de la fonction de la répartition théorique**

F(t) : Probabilité d’avarie cumulée au temps de 0 à t.

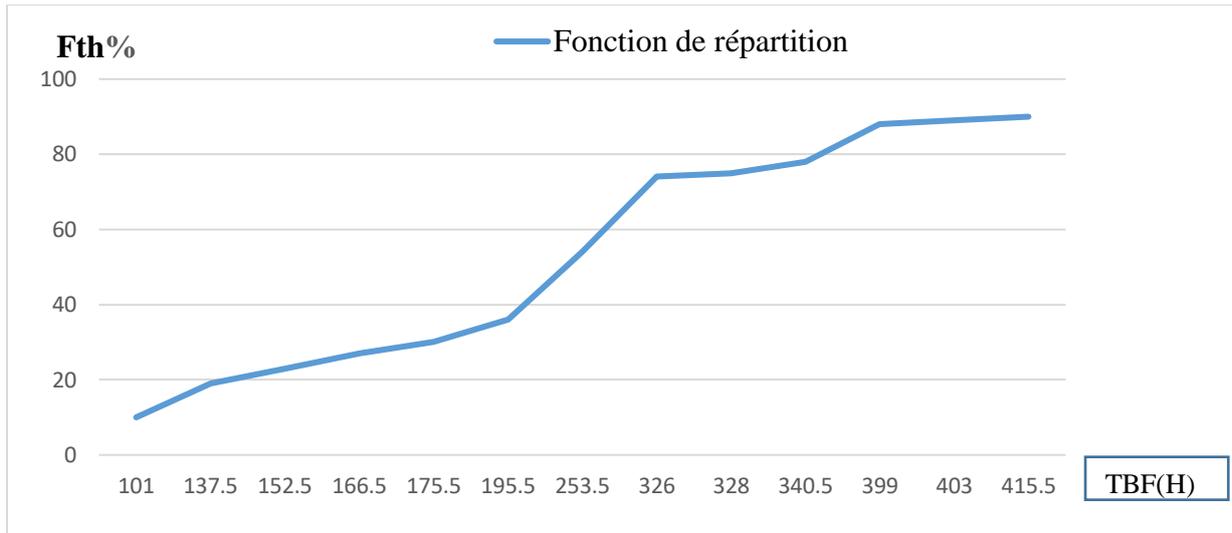


Fig. IV. 4 : Courbe de fonction de répartition

La courbe obtenue est en accord avec l'étude théorique de la loi de Weibull et la fonction de répartition est inversement proportionnelle à la fonction de la fiabilité R(t). Par contre elle est proportionnelle au temps de bon fonctionnement c'est-à-dire qu'il est probable d'avoir un ou des avaries si le temps d'utilisation augmente.

IV.2.10 Courbe de densité de probabilité théorique

f(t) : Probabilité d'avarie au temps (t), (probabilité d'avoir une seule avarie au temps (t)).

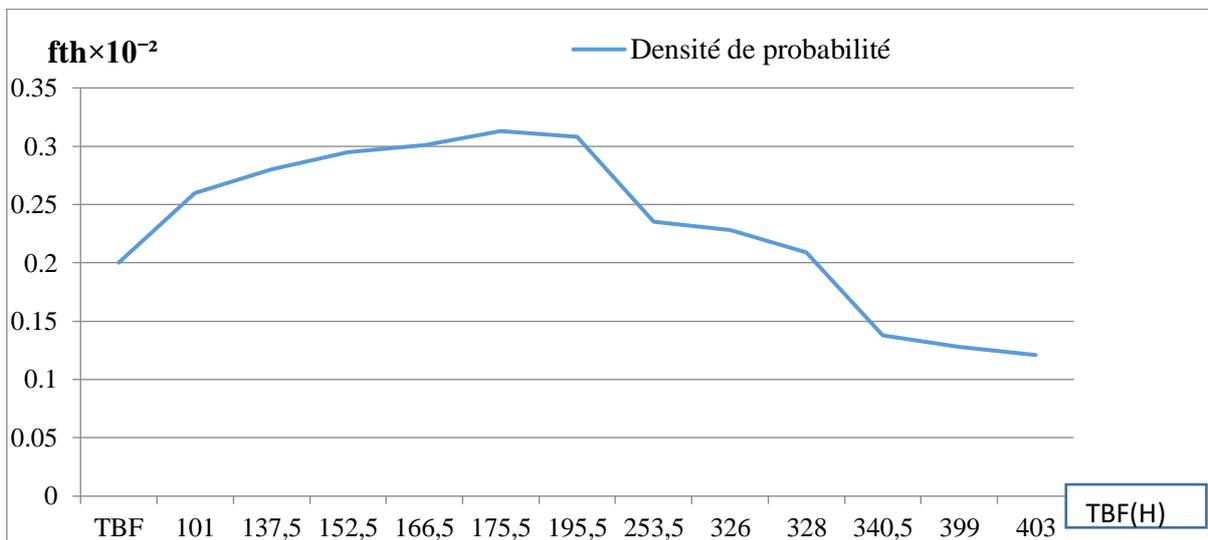
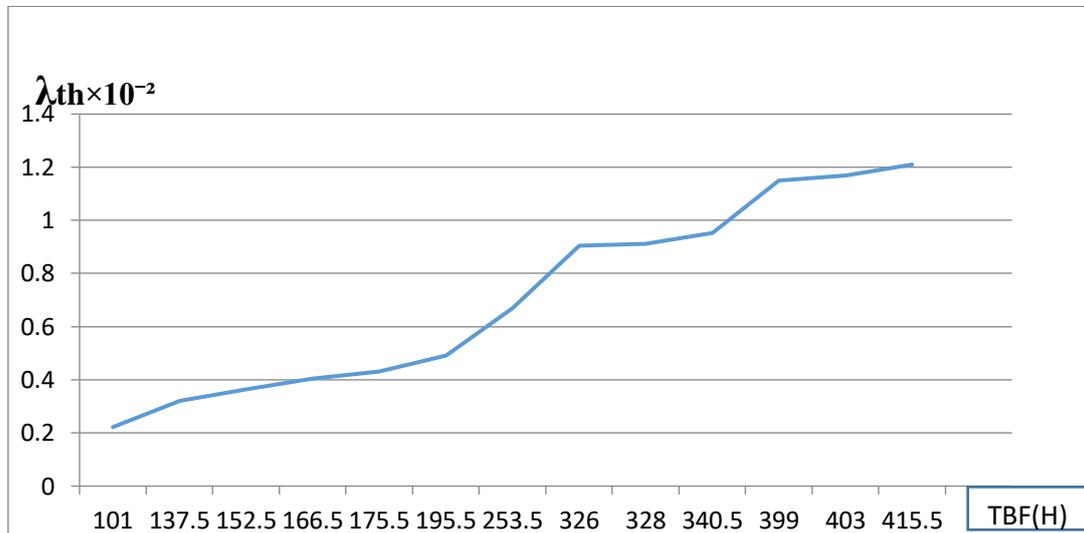


Fig. IV. 5 : Courbe de densité de probabilité

La fonction f(t) nous permet de voir l'allure de la distribution des défaillances enregistrées, et leur répartition autour des TBF. Pour notre cas la densité de probabilité augmente dans un intervalle [101-195.5] et diminue dans l'intervalle] 195.5-415.5].

### IV.2.11 Courbe des taux défaillance

$\lambda(t)$  : Probabilité d'avarie au temps  $(t + \Delta t)$  d'un dispositif qui était en bon fonctionnement au début de l'unité de temps  $(t)$ .



**Fig. IV. 6 :** Courbe des taux de défaillance

Nous remarquons que le taux de défaillance est croissant et il est en accord avec l'étude théorique de la loi de Weibull. Nous comparons cette courbe avec celle en baignoire, nous constatons que le taux d'avarie est augmenté. Nous concluons que la vis d'Archimède étudiée est à la période de vieillesse ( $\beta > 1$ ).

### IV.2.12 Analyse des résultats de la fiabilité de système

D'après nos calculs et les résultats obtenues, nous avons trouvé que la fiabilité  $R(t)=46.51\%$ , mais le système a subi beaucoup d'arrêts. Ce problème revient au plusieurs raisons :

- Le système est à la période de vieillesse ;
- L'absence de la maintenance préventive ;
- Manque des pièces de rechange.

Et pour faire diminuer les arrêts nous proposons quelques solutions pour augmenter la fiabilité :

- Améliorer la maintenance préventive ;
- Avoir plus des pièces de rechange ;
- La lubrification.

**IV.3 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons analysé la fiabilité de la vis d'Archimède à partir de la loi de Weibull pour calculer le MTBF après faire distinguer les paramètres de Weibull par le logiciel EasyFit ( $\eta = 285.19$   $\beta = 2.2$   $\gamma = 0$ ). Ces paramètres nous a permis de calculer fonction de répartition, taux de défaillance et la densité de probabilité. Nous avons trouvé que la fiabilité de la vis d'Archimède étudiée est égale à 46.51 % mais notre dispositif a subi plusieurs pannes. Enfin, nous avons proposé quelques solutions pour diminuer les arrêts et augmenter la fiabilité.

# Conclusion Générale

### Conclusion générale

Le travail présenté nous permet d'étudier les différents risques qui se retrouvent à l'entreprise et déterminer l'évaluation de la fiabilité de la vis Archimède et son optimisation par les méthodes graphiques et numériques.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté tous les équipements et les installations que nous avons vu à l'entreprise AGRODIV des moulins - Kherrata, leur rôle et les étapes à suivre afin d'avoir le produit final (semoule) commencent par la décharge de blé sur la trémie jusqu'à la conditionneuse.

Dans le deuxième chapitre, nous avons cité les risques industriels liés à chaque équipement qui se circulent dans l'entreprise et les mesures de protection contre ces risques. Après, nous avons concentré à donner des généralités sur la maintenance utiliser au sein de l'entreprise, la fiabilité et nous avons présenté quelque méthodes de gestion de maintenance (méthode AMDEC, diagramme de Pareto).

A travers le troisième chapitre, nous avons choisi la vis Archimède parmi les équipements pour étudier sa fiabilité. Effet, nous avons cité son fonctionnement, ces composants et après nous avons appliqué AMDEC qui nous a permis de constaté l'origine possible des défaillances qui peuvent influencer sur la durée de vie de la machine. L'application de diagramme de Pareto nous a permis de connaître les organes de la machines les plus critiques pour les maintenir après.

L'étude effectué au chapitre quatre, nous a permis d'analyser la fiabilité de la vis Archimède. En effet, nous avons utilisé la loi de Weibull pour calculer la moyenne du temps de bon fonctionnement. Après, nous avons déterminé les paramètres de Weibull à l'aide de logiciel EasyFit pour faire les applications nécessaires.

La vis Archimède sans fin subi plusieurs pannes et pour les éviter et d'augmenter la fiabilité de la machine nous avons proposé à l'entreprise de d'appliquer procédures suivantes :

- Améliorer la maintenance préventive ;
- Améliorer les pièces de rechange ;
- La lubrification ;
- D'utilisé des appareils de détection des défaillances comme la thermographie infrarouge pour contrôler les machines à chaque fois.

Références  
bibliographiques

### Références bibliographiques

- [8] Cours électrotechnique 2 L2- S4, professeur CHAOUCH.S, université de Batna, 2019/2020
- [11] Thèse Mazouni, Pour une meilleure approche du management des risques : de la modélisation ontologique du processus accidentel au système interactif d'aide à la décision Mohamed Habib Mazouni.
- [12] Cours M2 maintenance industrielle sécurité industrielle. Mme Rouha. Université de bejaia 2021/2022.
- [16] cours M2, AIT MOKHTAR, modèle de maintenance, université de Béjaia, 2021/2022
- [18] MAROUF SIDI MOHAMMED, AMELIORATION DE LA MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS AU NIVEAU DE L'ATELIER DE TISSAGE (DENTIX-SEBDOU), mémoire master, Université Aboubakr Belkaid-Telemcen, 2015/2016.
- [21] BOUZRARA Mouhamed, ARIF Idir, « ETUDE, conception et réalisation d'une vis sans fin d'un compacteur FKA de la filature », mémoire master, Université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou, 2019/2020.
- [22] TOUATI Bilal, AZIL Merouane, « METHODOLOGIE DE FABRICATION DES SPIRES D'UNE VIS D'ARCHIMEDE PAR EMBOUTISSAGE », mémoire master, Université de Bejaia, 2017/2018.
- [23] BOURDJAH Tarek, BOUAMARA Tackfarinas, « La stratégie de maintenance Basée sur la Fiabilité (application sur le convoyeur à chaîne) », mémoire master, Université de Bejaia, 2019/2020.
- [24] documentation de constructeur, «vis d'Archimède»
- [25] documentation technique de l'entreprise « historique de la maintenance » janvier 2022 - mai 2022.

# Webographie

### Webographie

- [1] <https://www.processindustries.fr/quel-est-lobjectif-de-la-maintenance-industrielle/>.
- [2] <https://www.pmp31.com/2020/01/08/quest-ce-quun-pont-basculer-et-a-quoi-sert-il/>
- [3] <https://www.palamaticprocess.fr/machines-industrielles/elevateur-godet>
- [4] [https://www.perspectives-agricoles.com/file/galleryelement/pj/e2/9e/63/87/427\\_2118302008901005865.pdf](https://www.perspectives-agricoles.com/file/galleryelement/pj/e2/9e/63/87/427_2118302008901005865.pdf), november 2015
- [5] <https://omasindustries.com/fr/nettoyage>
- [6] [http://asset.keepeek.com/permalinks/domain39/2013/09/10/1436-Dis-moi\\_tout\\_sur\\_le\\_ble\\_dur\\_\\_la\\_semoule\\_\\_les\\_pates.pdf](http://asset.keepeek.com/permalinks/domain39/2013/09/10/1436-Dis-moi_tout_sur_le_ble_dur__la_semoule__les_pates.pdf)
- [7] <https://www.passioncereales.fr/dossier-thematique/du-bl% C3% A9-aux-p% C3% A2tes#:~:text=Le% 20sassage% 20est% 20l% C3% A9tape,tendre% 20se% 20r% C3% A9duit% 20en% 20farine.>
- [9] <http://for-ge.blogspot.com/2015/04/transformateurs-electriques.html>
- [10] [https://www.ediel.net/IMG/pdf/Catalogue\\_BT.pdf](https://www.ediel.net/IMG/pdf/Catalogue_BT.pdf)
- [13] <https://www.officiel-prevention.com/dossier/formation/fiches-metier/la-prevention-des-risques-professionnels-dans-les-minoteries-et-semouleries> aout, 2012
- [14] [https://ww2.ac-poitiers.fr/electrotechnique/IMG/pdf/prevention\\_des\\_risques\\_electriques.pdf](https://ww2.ac-poitiers.fr/electrotechnique/IMG/pdf/prevention_des_risques_electriques.pdf)
- [15] <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr/organisation/documentation/formulaires-publications/avis-danger-tremie>
- [17] <http://elearning.centre-univ-mila.dz/mod/resource/view.php?id=4668>.
- [19] <https://syram.eu/mtbf-mttr-mttf/>.
- [20] [#cite\\_ref-1](https://fr.wikipedia.org/wiki/vis_sans_fin). 11 juin 2022 à 19 :31

# ANNEXES



## Annexe 2 : table de la loi de weibull

| $\beta$ | A           | B           | $\beta$ | A       | B       | $\beta$ | A       | B       | $\beta$ | A       | B       |
|---------|-------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,05    | 2,43290E+18 | 9,03280E+23 | 1,75    | 0,89062 | 0,52523 | 3,45    | 0,89907 | 0,28822 | 5,15    | 0,91974 | 0,20505 |
| 0,1     | 3,62880E+06 | 1,56977E+09 | 1,8     | 0,88929 | 0,51123 | 3,5     | 0,89975 | 0,28473 | 5,2     | 0,92025 | 0,20336 |
| 0,15    | 2,59357E+03 | 1,21993E+05 | 1,85    | 0,88821 | 0,49811 | 3,55    | 0,90043 | 0,28133 | 5,25    | 0,92075 | 0,20170 |
| 0,2     | 1,20000E+02 | 1,90116E+03 | 1,9     | 0,88736 | 0,48579 | 3,6     | 0,90111 | 0,27802 | 5,3     | 0,92125 | 0,20006 |
| 0,25    | 2,40000E+01 | 1,99359E+02 | 1,95    | 0,88671 | 0,47419 | 3,65    | 0,90178 | 0,27479 | 5,35    | 0,92175 | 0,19846 |
| 0,3     | 9,26053E+00 | 5,00780E+01 | 2       | 0,88623 | 0,46325 | 3,7     | 0,90245 | 0,27164 | 5,4     | 0,92224 | 0,19688 |
| 0,35    | 5,02914E+00 | 1,99761E+01 | 2,05    | 0,88589 | 0,45291 | 3,75    | 0,90312 | 0,26857 | 5,45    | 0,92272 | 0,19532 |
| 0,4     | 3,32335E+00 | 1,04382E+01 | 2,1     | 0,88569 | 0,44310 | 3,8     | 0,90379 | 0,26558 | 5,5     | 0,92320 | 0,19379 |
| 0,45    | 2,47859E+00 | 6,46009E+00 | 2,15    | 0,88561 | 0,43380 | 3,85    | 0,90445 | 0,26266 | 5,55    | 0,92368 | 0,19229 |
| 0,5     | 2,00000E+00 | 4,47214E+00 | 2,2     | 0,88562 | 0,42495 | 3,9     | 0,90510 | 0,25980 | 5,6     | 0,92414 | 0,19081 |
| 0,55    | 1,70243E+00 | 3,34530E+00 | 2,25    | 0,88573 | 0,41652 | 3,95    | 0,90576 | 0,25701 | 5,65    | 0,92461 | 0,18935 |
| 0,6     | 1,50458E+00 | 2,64514E+00 | 2,3     | 0,88591 | 0,40848 | 4       | 0,90640 | 0,25429 | 5,7     | 0,92507 | 0,18792 |
| 0,65    | 1,36627E+00 | 2,17987E+00 | 2,35    | 0,88617 | 0,40080 | 4,05    | 0,90704 | 0,25162 | 5,75    | 0,92552 | 0,18651 |
| 0,7     | 1,26582E+00 | 1,85117E+00 | 2,4     | 0,88648 | 0,39345 | 4,1     | 0,90768 | 0,24902 | 5,8     | 0,92597 | 0,18512 |
| 0,75    | 1,19064     | 1,61077     | 2,45    | 0,88685 | 0,38642 | 4,15    | 0,90831 | 0,24647 | 5,85    | 0,92641 | 0,18375 |
| 0,8     | 1,13300     | 1,42816     | 2,5     | 0,88726 | 0,37967 | 4,2     | 0,90894 | 0,24398 | 5,9     | 0,92685 | 0,18240 |
| 0,85    | 1,08796     | 1,28542     | 2,55    | 0,88772 | 0,37319 | 4,25    | 0,90956 | 0,24154 | 5,95    | 0,92729 | 0,18107 |
| 0,9     | 1,05218     | 1,17111     | 2,6     | 0,88821 | 0,36696 | 4,3     | 0,91017 | 0,23915 | 6       | 0,92772 | 0,17977 |
| 0,95    | 1,02341     | 1,07769     | 2,65    | 0,88873 | 0,36097 | 4,35    | 0,91078 | 0,23682 | 6,05    | 0,92815 | 0,17848 |
| 1       | 1,00000     | 1,00000     | 2,7     | 0,88928 | 0,35520 | 4,4     | 0,91138 | 0,23453 | 6,1     | 0,92857 | 0,17721 |
| 1,05    | 0,98079     | 0,93440     | 2,75    | 0,88986 | 0,34963 | 4,45    | 0,91198 | 0,23229 | 6,15    | 0,92898 | 0,17596 |
| 1,1     | 0,96491     | 0,87828     | 2,8     | 0,89045 | 0,34427 | 4,5     | 0,91257 | 0,23009 | 6,2     | 0,92940 | 0,17473 |
| 1,15    | 0,95170     | 0,82971     | 2,85    | 0,89106 | 0,33909 | 4,55    | 0,91316 | 0,22793 | 6,25    | 0,92980 | 0,17351 |
| 1,2     | 0,94066     | 0,78724     | 2,9     | 0,89169 | 0,33408 | 4,6     | 0,91374 | 0,22582 | 6,3     | 0,93021 | 0,17232 |
| 1,25    | 0,93138     | 0,74977     | 2,95    | 0,89233 | 0,32924 | 4,65    | 0,91431 | 0,22375 | 6,35    | 0,93061 | 0,17113 |
| 1,3     | 0,92358     | 0,71644     | 3       | 0,89298 | 0,32455 | 4,7     | 0,91488 | 0,22172 | 6,4     | 0,93100 | 0,16997 |
| 1,35    | 0,91699     | 0,68657     | 3,05    | 0,89364 | 0,32001 | 4,75    | 0,91544 | 0,21973 | 6,45    | 0,93139 | 0,16882 |
| 1,4     | 0,91142     | 0,65964     | 3,1     | 0,89431 | 0,31561 | 4,8     | 0,91600 | 0,21778 | 6,5     | 0,93178 | 0,16769 |
| 1,45    | 0,90672     | 0,63522     | 3,15    | 0,89498 | 0,31135 | 4,85    | 0,91655 | 0,21586 | 6,55    | 0,93216 | 0,16657 |
| 1,5     | 0,90275     | 0,61294     | 3,2     | 0,89565 | 0,30721 | 4,9     | 0,91710 | 0,21397 | 6,6     | 0,93254 | 0,16547 |
| 1,55    | 0,89939     | 0,59252     | 3,25    | 0,89633 | 0,30319 | 4,95    | 0,91764 | 0,21212 | 6,65    | 0,93292 | 0,16439 |
| 1,6     | 0,89657     | 0,57372     | 3,3     | 0,89702 | 0,29929 | 5       | 0,91817 | 0,21031 | 6,7     | 0,93329 | 0,16332 |
| 1,65    | 0,89421     | 0,55635     | 3,35    | 0,89770 | 0,29550 | 5,05    | 0,91870 | 0,20853 | 6,75    | 0,93366 | 0,16226 |
| 1,7     | 0,89224     | 0,54024     | 3,4     | 0,89838 | 0,29181 | 5,1     | 0,91922 | 0,20677 | 6,8     | 0,93402 | 0,16121 |

## Résumé

Les risques présentent un souci dans notre société en générale et dans les entreprises en particulier. La maîtrise de ces risques nécessite la présence des équipements de protection moderne.

La maintenance industrielle prend une importance croissante et se révèle être une des fonctions clé de l'entreprise de protection moderne.

Notre travail est consacré à l'étude des différents risques qui se trouvent à l'entreprise et moyennes de protection, puis l'étude et l'analyse de la vis Archimède qui est l'une des équipements de l'entreprise AGRODIV.

Dans ce projet nous avons utilisé les lois de fiabilité et les méthodes d'analyse (AMDEC, ABC, diagramme de Pareto) qui sont des méthodes de gestion de maintenance et qui sont aussi connus par leur analyse, en particulier la loi de « Weibull » très utilisée dans le domaine mécanique.

Afin de concrétiser notre mémoire, nous avons exploité les méthodes graphiques et numériques pour déterminer les paramètres de dégradation, qui sont utilisé pour l'évaluation de taux de défaillance de la vis Archimède et la fonction de répartition, densité de probabilité.

A la fin nous avons proposé quelques solution pour diminuer l'arrêt de la machine et d'augmenter sa fiabilité.