



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة
Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
معهد المناجم
Institut des Mines
قسم المناجم و الجيوتكنولوجيا
Département Mines Et Géotechnologie



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie minier.

Option : Electromécanique minière.

**Etude de la sureté de fonctionnement des machines
minières (cas de société des ciments ELma Labiod)**

Par

MAACHE Oumaima

Devant le jury :

Dr. AOULMI Zoubir	Président	MCA	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
Dr. TALEB Mounia	Encadreur	MCA	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa
Pr. LOUAFI Messaoud	Examineur	Pr	Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa

Année universitaire 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا"

إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ"

صدق الله العظيم

(البقرة: ٣٢)

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Larbi Tebessi – Tébessa
Institut des Mines
Département mines et géotechnologie



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة العربي التبسي - تبسة
معهد المناجم
قسم المناجم و الجيوتكنولوجيا

Année universitaire : 2023/2024

Tébessa le :

Lettre de soutenabilité

Noms et prénoms des étudiants :

1-----Maache Oumaima-----

--

Niveau : ----Master----- Option : -Electromécanique minière

Thème : Etude de la sureté de fonctionnement des machines minières (cas de
la société des ciments d'Elmalabiod)-----

Nom et prénom de l'encadreur : -----

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Tous les chapitres	

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

انا الممضي أدناه،

السيد (ة) معاش أمينة الصفة : طالب، أستاذ باحث، باحث دائم : كالتاليه

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : 4.0.3.4.09.0.9.6... و الصادرة بتاريخ 10... 2022...
المسجل بمعهد قسم
و المكلف بانجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :
Etude de la Sûreté de Fonctionnement des Machines
Mimères (Cos. Société des ciments El-ma - Labiod)

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية و المنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية
المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2024.06.04

إمضاء المعني (ة)





Remercîment

Je tiens tout d'abord à remercier ALLAH de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail

Je souhaite la bienvenue aux jurys qui vont prendre part à ma soutenance.

Je remercie le personnel de la société des ciments d' ELma Labiod pour leurs conseils et leur accompagnement durant notre stage pratique.

Je tiens aussi à remercier mes Enseignants qui ont fait de leur mieux pour me transmettre leurs précieuses connaissances.

Par la même occasion, je tiens à remercier vivement mon encadreur Madame Taleb Mounia qui m'a porté aide et assistance lors de l'élaboration de ce travail par sa constante disponibilité, ses critiques constructives ainsi que ses bonnes suggestions qui ont été d'une grande importance .

Enfin, Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi .



Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Madani.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse: mon adorable mère Selwa.

A mon Didou qui n'a pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu le protège et leur offre la chance et le bonheur.

A mes frères Saif eddine et Islem , qui m'avaient toujours soutenu et encouragé durant ces années d'étude

A ma grand-mère , mon grand père , mes oncles et mes tantes.

Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie

A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé (Abir, Noussa, Nour, Sara, Wafa, Bata)

A mes frères d'étude qui étaient une deuxième famille à moi (Sohaib L3azba, Amine TGV ; Taher Toutou)

Sommaire

Remercîments	
Dédicace	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Abréviations	
Résumé	
Introduction	01
Partie théorique	
Chapitre 01 : La sûreté de fonctionnement	
1.Introduction	05
2.Les concepts de la sureté do fonctionnement	06
2.1.La fiabilité	07
2.2 .Maintenabilité	10
2.3. La disponibilité	12
Conclusion	14
Chapitre 02 :Les défaillances	
1 .Introduction	16
2. Notions de défaillance	17
3. Types de défaillances	17
4.Les modes de défaillance	19
5.Causes de Défaillance	20
6.Conséquences des Défaillances	20
7.Conclusion	21
Chapitre 03 : Les lois de fiabilité	
1.Introduction	23
2.Loi exponentielle	24
3.Loi normale	26
4.La loi binomial	28
5.La loi de Weibull	29
7.Conclusion	30

Partie pratique	
Chapitre 04 : Etude de cas (Broyeur, Four, Concasseur)	
1. Présentation de l'entreprise	33
2 .Présentation de l'unité	34
2.1 .Situation géographique	35
2.2.Matières premières	35
2.3. Procédure de travail	36
3. Structure de maintenance au sein de la Cimenterie	38
4.Les engins	39
5.Conclusion	39
6. Etude statistique	40
7.Les trois engins ensembles	50
8. Application de la loi de Pareto (loi des 20-80)	54
9. Application Ishikawa	57
10.Application de la loi de Weibull	60
1 1. Les actions préventives et correctives à proposées	65
12. Recommandations	67
Conclusion générale	
Bibliographie	

Liste des tableaux

CHAPITRE I

Tableau I.01 : Temps actifs et annexes 11

CHAPITRE IV

Tableau IV.02 : Engin disponibles au niveau de la société 39

Tableau IV.03 : Historique des pannes de concasseur 40

Tableau IV.04 : Historique des pannes de broyeur 44

Tableau IV.05 : Historique des pannes du four 48

Tableau IV.06: Etude d'heures d'arrêt par nature de trois engins ensemble 51

Tableau IV.07: Etude nombre par nature de panne de trois engins ensembles 53

Tableau IV.08: Statistique d'heures d'arrêt de l'ensemble des engins 54

Tableau IV.09: Statistique nombre de panne d'ensemble des engins pendant 7 ans 55

Tableau IV.10: Les paramètres weibull de trois engins pendant 7 ans 60

Tableau IV.11: La fiabilité de trois engins pendant 7 ans 64

Tableau IV.12: Actions à entreprendre sur les trois machines 67

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.01 : La sureté de fonctionnement	06
--	----

Chapitre II

Figure II.02 : La loi exponentielle	25
--	----

Figure II.03 : La loi normale	27
--------------------------------------	----

Figure II.04 : La loi binomiale	28
--	----

Figure II.05 : Loi de weibull	29
--------------------------------------	----

Chapitre IV

Figure IV.06 : La situation géographique de la société	35
---	----

Figure IV.07 : Schéma du principe de fabrication de ciment	37
---	----

Figure 08 : Schéma organisation de la division maintenance	38
---	----

Figure IV.09 : Concasseur à marteaux	39
---	----

Figure IV.10 : Evolution du temps d'arrêt de concasseur	41
--	----

Figure IV.11 : Evolution du nombre de panne de concasseur	42
--	----

Figure IV.12 : Broyeur cru	43
-----------------------------------	----

Figure IV.13 : Evolution du temps d'arrêt de broyeur	45
---	----

Figure IV.14 : Evolution du nombre de panne de broyeur	46
---	----

Figure IV.15 : Four	47
----------------------------	----

Figure IV.16 : Evolution du temps d'arrêt de four	49
--	----

Figure IV.17 : Evolution du nombre de panne de four	50
--	----

Figure IV.18 : Heures d'arrêt par nature des trois engins ensemble	51
---	----

Figure IV.19 : Nombre par nature de pannes de trois engins ensemble	53
--	----

Figure IV.20 : Diagramme de Pareto des engins (heure d'arrêt)	54
--	----

Figure IV.21 : Diagramme de Pareto des engins (nombre des pannes)	56
--	----

Figure IV.22 : Diagramme d'Ishikawa (pannes mécanique)	57
---	----

Figure IV.23 : Application la loi de Weibull (conasseur)	61
---	----

Figure IV.24: Application la loi de Weibull (broyeur)	63
Figure IV.25 : Application la loi de Weibull (four)	64
Figure IV.26 : Diagramme représente la fiabilité des trois engins pendant 7 ans	65

Abréviations et Symboles

FMD : Fiabilité, Maintenabilité et disponibilité

Sdf : Sureté de fonctionnement

MTBF (Mean Time Between Failure) : Moyen de temps de bon fonctionnement

MTTR (Mean time to repair) : Moyen de temps de réparation

R(t) : Fonction fiabilité

λ : Le taux de défaillance

μ : Le taux de réparation

Ai : Disponibilité inhérente

Ao : Disponibilité opérationnelle

F(x) : Fonction de densité

$\Phi(x)$: Fonction de répartition

n : Nombre d'épreuves

k : probabilité de succès

C_n^k : Nombre de combinaisons de (k) défaillances pris parmi (n) essais

β : Paramètre de forme

N: Paramètre de l'échelle

Résumé

Dans ce travail, nous avons entrepris différentes étapes afin d'analyser et de résoudre les problèmes de défaillance au sein de la cimenterie d'ELMA Labiod se focalisant sur trois engins (concasseur, broyeur et four). Tout d'abord, nous avons minutieusement examiné l'historique de défaillance de chaque engin, dans une deuxième étape nous avons fait appel à la loi de Pareto pour classer les pannes par priorité. Ce qui nous a révélé que les défaillances mécaniques représentaient le pourcentage le plus élevé parmi les différents types de pannes raison pour laquelle nous avons concentré nos efforts sur cette catégorie.

Pour identifier les causes des défaillances mécaniques, nous avons ensuite utilisé le diagramme d'Ishikawa, plus connue sous le nom de diagramme causes à effets. Cette analyse a révélé que les principaux facteurs contribuant à ces dysfonctionnements étaient à la fois la main-d'œuvre et la méthode de travail. Souhaitant approfondir notre étude sur les défauts mécaniques, nous avons appliqué la loi de Weibull, qui nous a permis de constater des fluctuations dans la fiabilité des machines.

L'objectif principal dans cette étude était de réduire les coûts en minimisant les défauts et en augmentant la fiabilité et la productivité des machines. Grâce aux résultats obtenus nous avons pu identifier la principale raison des pannes mécaniques fréquentes, ce qui nous a donné la base nécessaire pour proposer des solutions concrètes visant à réduire ces dysfonctionnements et donc à optimiser la maintenance des équipements étudiés en se basant sur la fiabilité, objectif de notre travail.

الملخص

في هذا العمل، اتخذنا خطوات مختلفة لتحليل وحل مشكلات الفشل داخل مصنع أسمنت ELMA Labiod مع التركيز على ثلاث آلات (الكسارة والمطحنة والفرن). أولاً، قمنا بفحص تاريخ فشل كل آلة بعناية، وفي الخطوة الثانية استخدمنا قانون باريتو لتصنيف حالات الفشل حسب الأولوية. وهذا كشف لنا أن الأعطال الميكانيكية تمثل النسبة الأعلى بين أنواع الأعطال المختلفة ولهذا السبب ركزنا جهودنا على هذه الفئة

لتحديد أسباب الأعطال الميكانيكية، استخدمنا بعد ذلك مخطط إيشيكاوا، المعروف باسم مخطط السبب والنتيجة. وكشف هذا التحليل أن العوامل الرئيسية التي ساهمت في هذه الاختلالات هي القوى العاملة وطريقة العمل. ورغبة في تعميق دراستنا حول العيوب الميكانيكية، قمنا بتطبيق قانون ويبل، الذي سمح لنا بملاحظة التقلبات في موثوقية الآلات.

كان الهدف الرئيسي في هذه الدراسة هو تقليل التكاليف عن طريق تقليل العيوب وزيادة موثوقية الماكينة وإنتاجيتها. بفضل النتائج التي تم الحصول عليها، تمكنا من تحديد السبب الرئيسي للأعطال الميكانيكية المتكررة، مما أعطانا الأساس اللازم لاقتراح حلول ملموسة تهدف إلى تقليل هذه الأعطال وبالتالي تحسين صيانة المعدات المدروسة على أساس الموثوقية، هدف عملنا.

Abstract

In this work, we undertook different steps to analyze and resolve failure problems within the ELMA Labiod cement plant focusing on three machines (crusher, grinder and kiln). First of all, we carefully examined the failure history of each machine, in a second step we used Pareto's law to classify the failures by priority. This revealed to us those mechanical failures represented the highest percentage among the different types of failures which is why we focused our efforts on this category.

To identify the causes of mechanical failures, we then used the Ishikawa diagram, better known as the cause-and-effect diagram. This analysis revealed that the main factors

contributing to these dysfunctions were both the workforce and the method of work. Wishing to deepen our study on mechanical defects, we applied Weibull's law, which allowed us to observe fluctuations in the reliability of machines.

The main objective in this study was to reduce costs by minimizing defects and increasing machine reliability and productivity. Thanks to the results obtained we were able to identify the main reason for frequent mechanical breakdowns, which gave us the necessary basis to propose concrete solutions aimed at reducing these malfunctions and therefore optimizing the maintenance of the equipment studied based on reliability, objective of our work.



Introduction

La production de ciment, un pilier de l'industrie de la construction, repose sur l'efficacité et la fiabilité des équipements miniers tels que les concasseurs, les broyeurs et les fours. Dans la société de ciment d'El Ma Labiod, ces machines jouent un rôle central dans le processus de fabrication, de la préparation des matières premières jusqu'à la production finale du ciment. Garantir la sûreté de fonctionnement de ces équipements est crucial pour maintenir une production continue, réduire les coûts de maintenance et assurer la sécurité des travailleurs. Cette étude approfondie vise à analyser les aspects essentiels de la sûreté de fonctionnement des équipements, en se concentrant sur les concepts fondamentaux, les défaillances courantes et les lois de fiabilité applicables.

Le premier chapitre introduit la sûreté de fonctionnement, un concept multidimensionnel qui englobe la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des équipements. Nous définirons la fiabilité comme la probabilité qu'un équipement accomplisse une fonction requise sans défaillance pendant une période donnée dans des conditions spécifiées, et nous analyserons les facteurs influençant la fiabilité des machines étudiés. La maintenabilité, la capacité de l'équipement à être maintenu ou réparé efficacement, sera également examinée, ainsi que les stratégies de maintenance préventive et corrective. Nous étudierons la disponibilité, une mesure de la proportion de temps pendant laquelle l'équipement est opérationnel et capable de fonctionner, en incluant une analyse des temps de fonctionnement, de maintenance et de réparation

Les défaillances des machines peuvent avoir des répercussions significatives sur la production et la sécurité.

Le deuxième chapitre se concentre sur l'identification, l'analyse et la gestion des défaillances. Nous classerons les défaillances en fonction de leurs causes, leur degré d'importance et leur mode. Une analyse approfondie des causes sous-jacentes des défaillances sera effectuée, incluant les défauts de conception, les erreurs d'exploitation, l'usure des composants et les conditions environnementales. Enfin, nous discutons les conséquences liées à la défaillance. Les lois de fiabilité fournissent un cadre mathématique pour prédire la performance des machines et planifier les interventions de maintenance.

Le troisième chapitre explore les lois de fiabilité appliquées aux concasseur, broyeur et four. La loi de Weibull, plus flexible et capable de modéliser différentes phases de la vie d'un

équipement (jeunesse, maturité, vieillesse), sera étudiée en détail. Nous examinerions se paramètre et comment on peut l'utiliser pour optimiser les plans de maintenance. Nous explorerions également d'autres distributions comme la loi exponentielle et la loi log-normale et la loi de binomiale, on discute de leur pertinence pour différents types de machines et conditions d'exploitation.

Dans la partie principale de ce mémoire, nous proposerions une méthodologie d'optimisation de la maintenance basée sur la fiabilité. Nous détaillerions les différentes étapes de cette méthodologie, de la collecte des données à l'analyse statistique, en utilisant le modèle de Weibull.

Enfin, nous présenterons des études de cas et des résultats obtenus à partir de l'application de cette méthodologie

En conclusion, ce mémoire vise à démontrer que l'optimisation de la maintenance par fiabilité est une approche essentielle pour améliorer la gestion des équipements industriels. En prenant en compte la fiabilité réelle des équipements, les entreprises pouvant réduire les coûts de maintenance, augmenter la disponibilité des équipements et optimiser leur performance globale.



Partie

théorique

Chapitre I

La sûreté de fonctionnement

1.Introduction

La sûreté de fonctionnement est l'ensemble des outils et méthodes permettant de :

- Caractériser et de maîtriser les effets des aléas, des pannes et des erreurs;
- Quantifier les caractéristiques du dispositif ou des systèmes pour exprimer leur conformité dans le temps de leurs comportements et de leurs actions;
- Analyser les causes de défaillance des composants pour estimer leurs conséquences sur le service rendu par le dispositif ou le système.(1)

La sûreté de fonctionnement consiste à connaître, évaluer, prévoir, mesurer et maîtriser les défaillances des systèmes. Cette discipline a acquis ce nom et sa forme actuelle dans différents secteurs industriels en raison de sa corrélation avec la notion de qualité et les problèmes ergonomiques.(2)

La sûreté de fonctionnement est appelée aussi la science des "défaillances". D'autres désignations existent suivant les domaines d'applications : analyse de risque (milieu pétrolier), éléatique, cyndinique (science du danger), FMD (Fiabilité'e, Maintenabilité, Disponibilité). Elle se caractérise à la fois par les études structurelles statiques et dynamiques des systèmes, du point de vue prévisionnel mais aussi opérationnel et expérimental en tenant compte des aspects probabilistes et des conséquences induites par les défaillances techniques et humaines.

La sûreté de fonctionnement est un moyen ou un ensemble de moyens : des démarches, des méthodes, des outils et un vocabulaire. Le but de la recherche de la sûreté de fonctionnement , est la maîtrise des risques.

L'analyse de la sûreté de fonctionnement permet de placer une confiance justifiée dans le système étudié. Cette confiance dépend de ce à quoi on accorde de l'importance et des valeurs relatives de ces caractéristiques.(3)

2. Les concepts de la sûreté de fonctionnement

La sûreté de fonctionnement (Sdf) est un concept important dans le domaine de l'ingénierie et des systèmes complexes. Elle désigne la capacité d'un système, d'un équipement ou d'un processus à fonctionner de manière fiable, sécurisée et continue dans des conditions normales et dans des situations anormales ou accidentelles. La sûreté de fonctionnement vise à garantir que les risques associés à l'utilisation d'un système sont maîtrisés et maintenus à un niveau acceptable.

Pour assurer la sûreté de fonctionnement d'un système, il est nécessaire de mener des analyses de risques, d'identifier les points critiques, de mettre en place des mesures de prévention et de protection, et de surveiller en permanence la performance du système. L'objectif est de minimiser les risques et d'assurer un fonctionnement fiable et sécurisé du système dans toutes les conditions.

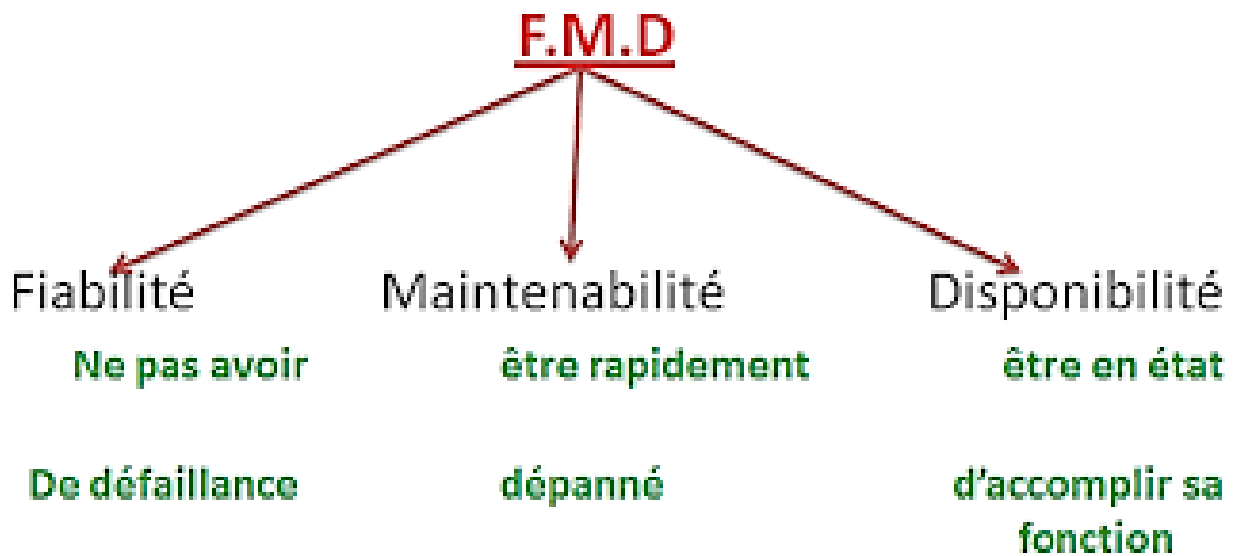


Figure I.01 Sûreté de fonctionnement (4)

La sûreté de fonctionnement repose sur quatre concepts clés, notamment :

2.1. La fiabilité

La fiabilité est la science des défaillances basée sur l'expérience. Elle est indissociable de la qualité.

Plus une machine est constituée d'un nombre important de composants plus la fiabilité de cette dernière a tendance à diminuer. Lorsque les composants sont trop nombreux ou trop complexes, il arrive fréquemment un moment où la maîtrise de la fiabilité n'est plus possible et l'hypothèse d'une défaillance très probable.

Un ensemble composé de pièces de très haute qualité ne garantit pas nécessairement une grande fiabilité après assemblage (les interactions qui se produisent entre les composants diminuent la capacité de l'ensemble).

De même, une grande fiabilité sous certaines conditions ne garantit pas forcément une grande fiabilité sous d'autres conditions.(5)

La meilleure connaissance de la fiabilité provient de l'analyse des défaillances lorsque les produits sont en service. C'est le service de maintenance qui est chargé de collecter les données qui permettront d'établir des lois statistiques sur une population importante et sur un temps long.

La fiabilité " R " est la probabilité qu'a un bien (produit ou système) à accomplir, de manière satisfaisante, une fonction requise, sous des conditions données et pendant une période de temps donnée ; on distingue:

$$R(t) = \frac{\text{Nombre de cas favorables}}{\text{Nombre de cas possibles}} \quad [I.1]$$

2.1.1.La fiabilité intrinsèque

Elle dépend uniquement de la qualité d'un matériel et d'un environnement spécifiques. L'évaluation initiale d'une qualité spécifique ne dépend que de l'âge et des facteurs d'agression naturels non humains tels que la température, l'humidité et les vibrations.(6)

2.1.2.La fiabilité extrinsèque

Elle résulte des conditions d'exploitation (profil de mission), de la qualité de maintenance, d'une manière générale d'événements relatifs à l'intervention humaine.

2.1.3.Les conséquences d'une mauvaise fiabilité

Les conséquences d'une mauvaise fiabilité peuvent être significatives et avoir des répercussions sur divers aspects d'une organisation. Voici les principales conséquences :

1. Interruption des Opérations

Temps d'Arrêt Non Planifiés : Les défaillances fréquentes entraînent des arrêts imprévus, perturbant les processus de production et les services, et provoquant des pertes de productivité.

Perte de Productivité : Les interruptions et les réparations prolongées réduisent l'efficacité globale des opérations.

2. Augmentation des Coûts

Coûts de Maintenance : Les réparations fréquentes et non planifiées augmentent les coûts de maintenance et d'entretien des équipements.

Coûts de Remplacement : Les défaillances récurrentes peuvent nécessiter le remplacement prématuré des composants ou des équipements entiers, ce qui est coûteux.

Coûts de Production : Les arrêts de production entraînent des pertes financières directes en raison de la diminution des produits fabriqués ou des services fournis.

3. Impact sur la Qualité

Diminution de la Qualité des Produits : Les équipements peu fiables peuvent produire des produits de qualité inférieure, augmentant le taux de rejets et les coûts de réwork.

Non-respect des Normes : Les défaillances peuvent entraîner la production de produits qui ne répondent pas aux normes de qualité et de sécurité.

4. Sécurité

Risque pour la Sécurité des Travailleurs : Les équipements défaillants peuvent poser des risques de sécurité pour les travailleurs, entraînant des accidents et des blessures.

Risques Environnementaux : Les défaillances peuvent également entraîner des fuites, des déversements ou d'autres incidents environnementaux.

2.1.4. Les indicateurs de fiabilité

λ et la MTBF sont les deux principaux indicateurs de la fiabilité utilisés industriellement.

A) Taux de défaillance λ :

Définition : λ représente le **taux de défaillance** ou le **taux d'avarie**.

Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps .Pour une période de travail donnée, durée totale en service actif :

Nombre

$$\lambda = \frac{\text{nombre totale de défaillances pendant le service}}{\text{Durée total de bon fonctionnement}} \quad [I.2]$$

B) La MTBF ou moyenne des temps de bon fonctionnement :

Définition : La **MTBF** (qui vient de l'anglais **Mean Time Betwen Failure**) représente la moyenne des temps de bon fonctionnement entre deux défaillances d'un système réparable ou le temps moyen entre défaillances.

$$MTBF = \frac{\text{Somme des temps de bon fonctionnement entre les n défaillances}}{\text{Nombre des temps de bon fonctionnement}} \quad [I.3]$$

2.2 .Maintenabilité

La maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits. (7)

Maintenabilité = être rapidement dépanné

Il s'agit également de la possibilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement précises, dans les délais souhaités, lorsque la maintenance est réalisée dans des conditions spécifiques, en suivant les procédures et les moyens prescrits.

A partir de ces définitions, on distingue :

-**La maintenabilité intrinsèque** : elle est « construite » dès la phase de conception à partir d'un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc).

- **La maintenabilité prévisionnelle** : elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité.

- **La maintenabilité opérationnelle** : elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions.

Grâce à l'analyse de maintenabilité, il sera possible d'évaluer la **MTTR** ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (aux mêmes modèles que la fiabilité). La maintenabilité désigne la facilité avec laquelle un bien peut être remis ou maintenu en bon état de marche. Cette idée ne peut être utilisée qu'avec du matériel qui peut être maintenu, donc réparabile.

« Les moyens recommandés » comprennent des concepts très variés tels que le personnel, les équipements, les outils, etc. (8)

2.2.1. Les indicateurs de la maintenabilité_

A.MTTR (Mean Time To Repair) :

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation.

$$MTTR = \frac{\text{Temps d'arrêt total}}{\text{nombre d'arrêt}} \quad [I.4]$$

Tableau I.01 : Les temps actifs et annexes (9)

Par Temps actifs on entend l'ensemble des temps :	Les Temps annexes comprennent les temps :
<ul style="list-style-type: none"> - de localisation de la défaillance - de diagnostic - d'intervention - de contrôles et d'essais 	<ul style="list-style-type: none"> - de détection - d'appels à la maintenance - d'arrivée de la maintenance - propre à la logistique d'intervention

B.Taux de réparation μ :

μ est le taux de réparation. Il indique l'aptitude d'un bien à être dépanné et/ou réparé. Il s'obtient par la relation suivante:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad [I.5]$$

μ est donc le nombre de réparations divisé par le temps total passé en réparation

2.3. La disponibilité

La disponibilité est une mesure de la capacité d'un système, d'un équipement ou d'un processus à être opérationnel et fonctionnel lorsque nécessaire. Elle est généralement exprimée sous forme de pourcentage, indiquant la proportion du temps pendant lequel le système est en état de fonctionner par rapport au temps total pendant lequel il devrait être disponible.(10)

La formule de base pour calculer la disponibilité est :

$$Disponibilité = \frac{\text{temps de fonctionnement}}{\text{temps total}} \times 100 \quad [I.6]$$

où :

Temps de fonctionnement :est la période pendant laquelle le système fonctionne correctement.

Temps total :est la somme du temps de fonctionnement et du temps d'arrêt (y compris les arrêts planifiés pour maintenance et les arrêts imprévus pour réparations).

La disponibilité est notée D (en anglais, elle est notée A, pour *availability*)

La disponibilité est influencée par plusieurs facteurs, notamment la fiabilité, la maintenabilité et les stratégies de maintenance mises en place. Elle est un indicateur clé de performance dans de nombreux secteurs industriels, car elle reflète l'efficacité opérationnelle et la capacité à répondre aux exigences de production ou de service (11)

2.3.1 Types de Disponibilité

1 .Disponibilité inhérente (Ai) :_C'est la disponibilité calculée en prenant en compte uniquement les temps d'arrêt dus aux défaillances intrinsèques de l'équipement, sans inclure les temps de maintenance préventive. Elle se concentre sur la fiabilité et la maintenabilité de l'équipement.

$$A_i = \frac{\text{MTBF}}{(\text{MTBF} - \text{MTTR})} \quad [\text{I.7}]$$

- **MTBF (Mean Time Between Failures)** : Temps moyen entre les pannes.
- **MTTR (Mean Time To Repair)** : Temps moyen de réparation.

2.Disponibilité opérationnelle (A_o) : Cette mesure inclut tous les types de temps d'arrêt, y compris ceux dus à la maintenance préventive, aux réparations imprévues et aux arrêts opérationnels. Elle donne une vue d'ensemble de la performance réelle de l'équipement en situation d'exploitation.

$$A_o = \frac{\text{Temps de fonctionnement}}{(\text{Temps de fonctionnement} + \text{Temps d'arrêt total})} \quad [\text{I.8}]$$

3.Disponibilité totale (A_t) : C'est la disponibilité mesurée sur une période de temps très longue, incluant toutes les formes d'arrêts, planifiés ou non, et prenant en compte les facteurs externes et organisationnels.

$$A_t = \frac{\text{Temps de fonctionnement total} - \text{Temps d'arrêt total}}{\text{Temps de fonctionnement total}} \quad [\text{I.9}]$$

2.3.2.Importance de la Disponibilité :

- **Efficacité de la production** : Une haute disponibilité assure que les processus de production ou de service sont perturbés au minimum, ce qui améliore l'efficacité globale.

- **Coût de maintenance** : Une bonne gestion de la disponibilité peut réduire les coûts associés aux réparations imprévues et à l'entretien.

- **Satisfaction du client** : Dans les secteurs de services, une disponibilité élevée se traduit par une meilleure satisfaction du client en raison de la fiabilité et de la constance du service fourni.

- **Sécurité** : Des équipements disponibles et bien entretenus réduisent les risques de pannes catastrophiques qui pourraient compromettre la sécurité des opérateurs et de l'environnement.

3. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons mis le point sur les concepts de la sûreté de fonctionnement à savoir (la fiabilité ; la maintenabilité ; la disponibilité)

Chapitre II

Les défaillances

1 .Introduction

Les défaillances, qu'elles soient mécaniques, électriques, informatiques ou liées à d'autres domaines, sont des événements indésirables qui peuvent avoir des conséquences graves sur les systèmes, les équipements, les processus et même les personnes. Comprendre les défaillances et leurs causes est essentiel pour concevoir des systèmes fiables, maintenir leur bon fonctionnement et garantir la sécurité des personnes et de l'environnement.

Les défaillances peuvent être causées par une variété de facteurs, tels que l'usure, la fatigue, les erreurs de conception, les conditions environnementales, les défauts de fabrication, les erreurs humaines et le manque de maintenance. Elles peuvent se manifester de différentes manières, allant de la diminution progressive de la performance à l'arrêt soudain et complet du système.

2. Notions de défaillance

Il s'agit de la fin de la capacité d'un dispositif à réaliser une fonction nécessaire. Afin de déterminer précisément les défaillances, il est nécessaire de prendre en considération la rapidité de leur apparition, leurs causes, leur importance, leurs conséquences ou une combinaison de tous ces facteurs. A cette fin, un vocabulaire précis est utilisé.(12)

3. Types de défaillances

Les défaillances ont des causes, des manifestations et des conséquences très diverses. Aussi, pour mieux les connaître et pouvoir efficacement intervenir, il est nécessaire de distinguer plusieurs catégories.(13)

3.1.Suivant leur cause :

▪ **Défaillances de causes intrinsèques** : défaillances dues à une mauvaise conception du bien, à une fabrication non conforme du bien ou à une mauvaise installation du bien. Les défaillances par usure (liées à la durée de vie d'utilisation) et par vieillissement (liées au cours du temps) sont des défaillances intrinsèques.

Exemple : Défaut de qualité-matière ou de dimensionnement, de construction ou d'assemblage.

Grippage d'un roulement à billes

▪ **Défaillance de causes extrinsèques** : défaillances de mauvais emploi, par mauvais entretien.

On peut éviter que ce type de défaillance ne se produise par la formation des personnels de conduite et d'entretien ou par l'élaboration de procédures précises et détaillées

3.2. Suivant leur degré d'importance :

On peut distinguer les défaillances complète, partielle, intermittente, etc

▪ **Défaillance partielle** : Défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, mais telle quelle n'entraîne pas une disparition complète de la fonction.

▪ **Défaillance complète** : Défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées telle qu'elle entraîne une disparition complète de la fonction requise.

▪ **Défaillance intermittente** : Défaillance d'un dispositif pour une période de temps limité, après laquelle le dispositif recouvre son aptitude à accomplir sa fonction requise sans avoir été soumis à une action corrective extérieure. »

Ex : défaut de connexion électrique.

3.3.Suivant leur vitesse d'apparition :

▪ **Défaillance progressive** : Défaillance due à une évolution progressive des caractéristiques d'un bien.

▪ **Défaillance soudaine** : Défaillance brutale due à une évolution quasi instantanée des caractéristiques d'un bien.

3.4.Par combinaison des concepts précédents :

▪ **Défaillance catalectique** : Défaillance à la fois soudaine et complète.

Ex. : claquage d'un composant électronique.

▪ **Défaillance par dégradation** : Défaillance à la fois progressive et partielle.

Ex. : corrosion, usure par frottement.

3.5.En fonction des conséquences :

On distingue les défaillances critique (ex : détérioration d'un four de moulage), défaillance majeur (ex : défaillance sur une chaîne de supervision d'un four de moulage) et défaillance mineur (ex : défaillance du système de refroidissement en sortie d'un four).

4. Les modes de défaillance

Un mode de défaillance est la façon par laquelle est constatée l'incapacité d'un bien à remplir une fonction requise. C'est donc le processus qui, à partir d'une cause intérieure ou extérieure au bien, entraîne la défaillance du bien considéré.

Le mode de défaillance est relatif à une fonction. De façon très générale, un mode de défaillance à un des 4 effets suivants sur un système :

1. Fonctionnement prématuré ;
2. Ne fonctionne pas au moment prévu ;
3. Ne s'arrête pas au moment prévu ;
4. Défaillance en fonctionnement.

Il est cependant impossible d'effectuer une analyse concluante en vue d'un diagnostic avec une liste aussi généraliste. Il est donc nécessaire de développer cette liste, et surtout le point N°4 relatif aux défaillances en fonctionnement.

Pour les six domaines technologiques (mécanique, électrotechnique, électromagnétisme, hydraulique,

thermodynamique, chimie), on recense plus d'une centaine de modes de défaillance en fonctionnement spécifiques et propres à chacune des disciplines.

Un mode de défaillances s'exprimera donc par la manière dont un système viendra à ne plus remplir sa fonction. Il s'exprimera en termes physiques : rupture, desserrage, coincement, court-circuit, etc.

Exemples de modes de défaillance en fonctionnement :

- Mécanique : abrasion, cisaillement, corrosion, déformation permanente, écaillage, fatigue, grippage, etc.
- Electrotechnique : arc, claquage, collage, fuite, fusion, usure, rupture, etc.
- Electromagnétisme : aimantation, effet joule, électricité statique, etc.
- Hydraulique : cavitation, coup de bélier, onde de choc, turbulence, etc.
- Thermodynamique : choc thermique, dilatation, rayonnement thermique, etc. (14)

5. Causes de Défaillance

- ✓ **Erreurs Humaines** : Défaillances causées par des erreurs dans l'installation, la maintenance ou l'utilisation des systèmes. Par exemple, un mauvais réglage d'une machine.
- ✓ **Conditions Environnementales** : Facteurs externes tels que l'humidité, la température, la poussière ou les vibrations qui peuvent affecter la performance. Par exemple, l'érosion des pales d'une turbine éolienne due au sable.
- ✓ **Conception Inadéquate** : Problèmes inhérents à la conception du système ou des composants, tels que des matériaux inappropriés ou des dimensions incorrectes. Par exemple, un joint mal conçu qui fuit sous pression.
- ✓ **Maintenance Insuffisante** : Manque de maintenance préventive ou corrective qui conduit à des défaillances. Par exemple, ne pas remplacer des filtres obstrués.

6. Conséquences des Défaillances

- ✓ **Coûts Financiers** : Réparations, remplacements, temps d'arrêt, pertes de production.
Exemple : Coût élevé pour réparer une machine essentielle en panne.
- ✓ **Sécurité** : Risques accrus pour la sécurité des travailleurs et du public.
Exemple : Risque d'accident en cas de défaillance d'un équipement de levage.
- ✓ **Qualité** : Réduction de la qualité des produits ou services.
Exemple : Production de pièces défectueuses due à des machines défaillantes.
- ✓ **Réputation** : Impact négatif sur la réputation de l'entreprise.
Exemple : Perte de clients en raison de la livraison de produits de qualité inférieure.

7. Conclusion

En conclusion, les défaillances sont des événements inévitables qui peuvent avoir un impact significatif sur les systèmes, les équipements et les processus. Comprendre les défaillances, leurs causes et leurs conséquences est essentiel pour garantir la fiabilité, la sécurité et la durabilité des systèmes.

Chapitre III

Les lois de fiabilité

1.Introduction

Les lois de fiabilité sont des concepts fondamentaux utilisés pour étudier le comportement des systèmes, des composants et des processus en termes de défaillance et de durée de vie. Elles fournissent un cadre mathématique pour comprendre et modéliser la fiabilité des systèmes, ce qui est essentiel pour assurer leur bon fonctionnement et leur sécurité.

Ces lois sont largement utilisées dans de nombreux domaines, tels que l'ingénierie, la gestion des opérations, la maintenance et la gestion des risques. Elles permettent aux ingénieurs et aux gestionnaires de prendre des décisions éclairées sur la conception, la maintenance et l'exploitation des systèmes, en tenant compte des probabilités de défaillance et de la durée de vie des composants.

Les lois de fiabilité les plus couramment utilisées comprennent la loi de la défaillance exponentielle, la loi de Weibull, ...etc. Chacune de ces lois a ses propres applications et implications, et peut être utilisée pour modéliser différents aspects de la fiabilité des systèmes.

Dans ce chapitre, nous explorerons ces lois en détail, en examinant leurs principes de base, leurs applications et leurs limites. Nous verrons comment ces lois peuvent être utilisées pour améliorer la fiabilité des systèmes, réduire les risques de défaillance et optimiser les performances globales des équipements et des processus.

2. Loi exponentielle

La loi exponentielle est une loi simple ayant un seul paramètre et généralement utilisée pour modéliser des données de fiabilité. La loi exponentielle est en fait un cas particulier de la loi de Weibull où $\beta = 1$.

La loi exponentielle constitue un modèle idéal pour la phase d'un produit ou sa durée de vie lorsque le risque de défaillance est omniprésent, qu'il s'agisse d'un produit neuf, âgé d'un an ou de plusieurs années. En d'autres termes, il s'agit de la phase s'écoulant avant qu'il commence à vieillir et à s'user dans le cadre de l'application prévue.

- La loi exponentielle est souvent utilisée pour modéliser des composants électroniques qui, en général, ne s'usent pas durant toute la durée de vie du produit dans lequel ils sont installés, et bien au-delà. Il s'agit par exemple de composants de circuits intégrés de haute qualité comme des diodes, des transistors, des résistances et des condensateurs.

- La loi exponentielle est également considérée comme un excellent modèle pour la longue période "plate" (relativement constante) de risque de défaillance faible qui caractérise la partie intermédiaire de la courbe "en baignoire". Cette phase correspond à la durée de vie utile du produit. Elle correspond à la partie "défaillance intrinsèque" de la courbe.

- Toutefois, la loi exponentielle ne doit pas être utilisée pour modéliser les composants mécaniques ou électriques censés montrer une fatigue, une corrosion ou une usure avant la fin de la durée de vie prévue du produit, comme les roulements à billes, ou certains lasers ou filaments.

La loi exponentielle se caractérise essentiellement par son absence de mémoire. Cette dernière indique que la durée de vie restante d'un composant ne dépend pas de l'âge qu'il a actuellement. Par exemple, un système qui fait l'objet d'une usure normale et qui présente de ce fait plus de risques de défaillances par la suite n'est pas sans mémoire. Par conséquent, cette loi doit être utilisée lorsque le taux de défaillance est constant pendant toute la durée de vie du produit. Le nombre de défaillances par unité dans le temps est généralement exprimé en pourcentage de défaillances par unité temporelle, tel que le pourcentage de défaillances par tranches de mille heures.(15)

Elle est particulièrement bien adaptée lorsque le taux de défaillance est constant. De ce fait, on

L'emploi dans le cas de matériels électrique ou électroniques et pour les systèmes mécaniques

Lors de leur période maturité.

L'espérance mathématique est $E(t) = 1/\lambda(t)$, [III.1]

Et son expression est $R(t) = e^{-\lambda t}$ [III.2]

Représente l'allure de la fiabilité en fonction du temps. Voir figure suivante :

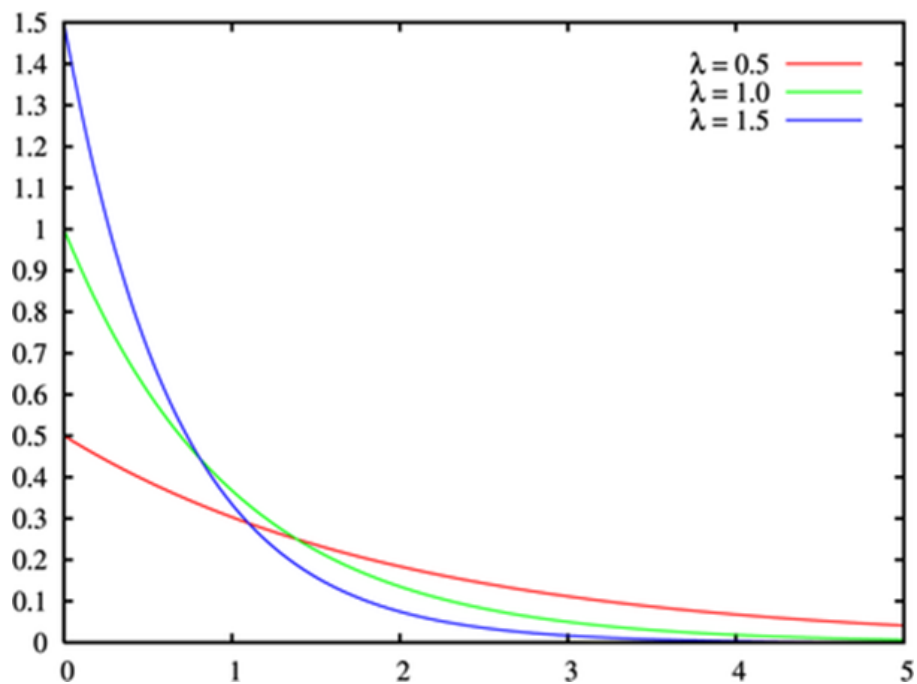


Figure III.02 la loi exponentielle

Sur papier semi-logarithmique $R(t)$ devient $\log R(t)$ et le nuage de points correspondant au TBF ajustable par une droite prouve que le taux de défaillance est constant.

A cette fonction $R(t)$ est associée une fonction

$$\mathbf{F(t) = 1 - R(t)} \quad \mathbf{[III.3]}$$

Dite fonction de réparation. Elle représente en quelque sorte la probabilité, en fonction du temps, de connaître une défaillance. (16)

La densité de probabilité $f(t)$ peut se définir comme la réparation probable des défaillances, appelée aussi distribution des défaillances :

$$\mathbf{f(t) = \lambda(t) \times R(t) = \lambda - e^{-\lambda t}} \quad \mathbf{[III.4]}$$

Le taux de défaillance est quant à lui :

$$\mathbf{\lambda(t) = f(t)/R(t)} \quad \mathbf{[III.5]}$$

3.Loi normale

Les applications industrielles génèrent souvent des données distribuées normalement. Toutefois, la loi normale n'est pas utilisée pour modéliser les données de fiabilité aussi souvent que les autres lois, en partie parce que son côté gauche s'étend jusqu'à une infinité négative, ce qui peut entraîner une modélisation incorrecte des temps avant défaillance négatifs. La plupart des données de fiabilité sont modélisées à l'aide de lois pour les variables aléatoires positives comme la loi exponentielle, la loi de Weibull, la loi gamma et la loi log-normale. Par conséquent, un nombre inférieur d'applications utilisent la loi normale comme modèle pour la durée de vie de produits. Cependant, si la moyenne des données est supérieure à 0 et que la variation est relativement faible, la loi normale peut être utile pour modéliser certains types de données sur la durée de vie. Notez que la loi normale se rapproche sensiblement de la loi de Weibull lorsque $3 < \beta < 4$. (17)

La loi normale permet parfois de modéliser la durée de vie de produits consommables, auquel cas le risque de défaillance est toujours croissant. Les dispositifs électriques à filament comme les ampoules à incandescence et les résistances d'un grille-pain sont des exemples

d'appareils dont les données de défaillance peuvent suivre une loi normale. La résistance d'un collage dans les circuits intégrés constitue un autre exemple.

La loi normale décrit bien le comportement de systèmes complexes dont les probabilités de défaillance s'additionnent ; c'est une conséquence du théorème central limite. Le taux de défaillance λ est croissant, ce qui correspond à un système avec usure.

Si l'on appelle Φ la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite, alors la fonction de

Fiabilité est de la forme :

$$R(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad \text{[III.6]}$$

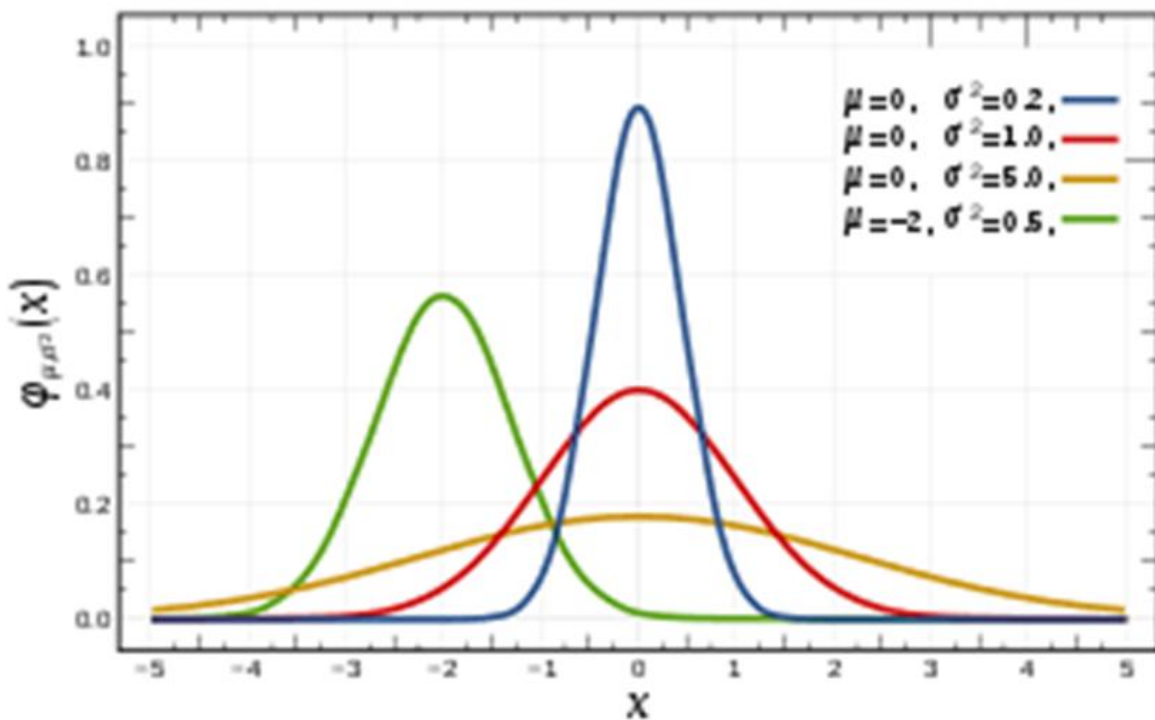


Figure III.03: la loi normale

4. La loi binomiale

Elle permet d'évaluer le nombre d'éléments défectueux d'un échantillon prélevé dans une population dont on connaît la probabilité de défaillance. (18)

Avec les paramètres de signification :

$$P(x = k) = C_n^k \times P^k \times (1 - P)^{(n-k)} \text{ avec } C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! \times k!} \quad [\text{III.7}]$$

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

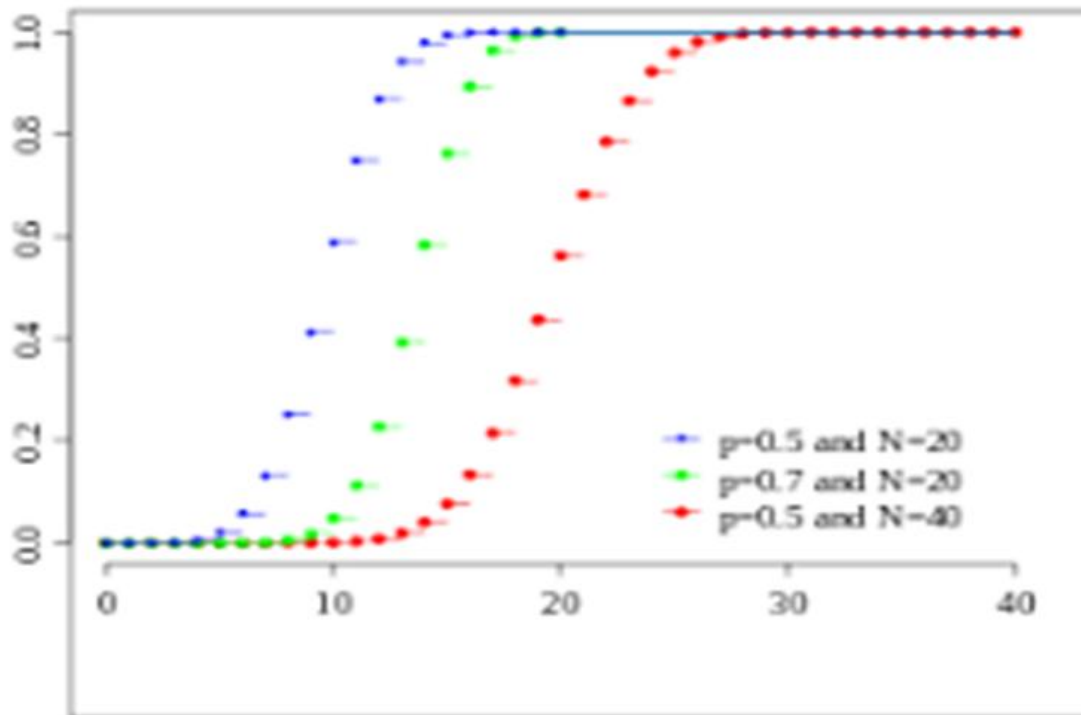


Figure III.04 : la loi binomiale

5. La loi de Weibull

La loi de Weibull est une loi de probabilité continue utilisée en fiabilité pour modéliser la durée de vie des composants et des systèmes. Elle a été proposée par Waloddi Weibull dans les années 1950 et est largement utilisée dans divers domaines, notamment l'ingénierie, les sciences de la fiabilité et les statistiques.

La loi de Weibull est particulièrement utile car elle peut représenter une variété de formes de distributions de durée de vie, ce qui en fait un outil flexible pour modéliser différents types de défaillances. Elle est souvent utilisée pour décrire la durée de vie des composants mécaniques, électriques et électroniques, ainsi que pour analyser les données de fiabilité expérimentales.(19)

La fonction de densité de probabilité (f.d.p) de la loi de Weibull est donnée par :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad \text{[III.8]}$$

La loi de Weibull peut être utilisée pour estimer la probabilité de défaillance d'un composant à un certain moment, ainsi que pour calculer des quantiles de la distribution de durée de vie. Elle est souvent ajustée aux données de durée de vie observées à l'aide de méthodes statistiques pour estimer les paramètres k et λ et pour évaluer la fiabilité des composants et des systèmes

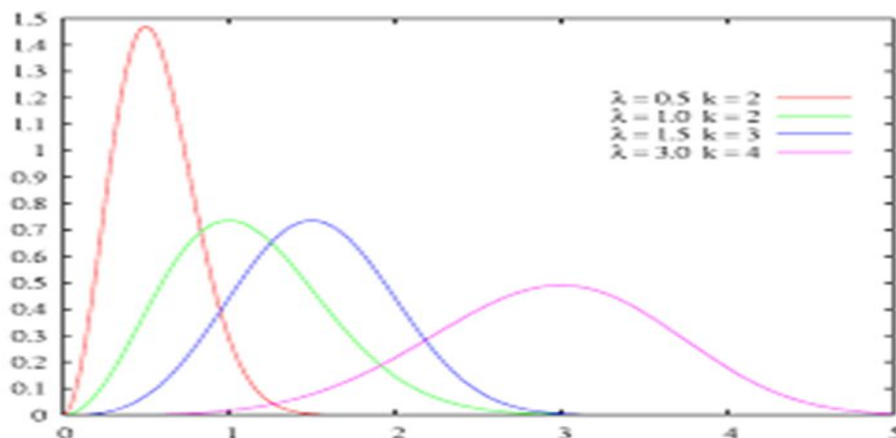


Figure III.05 : la loi de weibull

7. Conclusion

En conclusion, les lois de fiabilité jouent un rôle crucial dans la compréhension et la gestion des performances des systèmes et des composants. Elles fournissent un cadre mathématique et statistique pour modéliser les comportements de défaillance, permettant ainsi aux ingénieurs et aux gestionnaires de prendre des décisions éclairées sur la conception, la maintenance et l'exploitation des systèmes.

Partie pratique

Chapitre IV

Etude de cas

(Broyeur, Four,

Concasseur)

1. Présentation de l'entreprise

La société des ciments de TEBESSA est un ex-projet de SNMC qui à été individualisé le (27/12/1982) pour un montant global de 1.132.800.000DA et une capacité de 525.000 tonnes de ciment par an.

Les démarches entreprises, à l'époque, auprès des constructeurs étrangers pour sa réalisation, se sont étalées jusqu'à 1988.

Elles ont été sanctionnées par des contrats de réalisation rejetés par la commission nationale des marchés pour non-conformité aux procédures réglementaires.

Le coût de projet estimé initialement à 1.132.800.000 DA à été réévalué à 4.469.100.000DA ; sa réalisation qui à duré 4 ans, s'est fait en plusieurs lots sous-traités à des entreprises nationales .comme :

- COSIDER pour le génie civil
- BATIMETAL pour la fabrication et montage de la charpente métallique.
- ENCC et ETTERKIB pour le montage des équipements mécaniques et étrangères comme MERLINGERIN (France) pour la partie ingénierie, la fourniture des équipement et le montage électrique.

Sur l'initiative des fonds de participation chimie, pétrochimie; le projet à été érigé en filiale le 18/11/1999 est devient SOCIETE DES CIMENTS DE TEBESSA par abréviation SCTEPE SPA doté d'une capacité sociale de 800.000.000 DA au quel souscrit :

- ERCE 60%
- ERCO 20%
- ECDE 20%

Opérationnelle depuis le premier trimestre 1994, cette nouvelle société à achevé les travaux du projet et à procédé à la mise en service de la cimenterie selon le calendrier suivent :

- 11/10/1994 allumage du four

- 13/10/1994 première production du clinker

- 14/01/1995 première production du ciment

Les premiers vents de ciments ont été entamés à partir du mois de mars 1995.

2 .Présentation de l'unité

La cimenterie d'EL MALABIOD (W- TEBESSA) est une entreprise publique économique SPA, situé à 26 Km au sud du centre de la wilaya, son capital social est de 800.000.000 DA, consiste dans une ligne technologique à voie sèche .

Les matières premières sont des ressources naturelles se trouvant dans un rayon de 10 Km de l'usine et assurent un fonctionnement au rythme actuel de plus de 100 ans. Seul le minerai de fer et le gypse proviennent respectivement des mines de L'ouenza et de Djbel onk.

Elle participe actuellement à l'emploi de plus de 400 ouvriers qui renforce le marché national de plu de 525 000 tonnes /an de ciment gris CPJ45.

Elle est dotée d'une technologie très avancée notamment en matière de système de conduite et de système de dépoussiérage, ce qui préserve la région de tout danger de pollution.

Quant à ses perspectives de développement, la société des ciments de TEBESSA compte finaliser le dossier de deuxième ligne de production et celui de la bretelle ferroviaire afin de concrétiser l'idée du projet de cimenterie d'un million de tonnes par an.

La cimenterie est certifiée par AFAQ en ISO 9002 , et ISO 9001 l'an 2000 et œuvre pour décrocher le certificat ISO 14001 de l'environnement l'an 2006.

2.1 .Situation géographique

La société du ciment (**Elma-Labiod (Tébessa)**) se trouve à 27 Km au nord de la wilaya de **Tébessa**, et a 2 Km au sud de la daïra **Elma-Labiod** .



Figure IV.06 : La situation géographique de la société

2.2.Matières premières

Les matières premières sont extraites des carrières pour faire partie intégrante de la fabrication de ciment et qui sont :

1. Le calcaire

Le calcaire est extrait à partir de la mine pour être stocké aux alentours du concasseur, une fois le tas contrôlé (évités les hors gabarits ; roche > 2m) le calcaire est transporté par des camions de 35 tonnes à la trémie d'alimentation du concasseur, sous laquelle est installé un alimentateur à tablier métallique qui alimente le concasseur en calcaire.

2 .L'argile

L'argile est extraite par ripage un tas est constitué au niveau de la carrière est analysé chimiquement avant d'être transporté par des camions à la trémie d'alimentation du concasseur

d'argile, au fond de la trémie est installée un tablier métallique qui alimente le concasseur d'argile, il s'agit d'un concasseur à cylindre.

L'argile concassée est stockée dans un hall de stockage sous forme de tas de 7000 tonnes pour chacun.

3 . Le sable

Le sable est extrait par chargeuse ; un tas est constitué au niveau de la carrière et analysé chimiquement avant d'être transporté vers le concasseur des ajouts ou il est concassé comme le minerai de fer et le gypse et sont stockés sous forme de tas de 3000 tonnes dans un hal de stockage des ajouts.

4 . Le minerai de fer

Ramener par des camions des mines d'ouenza et de Boukhadra.

5. Le gypse

Transporte par des camions des carrières du complexe minier djebel onk et de L'aouinet

2.3. Procédure de travail

D'après les tournées et visites effectuées au niveau de la société de ciment EL Ma Labiod, la procédure de fabrication appliquée dans cette société comprend plusieurs étapes à savoir

(Figure N°07):

- Ramener les matières premières
- Concasser ces matières par 3 concasseurs (ajouts ;argile ;calcaire)
- Broyer les matières principales par un pourcentage spécifique
- Sécher la farine par une cuisson (four long)
- Stockage et expédition de ciment

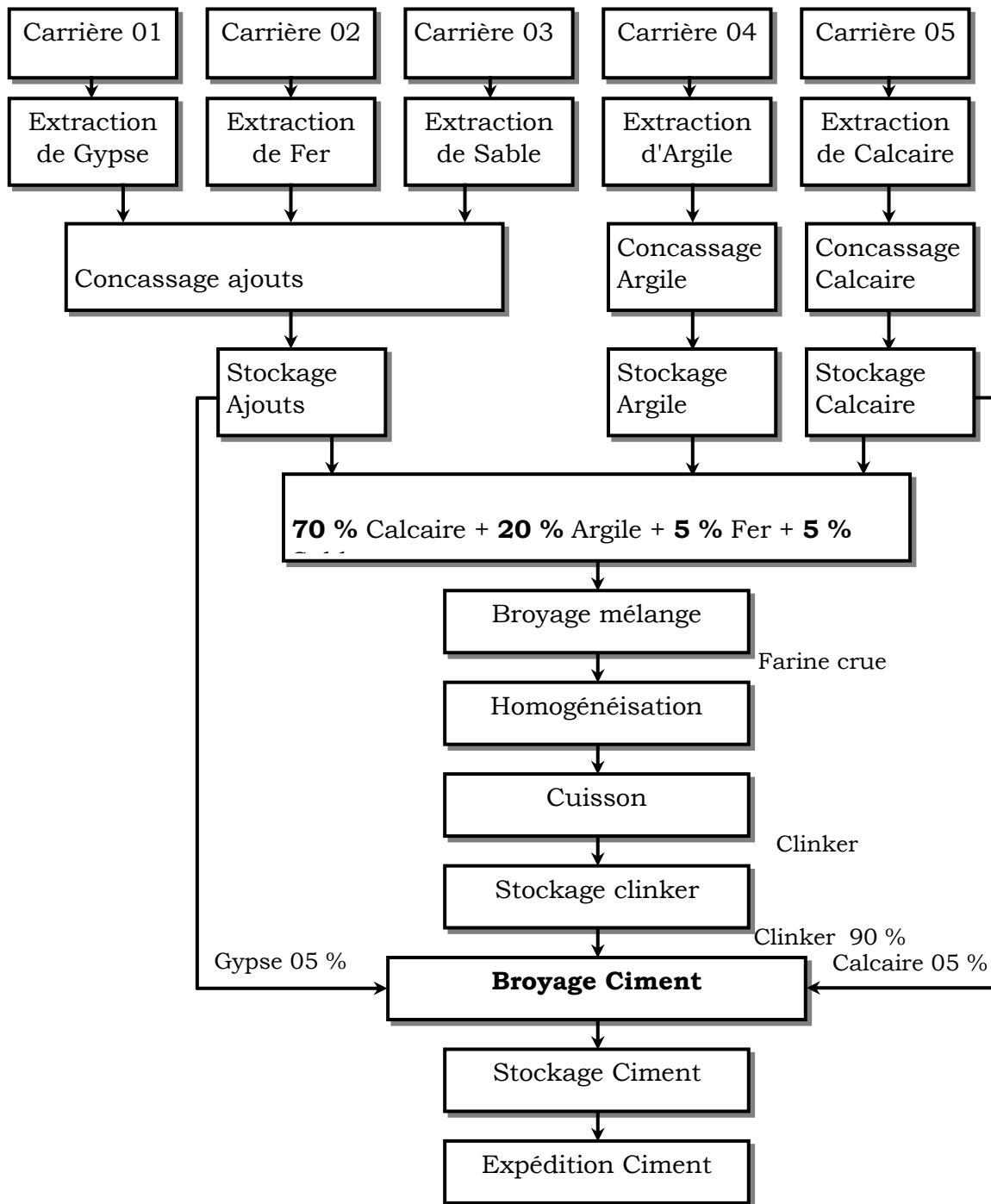


Figure IV.07 : Schéma du principe de fabrication de ciment

3. Structure de maintenance au sein de la Cimenterie

Est organisé de la manière suivante :

A sa tête hiérarchique un chef de département qui est sous l'autorité directe du chef de division maintenance, qui dirige et coordonne avec des Responsables de services qui sont :

- Le chef service de CMR
- Le chef service de BEM
- Le chef service d'ATC
- Le chef service d'Electricité
- Le chef service de Mécanique

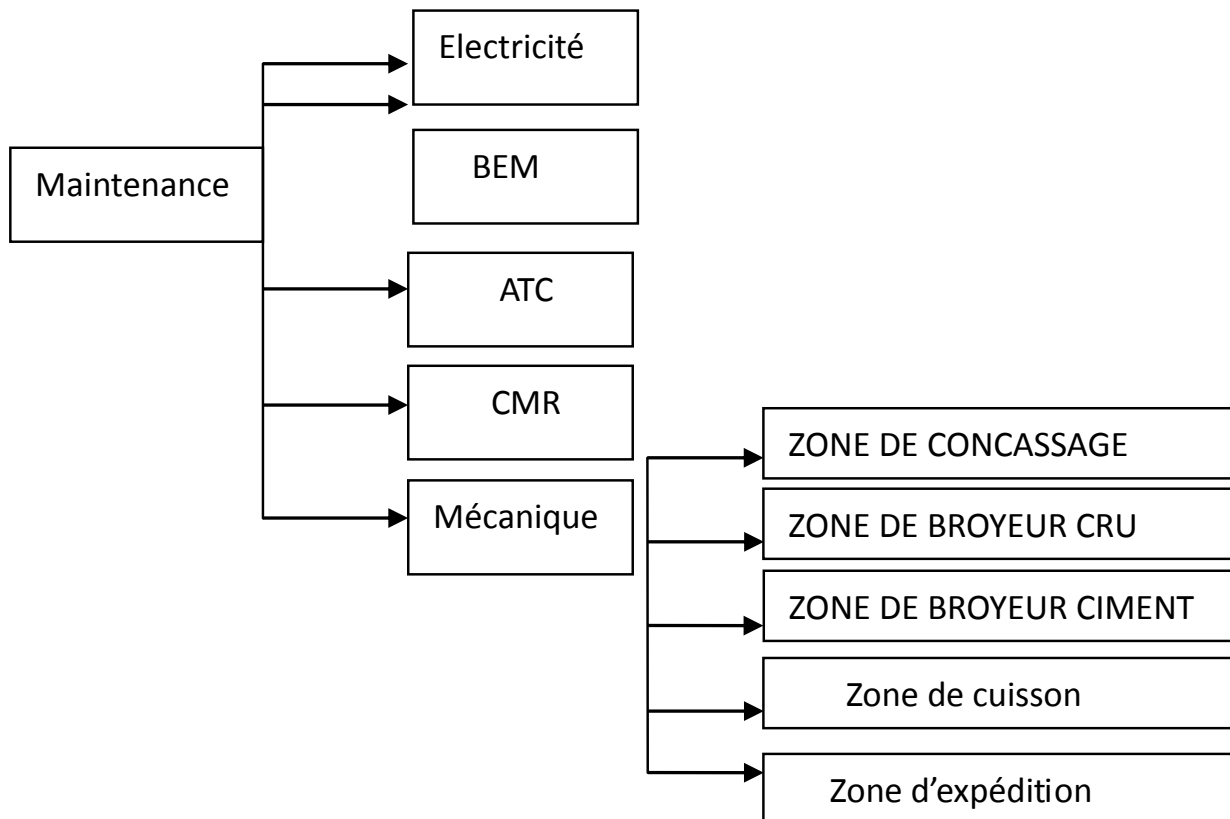


Figure IV.08 : Schéma Organisation de la division maintenance

4. Les engins

Tableau IV.02: Engins disponibles au niveau de la société

Engin	Nombre
Camions	4
Chargeuse	2
Concasseur	3
Broyeur	2
Four	1
Emballeuse	1

5. Conclusion

Cette partie sur la présentation générale de l'entreprise fournit une description complète, de ses activités, de son organisation et de son environnement. Il fournit des informations sur l'historique de l'entreprise, sa mission, ses valeurs, ses produits et services, sa structure organisationnelle. La présentation générale de l'entreprise est utile pour les parties prenantes qui cherchent à comprendre l'organisation et son fonctionnement.

6. Etude statistique

6.1. Concasseur

Dans la société ; il existe trois concasseurs (1 à cylindre ; 2 à marteaux)



Figure IV.09 : Concasseur à marteaux

Dans notre étude nous avons choisi le concasseur N=02 à marteaux EV
200X200: 500 t/h qui concasse le calcaire

Tableau IV.03 :Historiques des pannes de concasseur N=02

Historique des panes								
Engin	Années	Heure de Marche	Heure d'arrêt	Nombre de pannes	Nature de panne			
					MEC	CMR	ELC	Autres
Concasseur N=02	2017	5700	553.5	6	337	4	58	154.5
	2018	5274.5	565,5	3	275	0	80	210,5
	2019	5309	1148,5	7	0	50	381	717,5
	2020	5222.5	1186,5	18	0	80	455	651,5
	2021	2897	4733	23	2400	5	1200	1128
	2022	6154.5	2475,5	32	1055	0	400	1020,5
	2023	3012.5	1403,5	6	0	10	180	213,5
TOTALE	7 années	30570	12066	95	4067	149	2754	4096

6.1.1. Etude d'heure d'arrêt par nature de panne

En se basant sur les heures d'arrêt et la nature de pannes de production durant les 07 dernières années, le présent graphe a été tracé

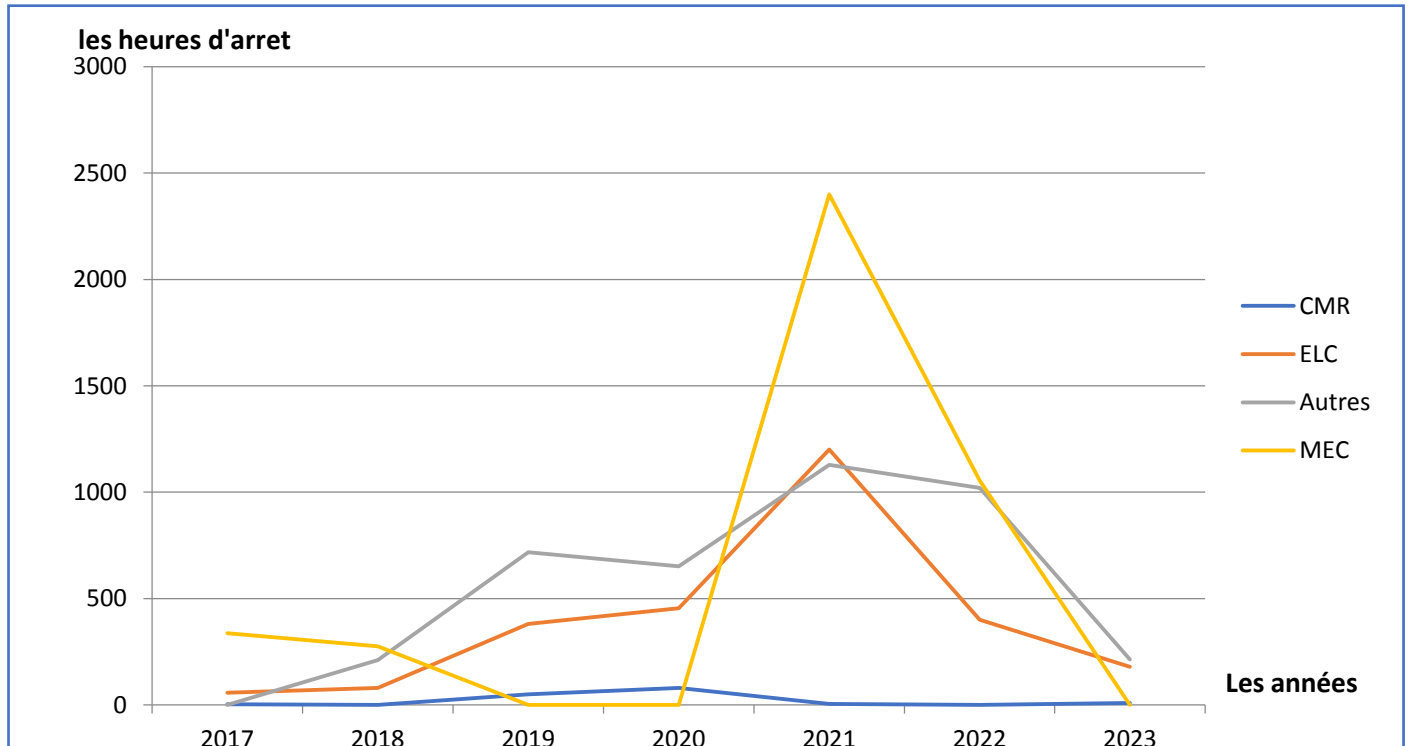


Figure IV.10: Evolution du temps d'arrêt de concasseur

Discussion de résultats

Le graphe représente les heures d'arrêts et la nature de pannes de concasseur étudié pendant 7 ans. D'après le graphe, on constate :

-Les pannes mécaniques ont été la principale cause d'arrêt en 2017 ; 2018, avec 337 et 275 heures d'arrêt. Cependant, cette catégorie a diminué considérablement pendant les années (2019,2020) puis les heures d'arrêt croient jusqu' à 2400 heure pour l'année 2021 et 1055 heures pour l'année 2022 atteignant un niveau presque nul après cette années.

-Les pannes électriques ont montré une augmentation régulière jusqu'en 2020, atteignant un pic de 80 heures d'arrêt. Par la suite, elles ont diminué pour atteindre 10 heures d'arrêten 2023.

-Les pannes CMR (CONTROLE/MESURE/REGULATION) ont été relativement stables au cours des années, avec une légère diminution de 2019 à 2020, puis une augmentation jusqu'en 2021. Elles ont ensuite diminué en 2022 et 2023.

-Les autres pannes, ont montré une fluctuation générale avec une augmentation significative en 2019 et une diminution en 2020. Elles ont atteint un pic de 1128 heures d'arrêt en 2021 avant de diminuer à nouveau.

6.1.2. Etude du nombre des pannes par nature

En se basant sur le nombre et la nature des pannes de concasseur, le présent graphe a été tracé

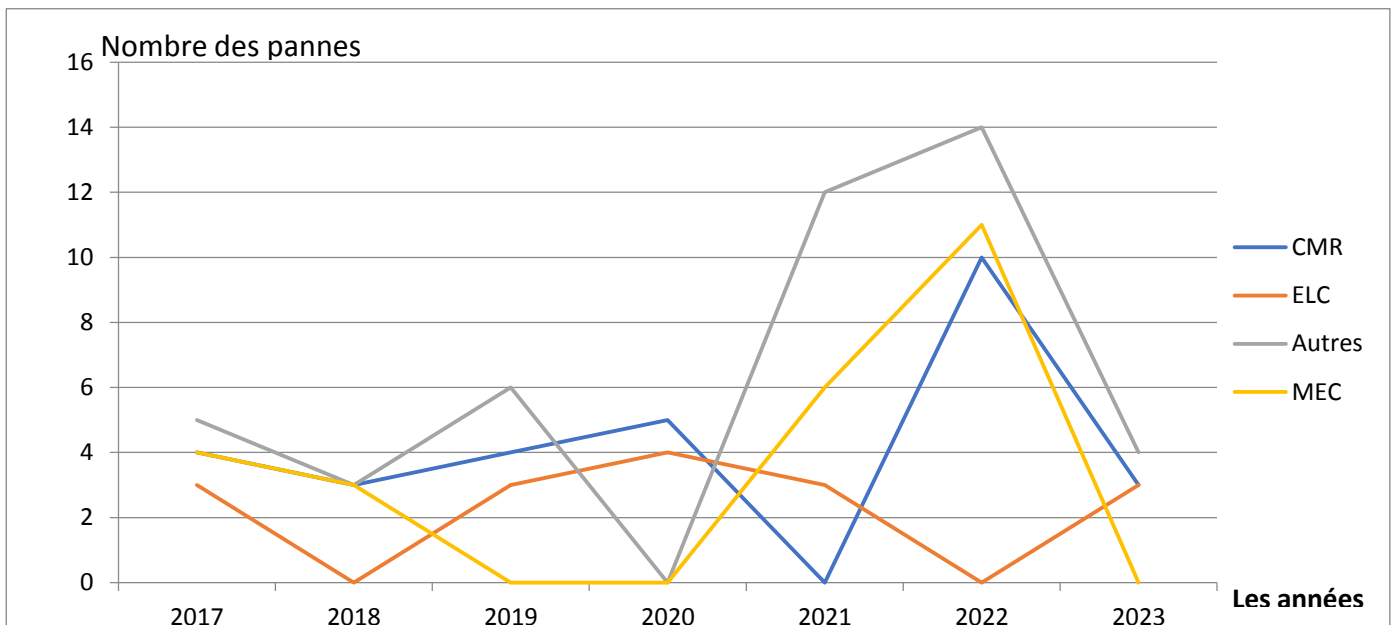


Figure IV.11: Evolution du nombre des pannes de concasseur

Discussion des résultats

Le graphe représente les heures d'arrêts et la nature des pannes de concasseur . D'après le graphe, on constate que :

-Les pannes mécaniques ont montré une augmentation progressive jusqu'en 2022, atteignant un sommet de 10 pannes durant cette année, puis elles ont diminué à zéro en 2023.

-Les pannes électriques ont connu des fluctuations d'une année à l'autre, avec une faible augmentation de 2018 à 2020 (4 pannes), puis une diminution en 2021 et 2023(2 pannes).

-Les pannes CMR ont également montré des fluctuations, avec une augmentation générale jusqu'en 2022, atteignant un sommet de 8 pannes cette année-là, puis une légère diminution en 2023.

-Les autres pannes ont augmenté de manière significative d'année en année, atteignant un pic en 2022 avec 14 pannes, puis elles ont diminué légèrement en 2023

6.2. Broyeur cru

Dans la cimenterie il y'a 2 broyeurs (cru ;ciment)



Figure IV.12 : Un broyeur cru

Dans notre étude nous avons choisi le broyeur cru Tirax Unidan 150 t/h

Tableau IV.04 : Historique de pannes broyeur cru Tirax Unidan 150 t/h

Historique des panes								
Engin	Années	Heure de Marche	Heure d'arrêt	Nombre de panes	Nature de panne			
					MEC	CMR	ELC	Autres
Broyeur	2017	5274.5	540.5	3	330	4	56	150.5
	2018	5049	790,5	5	450	0	91	249,5
	2019	5309	1148.5	7	155	0	35	30,5
	2020	5222.5	1068	24	700	10	120	238
	2021	2897	1251	24	710	0	155	386
	2022	6154.5	1698	27	900	0	118	680
	2023	1012.5	682.5	7	400	0	0	282.5
TALE	7 années	30919	7178.5	97	3645	14	575	2017

6.2.1 Etude d'heure d'arrêt par nature de panne

N.B : (Nous suivons la même procédure pour cet équipement)

En se basant sur les heures d'arrêt et la nature de pannes de broyeur cru Tirax Unidan 150 t/h de production durant les 07 dernières années, nous avons élaboré le graphe suivant

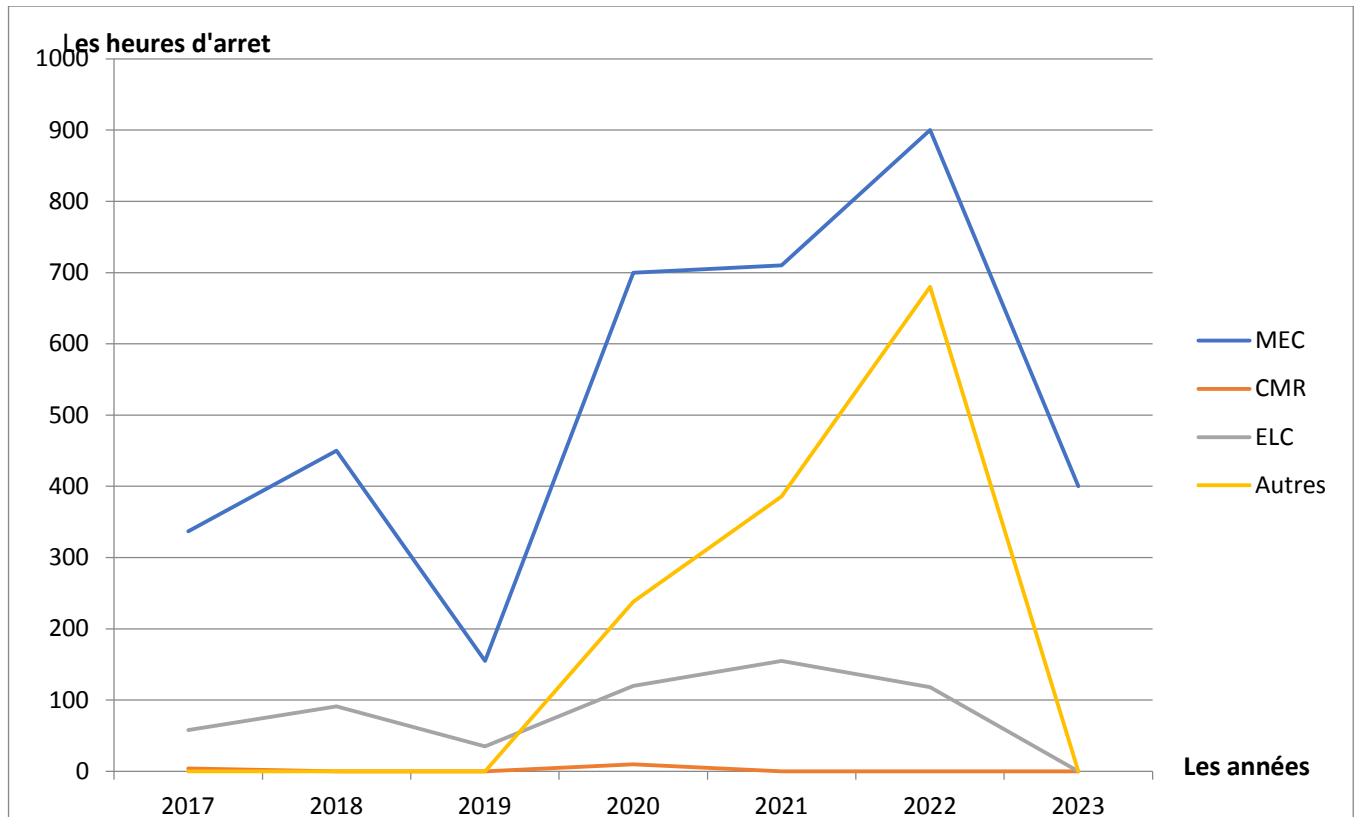


Figure IV.13 : Diagramme Evolution du temps d'arrêt de broyeur cru

Discussion des résultats

Selon ce graphe on constate que :

-Les heures d'arrêt pour les pannes mécaniques ont augmenté de manière générale de 2017 à 2022, atteignant un pic en 2022 avec 900 heures d'arrêt, puis ont diminué en 2023.

-Les pannes électriques ont montré des valeurs relativement faibles et stables au cours de toutes les années, à l'exception de 10 heures d'arrêt en 2020.

-Les heures d'arrêt pour les pannes CMR ont connu des fluctuations d'une année à l'autre, atteignant un maximum en 2021 avec 155 heures d'arrêt.

-Les autres pannes ont montré une augmentation significative de 2017 à 2022, atteignant un sommet en 2022 avec 680 heures d'arrêt, puis ont diminué en 2023

6.2.2. Etude du nombre des pannes par nature

En se basant sur le nombre et la nature de panne de broyeur cru Tirax Unidan 150 t/h de production durant les 07 dernières années, le présent graphe a été tracé

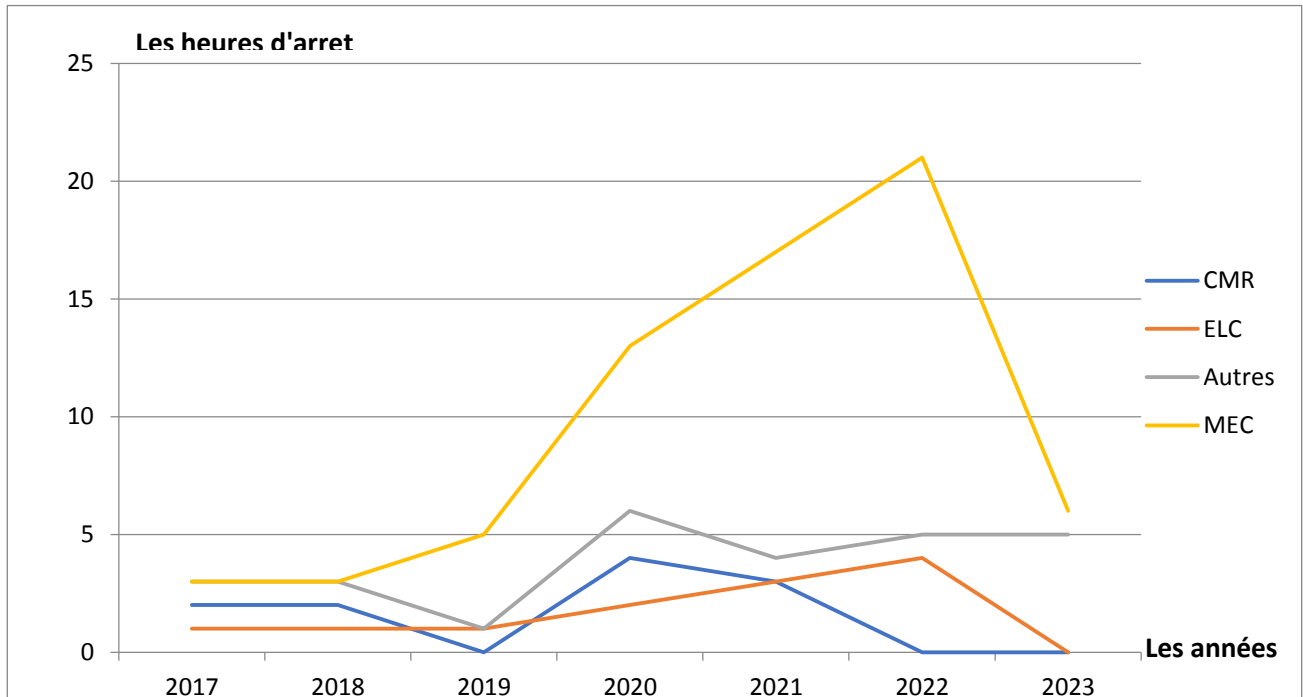


Figure IV.14 : Evolution du nombre des pannes de broyeur

Discussion des résultats

Le graphe (fig.14) représente le nombre des pannes par nature de broyeur cru Tirax Unidan 150 t/h pendant 7 ans. D'après le graphe, on constate que

- Les pannes mécaniques ont montré une tendance générale à la hausse, atteignant un sommet en 2022 avec 21 pannes, puis diminuant légèrement en 2023.

- Les pannes électriques ont été relativement stables avec peu ou pas de pannes signalées dans toutes les années, à l'exception d'une panne en 2020 avec une seule panne.

- Les pannes CMR ont montré une certaine variabilité d'une année à l'autre, avec une légère augmentation en 2020(4 pannes) et une diminution progressive par la suite.

-Les autres pannes ont également montré une certaine variabilité de 1 à 6 pannes, avec une augmentation en 2020, une diminution en 2021, puis une augmentation à nouveau en 2022 et une diminution en 2023 .

Passons au 3^{ème} équipement , qui représente un maillon crucial dans la chaîne technologique du processus de fabrication du ciment qui est le four(figN°15)

6.3.Four

La cimenterie contient un seule four



Figure IV.15 : Le four

6.3.1 Etude d'heure d'arrêt par nature de panne

Tableau IV.05 : Historique de pannes du four

Historique de panes								
Engin	Années	Heure de Marche	Heure d'arrêt	Nombre de pannes	Nature de panne			
					MEC	CMR	ELC	Autres
Four	2017	5700	519,5	6	320	7	48	144,5
	2018	5366	484	4	54	0	155	275
	2019	5353,5	590,5	6	30	12	70	478,5
	2020	4674	1519	12	0	20	600	899
	2021	4989,5	820	7	212	0	277	331
	2022	3887,5	1952,5	13	1000	44	70	838,5
	2023	728,5	215,5	2	0	0	0	215,5
TALE	7 années	30699	6101	50	1616	80	1220	3182

6. 3.1 Etude d'heure d'arrêt par nature de panne

En se basant sur les heures d'arrêt et la nature de pannes de four de production durant les 07 dernières années, nous avons élaboré le graphe suivant

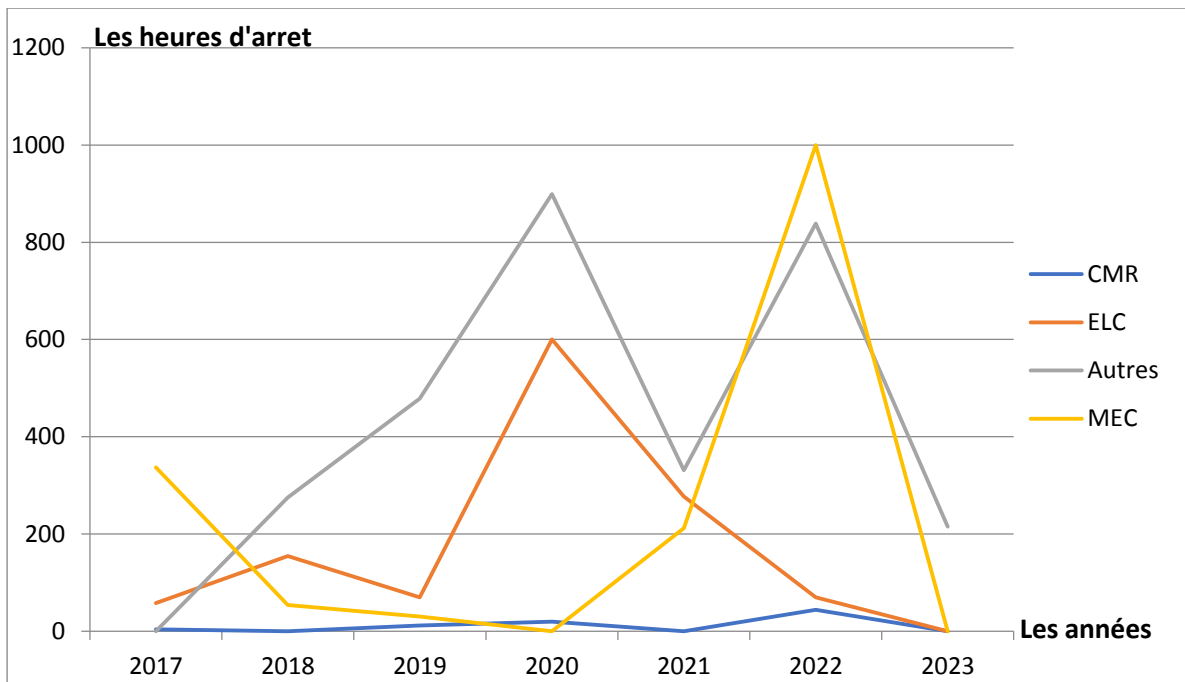


Figure IV.16 : Evolution du temps d'arrêt de four

Discussion des résultats

Le graphe représente les heures d'arrêts et la nature des pannes de four pendant 7 ans. D'après le graphe, on constate que :

- Les heures d'arrêt pour les pannes mécaniques ont montré une certaine variabilité d'une année à l'autre, avec des valeurs relativement faibles dans la plupart des années. L'engin atteint le pic en 2022.
- Les heures d'arrêt pour les pannes électriques ont montré une augmentation des nombres d'heures quantifiées à 12 en 2019, à 20 heures en 2020 puis atteint 44 heures en 2022.
- Les heures d'arrêt pour les pannes CMR ont connu une augmentation significative en 2020 (600 heures), puis ont montré une diminution.
- Les heures d'arrêt pour les autres pannes ont atteint un sommet en 2020 (899 heures), puis ont montré une diminution en 2021 (331 heures) et 2023 (215.5 heures).

6. 3.2. Etude du nombre des pannes par nature

En se basant sur le nombre et la nature de panne de four de production durant les 07 dernières années, le présent graphe a été tracé

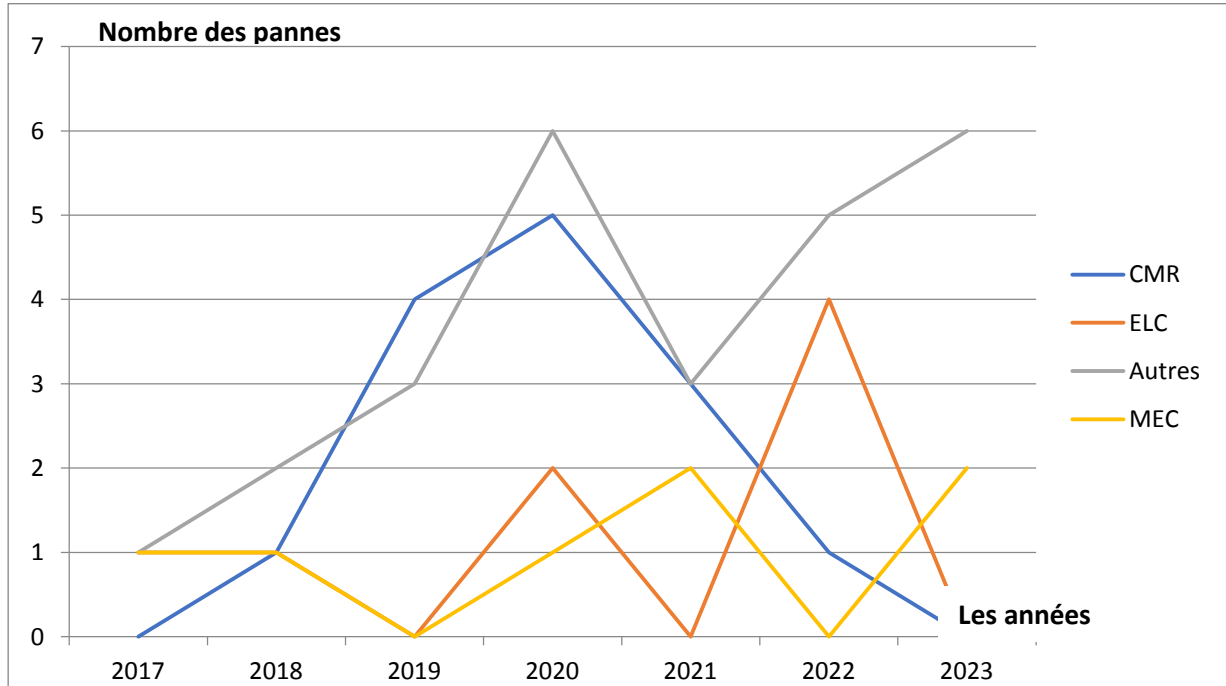


Figure IV.17 : Evolution des nombres des pannes de four

Discussion des résultats

Le graphe représente les nombres des pannes et la nature des pannes de Four Pendant 7 ans. D'après le graphe, on constate que :

-Les pannes mécaniques ont montré une certaine stabilité au fil des années, avec des valeurs relativement constantes, à l'exception d'une légère augmentation en 2022(2 pannes).

-Les pannes électriques ont également montré une stabilité globale, avec quelques fluctuations d'une année à l'autre.

-Les pannes CMR ont augmenté progressivement de 2017 à 2022(5 pannes), puis ont décliné en 2023.

-Les autres pannes ont montré une variabilité d'une année à l'autre sans tendance claire.

7. Les trois engins ensemble

En se basant sur les heures d'arrêt et la nature des pannes des trois engins de production ensemble durant les 07 dernières années, le présent tableau a été réalisé :

Tableau IV.06 : Les heures d'arrêts et la nature des pannes des trois engins

Engin	MEC	ELC	CMR	Autre
concasseur	3730	145	2696	3941,5
broyeur	3315	10	519	1866,5
Four	1296	76	1172	3037,5
Totale	8341	231	4387	8845,5

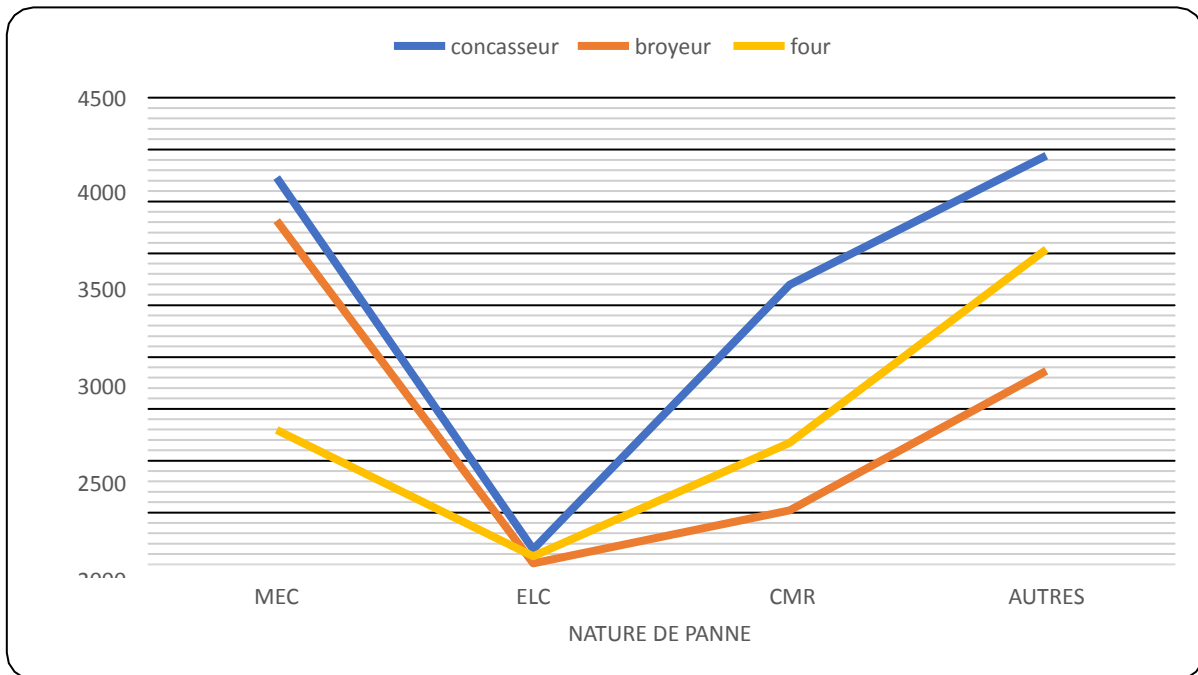


Figure IV.18 : Heures d'arrêt par nature des trois engins ensemble

Discussion des résultats

Le graphe représente les heures d'arrêts et la nature des pannes des trois engins ensemble pendant les 7 ans. D'après ce dernier, on constate que :

- Les heures d'arrêt causé par les pannes mécanique sont plus élevées pour le concasseur que le broyeur et le four. Le graphe met en évidence que le broyeur carrière est sujette à des problèmes mécaniques nécessitant un intérêt minutieux
- En ce qui concerne les arrêts dus à des problèmes électriques, le four enregistre le nombre le plus élevé d'heures d'arrêt avec 76 heures, tandis que le concasseur et le broyeur ne comptent que 145 heures et 10 heures respectivement. Cela indique que le concasseur est plus susceptible d'avoir des problèmes électriques par rapport aux autres engins.
- Pour les arrêts liés aux problèmes CMR , le concasseur enregistre le chiffre le plus élevé avec 2 696 heures, suivies par le broyeur avec 1172 heures et le four avec 519 heures. Cela montre que le concasseur et le broyeur rencontrent d'avantage de problèmes CMR que le four.
- En ce qui concerne les heures d'arrêt attribuées à d'autres raison le concasseur enregistre le chiffre le plus élevé avec 3 941,5 heures, suivies par le four avec 3 037,5 heures et le broyeur avec 1 866,5 heures. Ces chiffres indiquent qu'il y a une part importante d'heures d'arrêt pour des raisons non spécifiées, ce qui peut nécessiter une analyse plus approfondie pour identifier les causes exactes.
- Globalement, le total des heures d'arrêt pour les trois engins combinés est le plus élevé pour les problèmes non spécifiés, suivis par les problèmes mécaniques, CMR et électriques. Cela souligne l'importance de surveiller et de comprendre les raisons des arrêts pour chaque type d'engin afin de mettre en place des mesures correctives appropriées et d'améliorer la disponibilité opérationnelle

En se basant sur le nombre et la nature de pannes des trois engins de production pendant les 07 dernières années, le présent tableau a été réalisé

Tableau IV.07 : Etude nombre par nature de panne de trois engins ensemble

Engin	MEC	ELC	CMR	Autre
Concasseur	15	5	22	45
Broyeur	62	1	12	21
Four	5	7	12	21
Totale	82	13	46	87

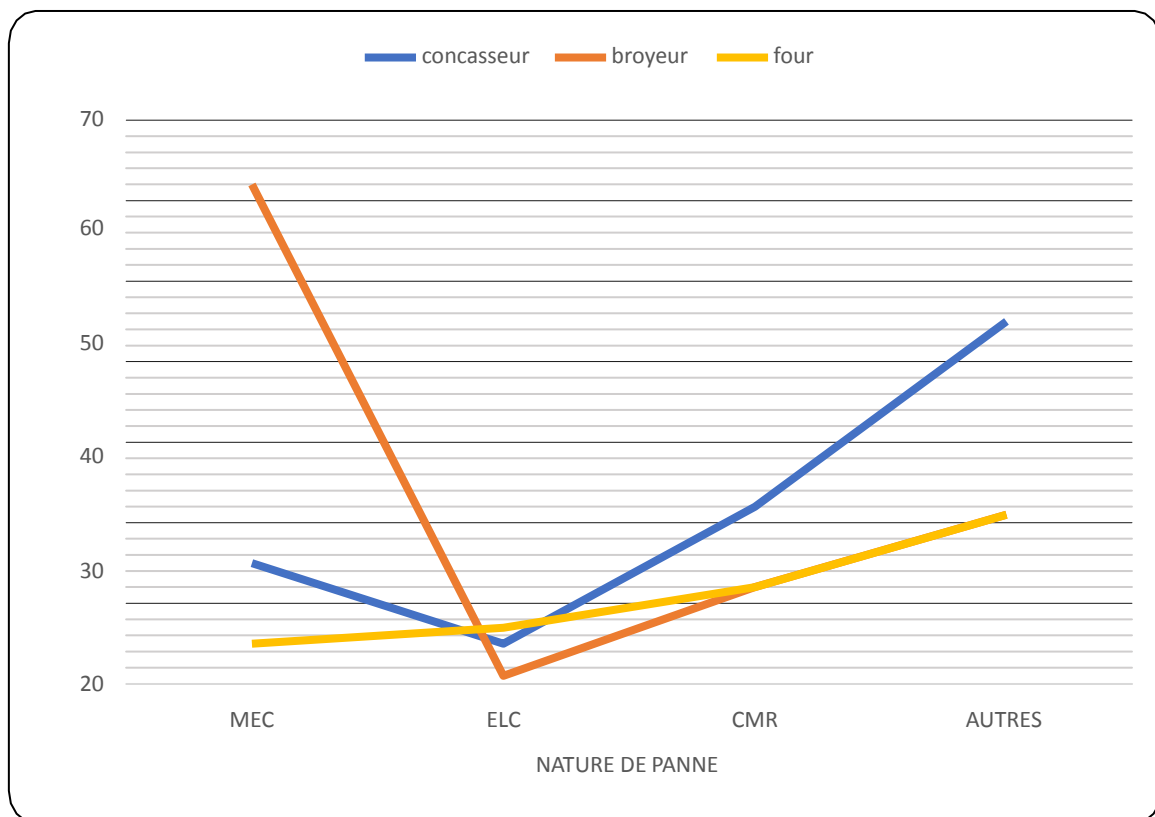


Figure IV.19 : Nombre et nature des pannes

Discussion des résultats

Le graphe représente le nombre et la nature des pannes de trois engins ensemble pendant 7ans. D’après le graphe, en constate que :

-Les pannes mécaniques sont plus fréquentes pour le broyeur, avec un total de 62 pannes, suivi du concasseur avec 15 pannes et du four avec 5 pannes. Cela signifie que le broyeur est plus sujet aux pannes mécaniques que les autres engins.

-En ce qui concerne les pannes électriques, le four enregistre le nombre le plus élevé avec 7 pannes, suivi du concasseur avec 5 pannes et du broyeur avec seulement 1 panne. Cela indique que le four est plus susceptible d'avoir des pannes électriques par rapport aux autres engins.

-Les pannes CMR sont plus fréquentes pour la concasseur, avec un total de 22 pannes, suivie du four avec 12 pannes et du broyeur avec 12 pannes. Cela montre que le concasseur rencontrent davantage de pannes CMR que le broyeur et le four.

En ce qui concerne les pannes non spécifiées, le concasseur enregistre le chiffre le plus élevé avec 45 pannes, suivie du four avec 21 pannes et du broyeur chacun. Ces chiffres indiquent qu'il y a une part importante de pannes non spécifiées, nécessitant une analyse plus approfondie pour identifier les causes exactes.

Globalement, le total des pannes pour les trois engins combinés est le plus élevé pour les pannes mécaniques, suivies des pannes CMR et électriques

8. Application de la loi de Pareto (loi des 20-80)

A partir des heures d'arrêt de l'ensemble des engins de production durant les 07 dernières années, on a réalisé le tableau suivant :

Tableau IV.08 : Statistique d'heures d'arrêt de l'ensemble des engins

NATURE Pannes	Heure D'arrêt	Classement	Heure D'arrêt	Heure D'arrêt%	% ECD	Classement ABC
MEC	7211	AUTRE	8845,5	40,19%	40,19%	A
ELEC	231	MEC	7211	32,77%	72,96%	A
CMR	5717	CMR	5717	25,98%	98,94%	B
AUTRE	8845,5	ELEC	231	1,04%	99,98%	C

En se basant sur ce qui précède, le présent graphe a été obtenu

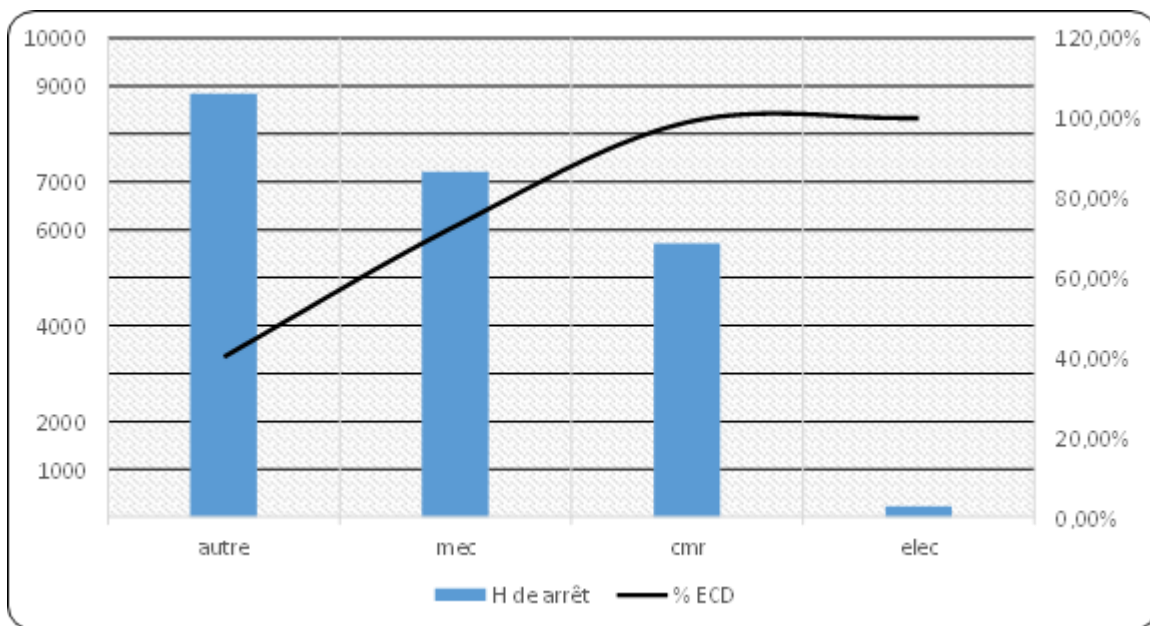


Figure IV.20 : Diagramme de pareto des engins(heure d'arrêt)

Analyse

En consultant le diagramme de Pareto (courbe ABC) on voit clairement que les pannes mécaniques dominent avec pourcentage 32.77% ce qui nécessite intérêt minutieux. Puis vient la panne CMR avec 25.98%. Enfin se classent les pannes électriques avec 1.04% classe C, nécessitant des interventions de moindre importance.

Pour le 2ème indice, c'est à dire, le nombre de pannes de l'ensemble des engins de production durant les 07 dernières années, on a réalisé le tableau suivant

Tableau IV.09 :Statistique nombre de panne d'ensemble des engins pendant 07ans

Nature de Pannes	Nombre De pannes	Classement	Nombre de pannes	N. P %	% ECD	Classement ABC
MEC	82	AUTRE	87	36,86%	36,86%	A
ELEC	13	MEC	82	34,75%	71,61%	A
CMR	54	CMR	44	22,88%	94,49%	B
AUTRE	87	ELC	13	5,51%	100,00%	C

En se basant sur ce qui précède, le présent graphe a été tracé

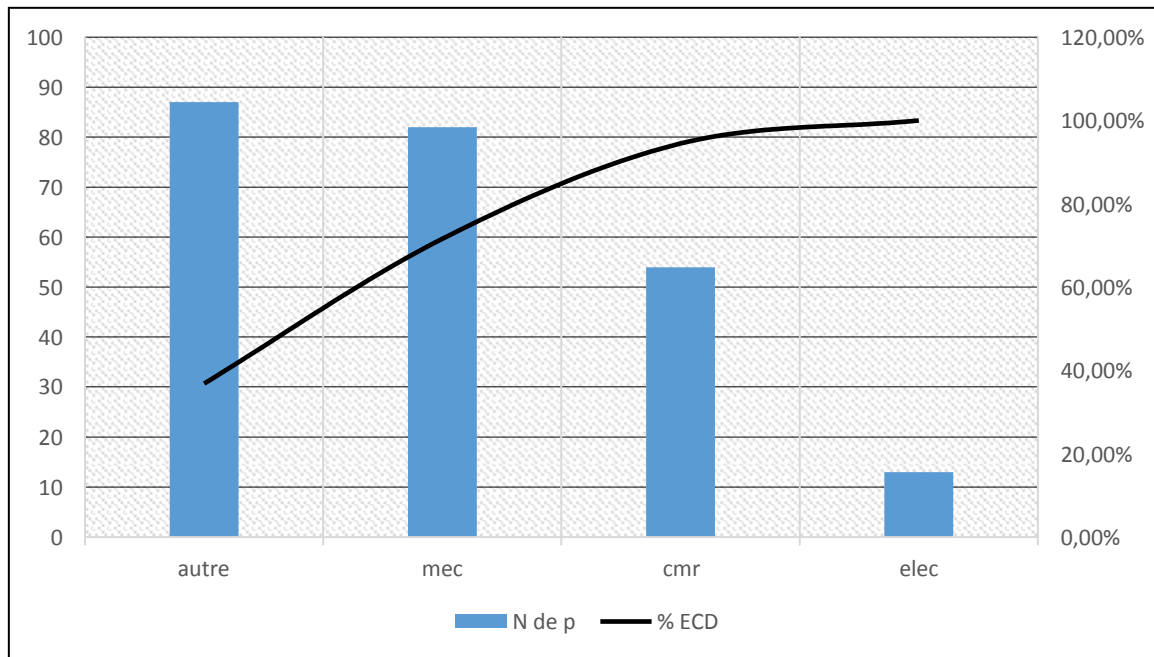


Figure IV.21 : Diagramme de pareto des engins(nombre des pannes)

Analyse

L'analyse du diagramme de Pareto (courbe ABC) révèle une prédominance des pannes mécaniques, représentant 34.75% de l'ensemble, ce qui nécessite une attention particulière. Ensuite, viennent les pannes CMR avec 22.28%. Les pannes électriques, quant à elles, représentent seulement 5.51% du total, ce qui nécessite des interventions de moindre importance.

Interprétation générale

D'après les analyses fournies, il semble que les catégories "AUTRES" et "MEC" soient les plus problématiques en termes de temps d'arrêt et de nombre de pannes. La catégorie "ELCT" est la moins problématique, tandis que la catégorie "CMR" se situe entre les deux en termes d'importance.

La catégorie "AUTRES" regroupe une variété de types de pannes, ce qui contribue à une augmentation du temps d'arrêt et du nombre de pannes. Cette diversité de pannes rend leur résolution plus complexe, car elles nécessitent souvent des connaissances spécialisées et des interventions spécifiques.

9. Application Ishikawa

Cependant, les pannes mécaniques se distinguent comme étant les plus importantes parmi les catégories analysées. Elles représentent une part significative des pannes d'importance élevée, tant en termes de temps d'arrêt que de nombre de pannes. Les pannes mécaniques peuvent avoir des conséquences graves sur les opérations, entraînant des temps d'arrêt prolongés et des coûts de réparation élevés.

Dans le contexte des pannes mécaniques, l'utilisation du diagramme d'Ishikawa permet de décomposer les causes en différentes catégories, à savoir la main-d'œuvre, la méthode, le matériel, le milieu et la matière. En identifiant ces causes (5M), des mesures correctives appropriées pour minimiser les pannes, améliorer la performance des équipements et augmenter la productivité.

Dans la prochaine étape, nous allons réaliser ce diagramme ,déterminer les causes des pannes mécaniques, en répartissant leurs causes dans (5M). Cela nous permettra d'analyser en détail les causes contribuant aux pannes et de développer des solutions ciblées pour chaque catégorie

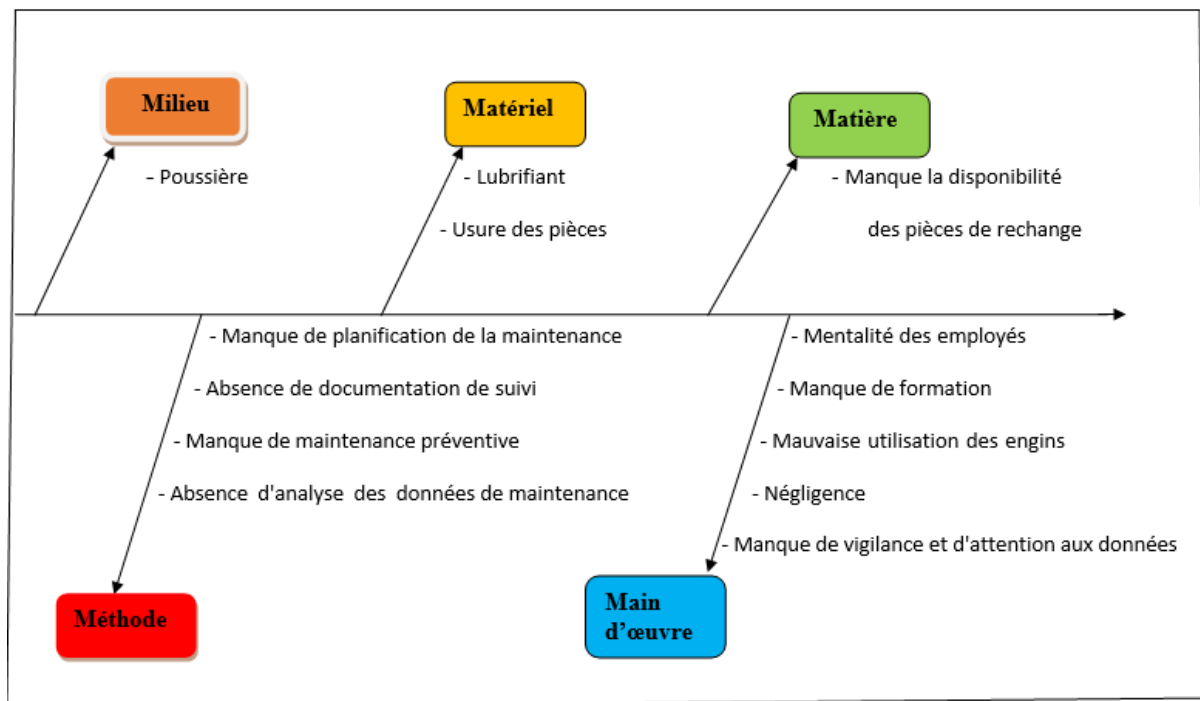


Figure IV.22 : Diagramme d'Ishikawa (panne mécanique)

***Main d'œuvre**

Cette catégorie des causes est la plus considérable avec un taux estimé à 50% d'effets.

-Mentalité des employés : attitude conscience professionnelle du point de vue et engagement qualité et sécurité.

-Manque de formation : absence de connaissances et compétences nécessaires.

-Mauvaise utilisation des engins : manipulation incorrecte, surcharge, non-respect des spécifications.

-Négligence : manque d'attention ou de soin lors de la manipulation des équipements.

-Manque de vigilance et d'attention aux données : absence de suivi régulier des données de performance, de signaux d'alerte et de maintenance préventive

***Méthode**

La catégorie méthode agit avec un taux de 40%

-Manque de planification de la maintenance : absence de calendrier et de procédures de maintenance.

-Absence de documentation de suivi : manque de suivi de l'historique des équipements et d'informations sur les réparations effectuées.

-Absence d'analyse des données de maintenance : non-utilisation des données pour identifier les problèmes récurrents et les opportunités d'amélioration.

-Manque de maintenance préventive : absence de programmes réguliers de maintenance préventive

*** Matériel**

Pour ce type de cause, on l'a quantifié à 2% d'effet

-Lubrifiant : utilisation d'un lubrifiant inadéquat ou manque de lubrification adéquate.

- Usure des pièces : usure naturelle des mâchoires ;des marteaux ;ou des autres pièces essentielles

*** Milieu**

Cette catégorie de causes contribuées avec un taux estimé à 5% d'effets.

-Poussière : accumulation de poussière de dans les équipements.

***Matière**

-Manque la disponibilité des pièces de rechange : Lorsqu'une pièce défectueuse doit être remplacée, il est essentiel d'avoir des pièces de rechange disponibles. S'ils ne sont pas disponibles en temps voulu, cela peut entraîner des temps d'arrêt prolongés, et ceci a été quantifié a 3%

Pour calculer la fiabilité des trois engins (concasseur, broyeur et four) nous avons opté pour le modèle de weibull.

10. Application de la loi de Weibull

Tableau IV.10: Les paramètres de Weibull de trois engins pendant 7 ans

Année	β	η	γ	MTBF	Fiabilité	
Concasseur	2017	4.3	3400	0	3094.578	0.513
	2018				5309	1
	2019				5222.5	1
	2020	2.6	660	0	586.21	0.479
	2021	1.8	620	0	551.359	0.445
	2022				1012.5	1
	2023				1403	1
Broyeur	2017	1.4	1900	0	1731.698	0.415
	2018	1	850	0	850	0.367
	2019	1.1	170	0	164.0347	0.382
	2020	1	200	0	200	0.367
	2021	0.95	190	0	194.4479	0.359
	2022	1.9	95	0	84.2992	0.450
	2023				950	0.432
Four	2017	1.5	3300	0	2979.075	0.424
	2018	3.55	3100	0	2791.335	0.502
	2019				4674	1
	2020	2	3100	0	2747.313	0.455
	2021	2.2	1550	0	1372.71	0.465
	2022				728.5	1
	2023				5347	1

Les paramètres de Weibull

β : Paramètre de forme

η : Paramètre de l'échelle

γ : Paramètre de position

➤ Exemple pour Le concasseur en 2017

2017		
order i	TBF	Fi
1	1643	0,291
2	3631,5	0,708

Vu le nombre d'échantillons $N \leq 20$

On applique la loi du rang médian pour connaître la probabilité de l'ordre :

$$Fi = \frac{i - 0.3}{N + 0.4}$$

Donc

$$Fi = \frac{1-0.3}{2+0.4} = 0.291$$

En se basant aux donnes précédent on a réalisé la courbe suivante

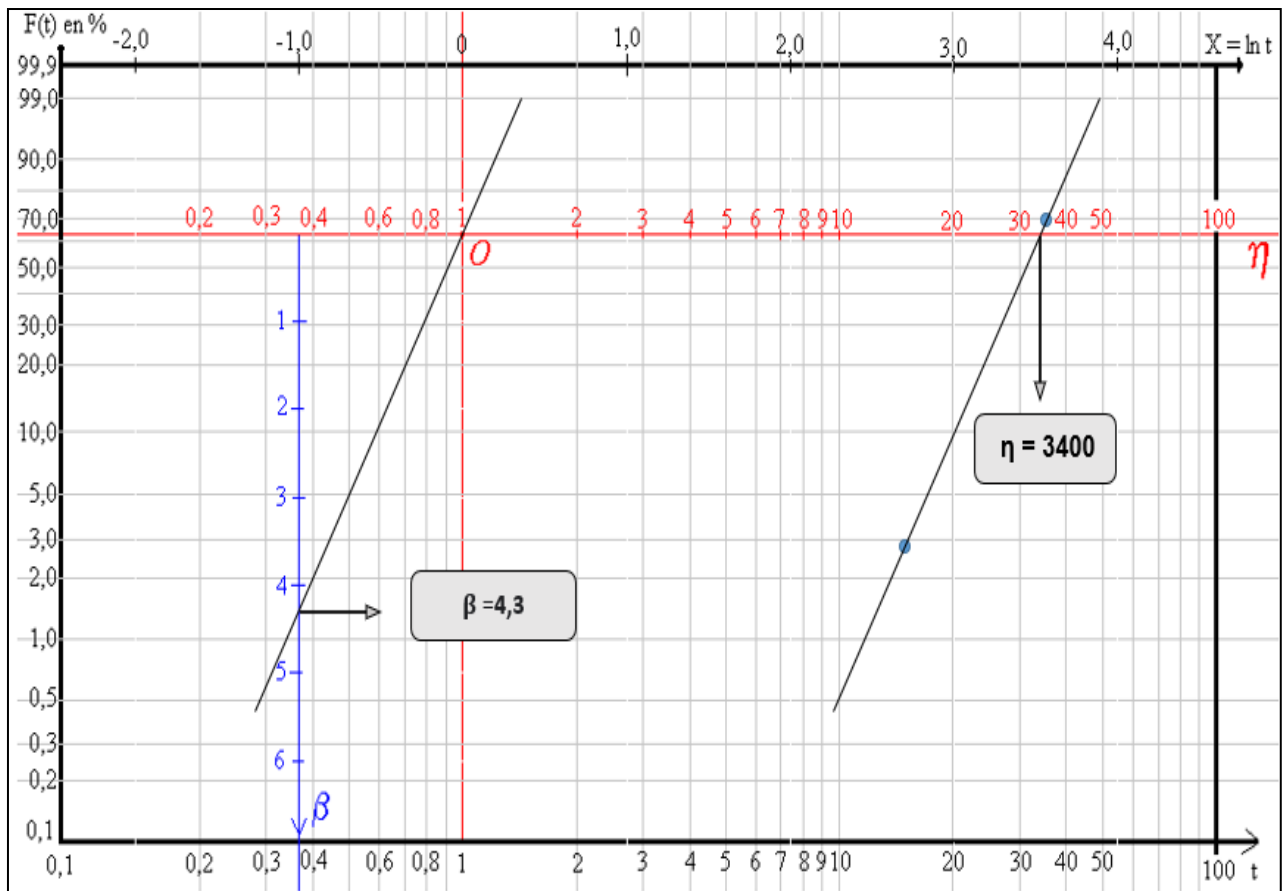


Figure N°23 : Application de loi weibull (concasseur)

- Exemple pour le broyeur carrière en 2017

2017		
Ordre i	TBF	Fi
1	718	0,205
2	1651	0,5
3	2680	0,794

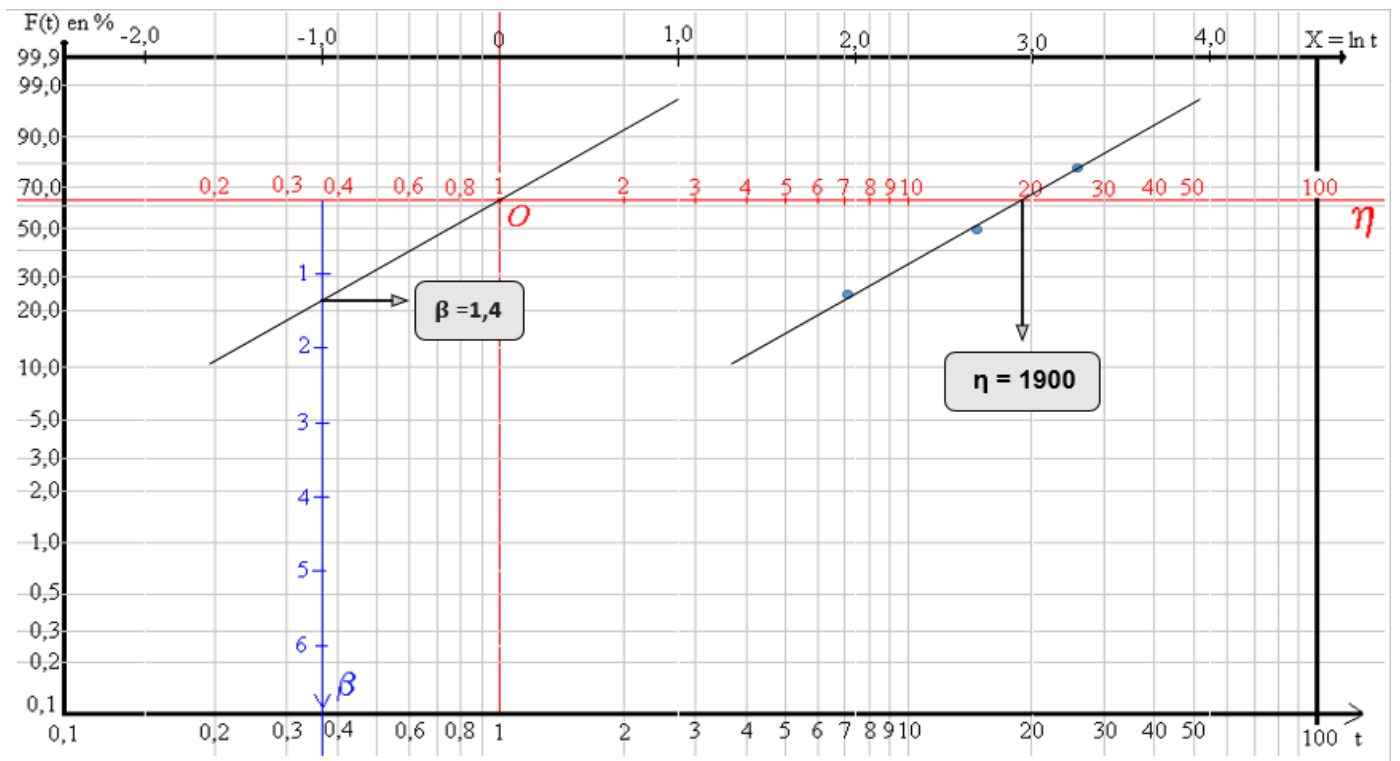
Vu le nombre d'échantillons $N \leq 20$

On applique la loi du rang médian pour connaître la probabilité de l'ordre :

$$Fi = \frac{i - 0.3}{N + 0.4}$$

Donc

$$Fi = \frac{1 - 0.3}{3 + 0.4} = 0.205$$



En se basant aux données précédentes on a réalisé la courbe suivante

Figure IV.24 : Application de loi Weibull (broyeur)

➤ Exemple pour le Four en 2017

2017		
Ordre i	TBF	Fi
1	1626	0,291
2	3740	0,708

Vu le nombre d'échantillons $N \leq 20$

On applique la loi du rang médian pour connaître la probabilité de l'ordre :

$$F_i = \frac{i - 0.3}{N + 0.4}$$

Donc :

$$Fi = \frac{1-0.3}{2+0.4} = 0.291$$

En se basant aux données précédentes on a réalisé la courbe suivante

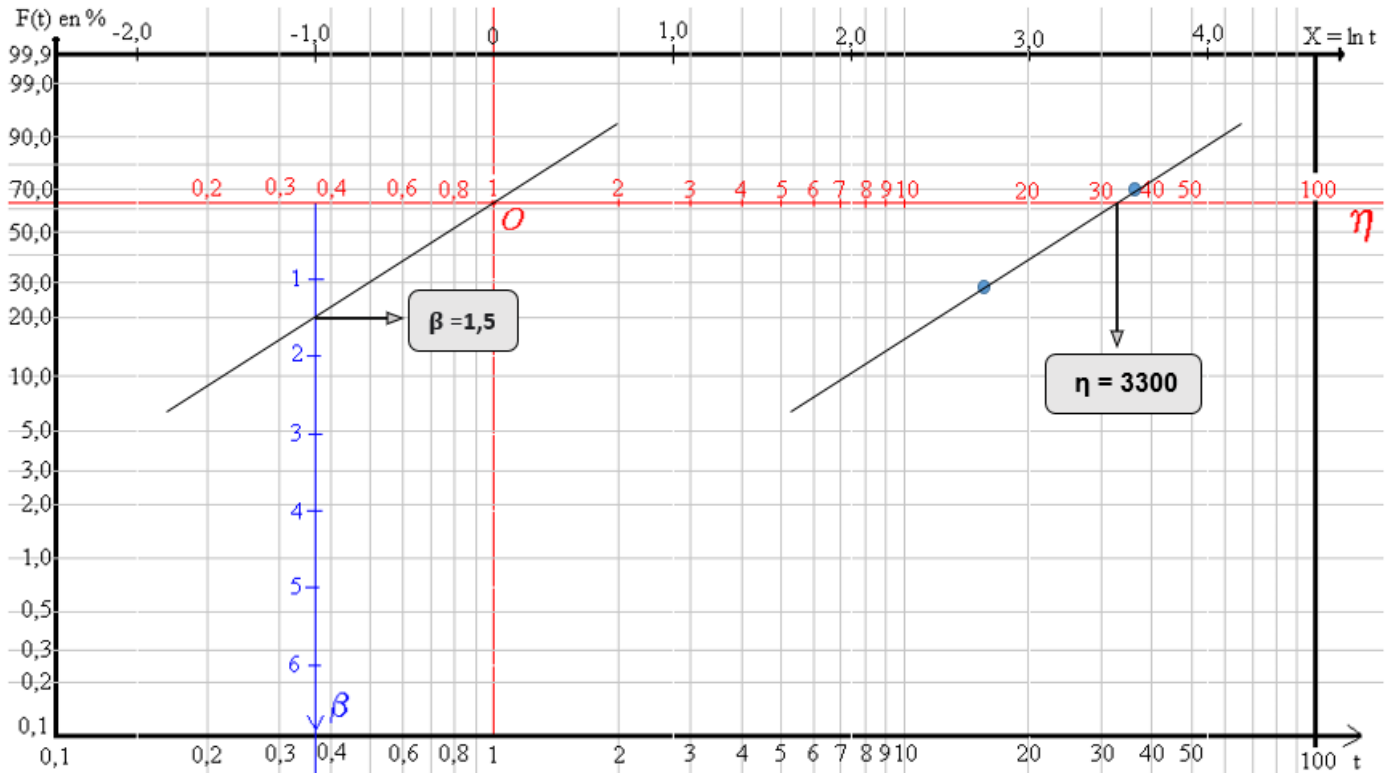


Figure IV.25 : Application de loi Weibull (four)

D'après les graphes on détermine les paramètres de Weibull (Paramètre de forme β , Paramètre de l'échelle, Paramètre de position)

$$R(t) = e^{-\frac{(t-\gamma)^\beta}{\eta}}$$

Tableau IV.10 : La fiabilité de trois engins pendant 7 ans

Années	Concasseur	broyeur	four
2017	46.5%	34.8%	41.9%
2018	51.3%	41.5%	42.4%
2019	52.4%	36.7%	50.2%
2020	56%	38.2%	56.7%
2021	47.9%	36.7%	45.5%
2022	44.5%	35.9%	46.5%

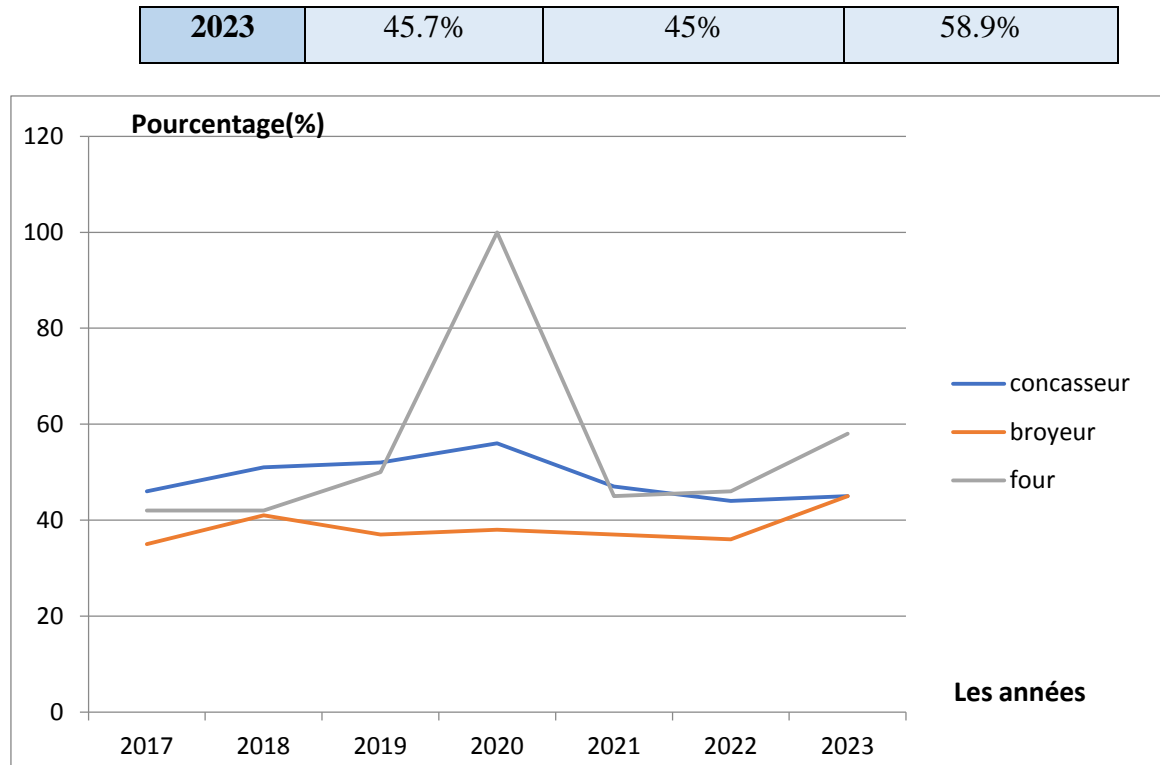


Figure IV.26 : Diagramme représente la fiabilité du trois engins pendant 7ans

Analyse

D’après le graphique On note que la fiabilité du concasseur est estimée à 46.5% en 2017, puis elle connaît une augmentation pour atteindre 56% en 2020, ceci s’explique par un nombre nul en panne mécanique pour notre machine et le totale des pannes dans ce cas réside dans les autres catégories de panne (électrique, CMR et autres) puis il commence à décroître pour atteindre 47,9% en 2021, puis 44,5% en 2022.

On constate que la fiabilité du broyeur est 34.8% en 2017, ensuite elle diminuera jusqu’ a 36.7% en 2019 pour devenir presque constante au cours des années restantes.

On note que la fiabilité du four en 2017 est estimée à 41.9%, puis elle remonte pour atteindre 50,2% au cours de 2019, puis remonte jusqu’à un pic pour atteindre 56.7% au cours de 2020, puis redescend à environ 46% au cours de 2021 et 2022.

1 1. Les actions préventives et correctives à proposées

Après avoir fait cette étude, nous recommandons quelques actions préventives et correctives nécessaires pour remédier aux différents problèmes rencontrés sur les trois machines, ainsi nous réduisons au maximum les défaillances que nous pouvons maîtriser ce qui se répercutent directement sur les couts de maintenance pour les diminuer et accroitre ainsi la fiabilité et la disponibilité des différents équipements étudiés à savoir le concasseur , le broyeur et le four .

Les actions à entreprendre pour les trois machines sont représentées sur le tableau

Tableau IV.12 : Actions à entreprendre sur les trois machines

Les pannes mécanique		
Engin	Les causes	Solutions
Concasseur	Blocage du matériau	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier régulièrement le niveau de matériau - Enlever les blocages manuellement ou à l'aide d'outils appropriés
	Usure de pièces (mâchoires ;marteaux..etc)	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place un programme préventif pour remplacer les pièces usées
	Problèmes de moteur	<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer des inspections régulières et des maintenances préventives des moteurs et des composants électriques
	Surchauffe des roulements	<ul style="list-style-type: none"> - Assurer une lubrification adéquate - Eviter les surcharges - Remplacer les roulements défectueux
	Vibration excessives	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier et ajuster l'alignement des pièces mobiles
Broyeur	Manque pièce de rechange	<ul style="list-style-type: none"> - Planification et gestion des stocks de pièces de rechange - Planification de la demande - Analyse la fiabilité des pièces
	Pannes électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer des inspections des systèmes électriques - Assurer la maintenance préventive des moteurs
	Problèmes de ventilation et de dépoussiérage	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenir les systèmes de ventilation et de dépoussiérage en bon état - Nettoyer les filtres et les conduits régulièrement -
Four	Problèmes de combustion	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des combustibles de qualité constante - Assurer une régulation précise de l'air de combustion

	Problèmes de réfractaires (Briquetage)	-Mettre en place un programme de surveillance et de remplacement des réfractaires pour éviter les défaillances soudaines
--	--	--

12. Recommandations

En conclusion de cette partie, nous suggérons les actions suivantes :

- Concevoir un plan de maintenance adapté à la cimenterie.
- Engager des experts dans l'application du plan de maintenance
- Assurer que les types de maintenance nécessaires sont conformes aux conditions appropriées
- Organiser des formations spécialisées conformes aux normes internationales ou nationales
- Organiser la gestion des stocks
- Intégrer des méthodes modernes et mettre à la disposition les outils nécessaires.
- Revoir la stratégie de l'entreprise qui met l'accent sur la productivité au détriment de la logistique.
- Sensibiliser et encouragé les employés afin de garantir la rentabilité de l'entreprise

Conclusion

Conclusion générale

L'étude de la sûreté de fonctionnement des concasseurs, broyeurs et fours dans la société de ciment d'El Ma Labiod a permis d'obtenir des informations précieuses sur l'état et la performance de ces équipements essentiels. En analysant les fichiers historiques des pannes sur la période 2017-2023, nous avons pu identifier les tendances et les fréquences des défaillances, ainsi que les durées d'arrêt associées à chaque machine.

Les résultats montrent que la compréhension et la gestion des pannes sont cruciales pour améliorer la disponibilité et la fiabilité des machines. En traçant les courbes des temps et du nombre de pannes pour chaque équipement, j'ai pu visualiser les périodes critiques et les machines les plus sujettes aux défaillances. L'utilisation du diagramme de Pareto a mis en évidence les principales causes de pannes, permettant ainsi de cibler les efforts de maintenance sur les problèmes les plus impactant.

L'application du diagramme d'Ishikawa a permis de déterminer les causes racines des pannes, facilitant ainsi la formulation de solutions préventives et correctives. Les actions proposées visent à réduire les taux de défaillance, à optimiser les temps de réparation et à améliorer la fiabilité globale des équipements.

Enfin, l'application du modèle de Weibull pour déterminer la fiabilité $(R(t))$

Pour mon cas, mon fait appel au modèle de Weibull pour calculer la fiabilité des trois machines pendant 7 ans, et J'ai abouti aux résultats suivants :

- La fiabilité du four est égale 48.8 %
- La fiabilité du broyeur cru est égale 39 %
- La fiabilité de concasseur est égale 49.2 %
- Les pannes les plus fréquentes touchant les trois équipements (four, broyeur, concasseur) sont les pannes mécaniques causées généralement par la main d'œuvre en plus d'autres causes. Nous espérons que ce document servira d'une référence pour de futures études de fiabilité.

Bibliographie

Références

1. Noyes, D., & Pérès, F. (2007). *Analyse des systèmes-Sûreté de Fonctionnement. Techniques de l'ingénieur.*
2. Gonzva, M., Barroca, B., Lhomme, S., Gautier, P. É., & Diab, Y. Y. (2016). *Apport de la sûreté de fonctionnement à l'analyse spatialisée du risque inondation. Revue internationale de géomatique, 26(3), 329-361.*
3. Alard, S., Hangouet, J. P., & Guy, B. (2013). *La sûreté de fonctionnement: démarche pour maîtriser les risques dans les activités du traitement de l'eau. Techniques Sciences Méthodes, (10), 19-26.*
4. elearn.univ-tlemcen.dz (cours de Maintenance_BENARIBAHASSAN)
5. Ayadi, D. (2010). *Optimisation multicritère de la fiabilité: application du modèle de goal programming avec les fonctions de satisfactions dans l'industrie de traitement de gaz (Doctoral dissertation, Université d'Angers)*
6. Darnon, B., & Butera, F. (2005). *Buts d'accomplissement, stratégies d'étude, et motivation intrinsèque: présentation d'un domaine de recherche et validation française de l'échelle d'Elliot et McGregor (2001). L'année psychologique, 105(1), 105-131.*
7. Bensaada, S., BOUZIANE, M., MOHAMMEDI, F., & FELLIACHI, D. (2012). *La disponibilité et les concepts FMD en maintenance industrielle.*
8. MESSAI AHMED Ahmed, GUESSOUM Djahid et FERTAS Toufik, *Analyse De Comportement Et Proposition D'une Politique De Maintenance (Cas D'une Locomotive Diesel Electrique 060DF13), 2008/ 2009.*
9. <http://chohmann.free.fr/>
10. Ruault, J. R., Luzeaux, D., Colas, C., & Sarron, J. C. (2011). *Résilience des systemes sociotechniques applicationa l'ingénierie systeme. Génie logiciel, 96, 40-52.*
11. Abbou, R. (2003). *Contribution à la mise en oeuvre d'une maintenance centralisée: conception et optimisation d'un atelier de maintenance (Doctoral dissertation, Université Joseph-Fourier-Grenoble I).*
12. Carpentier, T. (1999). *Placement de capteurs pour la surveillance des processus complexes (Doctoral dissertation, Lille 1).*

13. Bérenguer, C., Dieulle, L., Grall, A., & Vasseur, D. (2006). *Etudes de sensibilité, facteurs d'importance et défaillances de cause commune. Journal Européen des Systèmes Automatisés (JESA)*, 40(7), 763-785.
14. Demri, A. (2009). *Contribution à l'évaluation de la fiabilité d'un système mécatronique par modélisation fonctionnelle et dysfonctionnelle (Doctoral dissertation, Université d'Angers)*.
15. Mihalache, A. G. (2007). *Modélisation et évaluation de la fiabilité des systèmes mécatroniques: application sur système embarqué (Doctoral dissertation, Université d'Angers)*.
16. Fraisse, P. (1957). *Les conduites temporelles: Thèse pour le Doctorat ès lettres, présentée devant la Faculté des lettres de l'Université de Paris. FeniXX*.
17. Parzys, B. (2013). *La longue genèse de la loi normale. Le Bulletin Vert*, 502, 29-40.
18. Morice, E., & Thionet, P. (1969). *Loi binomiale et loi de Poisson. Revue de statistique appliquée*, 17(3), 75-89.
19. Morice, E. (1968). *Quelques problèmes d'estimation relatifs à la loi de Weibull. Revue de statistique appliquée*, 16(3), 43-63.