



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université A. MIRA - BEJAIA



Département de Génie Electrique

Mémoire de Fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master en Electromécanique, option
Maintenance Industrielle

Présenté par :

TOUATI Younes Lotfi

Thème

Amélioration des politiques de maintenance preventive au sein de Cevital

Soutenu le : 18 Juin 2023

Devant le jury composé de :

Mr ZOUGAB Nabil	MCA	Univ. de Béjaïa	Président
Mr KABYL Kamal	MCB	Univ. de Béjaïa	Examineur
Mr LAGGOUNE Radouane	Professeur	Univ. de Béjaïa	Encadreur

Année Universitaire : 2022/2023

Je dédie ce travaille à tous ceux qui me sont chers aussi
bien ceux encore présents que ceux qui nous ont quitté.

Je tiens à remercier mon encadreur Mr R. Laggoune, de m'avoir dirigé tout au long de mon travail.

Je tiens aussi à remercier Mlle L.MAY qui m'a beaucoup aidé dans la réalisation de ce travail.

Mes professeurs de l'université et instituteurs du primaire au lycée, de m'avoir donné le savoir nécessaire pour atteindre ce niveau-là d'instruction.

Les gens de Cevital qui m'ont facilité la réalisation de ce travail, en particulier Mme S. Zaidi, Mr N. Messaci et Mr A.Gh. Belaid.

Toutes les personnes qui se sont proposer pour m'aider, que ça soit mentalement ou intellectuellement.

Je vous remercie du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Thanemmirt, Dankeschön, ありがとう, СПАСИБО, Gracias, Grazie, Thank You, شكرًا, Merci.

Acronymes

ABAO : Modèle de maintenance minimale 'As Bad As Old'

AGAN : Modèle de maintenance parfaite 'As Good As New'

MC : Maintenance corrective 'Corrective Maintenance'

MP : Maintenance préventive 'Preventive Maintenance'

F(t) : Fonction de répartition

R(t) : Fonction de Fiabilité 'Reliability'

$\lambda(t)$: Taux de défaillance

f(t) : Densité de probabilité de défaillance

β : Paramètre de forme de la loi de Weibull

η : Paramètre d'échelle de la loi de Weibull

TBF : Temps de bon fonctionnement

MTTF : Moyenne du bon fonctionnement jusqu'à la première défaillance 'Mean Time To Failure'

Table des matières

Introduction générale.....	1
I. Chapitre 1 : Rappels théoriques sur les politiques de maintenance.....	3
I.I. Introduction.....	3
I.II. Notions générales sur la maintenance.....	3
I.II.1. Définition normalisée.....	3
I.II.2. Domaines d'applications de la maintenance.....	4
I.II.3. Typologies de la maintenance.....	4
I.II.3.1. Maintenance Préventive.....	4
➤ Maintenance conditionnelle.....	5
➤ Maintenance systématique.....	5
I. II.3.2. Maintenance Corrective.....	5
➤ Maintenance palliative.....	6
➤ Maintenance curative.....	6
I.II.4. Modélisation de la maintenance.....	6
I.II.5. Politiques de maintenance pour systèmes élémentaires.....	7
I.II.5.1. Politique de MP dépendant de l'âge.....	7
I.II.5.2. Politique de maintenance préventive périodique.....	8
I.II.5.3. Politique de MP périodique imparfaite avec réparation minimale à la défaillance.....	9
I.II.5.4. Politique de MP périodique avec réparation minimale à la défaillance.....	10
I.II.5.5. Autres politiques de maintenance pour les systèmes élémentaires.....	11
I.II.5.5.1. Politique de la limite de défaillance.....	11
I.II.5.5.2. Politique de maintenance préventive séquentielle..	11
I.II.5.5.3. Politique de la limite de réparation.....	11
I.II.6. Objectifs et enjeux de la maintenance.....	12
I.II.6.1. Minimiser les coûts.....	12
I.II.6.2. Améliorer la disponibilité.....	13
I.II.6.3. Maximiser le bénéfice.....	14
I.III. Conclusion.....	15

II. Chapitre 2 : Présentation de Cevital et Description du cas d'étude

« Vis doseuse » (M607A)

II.I	
Introduction.....	16
II.II. Historique et présentation de Cevital.....	16
II.III. Produits fabriqués par Cevital.....	17
II.III.1. Les huiles végétales.....	17
II.III.2. Margarinerie et graisses végétales.....	18
II.III.3. Les sucres.....	19
II.III.4. Boissons (Eau minérale et Jus).....	19
II.IV. La structure organisationnelle de Cevital.....	20
II.V. Raffinage des huiles végétales.....	20
II.V.1. Généralités sur le raffinage.....	20
II.V.2. Processus de raffinage de l'huile végétale en général.....	21
II.V.3. La décoloration.....	22
II.V.4. Processus de décoloration au sein de Cevital.....	23
II.VI.V. Description de la vis doseuse et son mode de fonctionnement.....	24
II.VII. Les problèmes que rencontre cet équipement.....	26
II.VIII. Conclusion.....	28

III. Chapitre 3 : Optimisation de la maintenance préventive de la vis doseuse « M607A »

III.I. Introduction.....	29
III.II. Collecte et constitution d'échantillons de données.....	29
III.III. Traitement de données.....	29
III.IV. Ajustement de la loi de fiabilité.....	31
III.IV.1. Loi de Weibull.....	31
III.IV.2. Estimation des paramètres de la loi de Weibull avec la méthode de maximum de vraisemblance.....	32
III.IV.3. Politique de maintenance adoptée.....	35
III.IV.4. Structure du cout de cette maintenance.....	35

III.V. Résolution et interprétation.....	36
III. Conclusion.....	39
Conclusion générale.....	40
Bibliographie.....	43

Liste de figures

1.1 Courbe des coûts de maintenance en fonction de la planification.....	13
1.2 Évolution des coûts de maintenance en fonction de la disponibilité.....	14
2.1 Huile Fleurial.....	18
2.2 Huile Elio.....	18
2.3 Margarine Fleurial.....	18
2.4 Mâtina.....	18
2.5 Margarine la Parisienne.....	18
2.6 S'men Medina.....	18
2.7 Sucre Blanc.....	19
2.8 Sucre Roux.....	19
2.9 Eau Lalla Khedidja.....	19
2.10 Jus tchina.....	19
2.11 L'organigramme général de Cevital.....	20
2.12 Organigramme du processus de raffinage.....	22
2.13 Illustration des équipement de dosage de la terre décolorante.....	23
2.14 Processus de décoloration de l'huile au sein de Cevital.....	24
2.15 Description technique de la vis doseuse.....	25/26
3.1 calcul de TBF selon AGAN.....	30

Introduction Générale

Introduction générale

La maintenance préventive repose sur une analyse approfondie des comportements et des tendances des machines, permettant ainsi d'anticiper les défaillances potentielles et d'agir de manière proactive pour les prévenir. Cela se traduit par des inspections régulières, des remplacements programmés de pièces usées, des lubrifications et des ajustements préventifs, entre autres actions préventives.

La maintenance préventive joue un rôle essentiel dans la prolongation de la durée de vie des équipements et la réduction des temps d'arrêt imprévus. En planifiant les actions de maintenance de manière proactive, les entreprises évitent les coûts liés aux réparations d'urgence et aux interruptions non planifiées de la production, ce qui se traduit par une augmentation significative de leur rentabilité. En anticipant les défaillances potentielles et en agissant en amont, les entreprises améliorent la fiabilité de leurs équipements, réduisent les coûts de maintenance et maintiennent une productivité élevée, ce qui contribue à leur succès à long terme.

Pour mettre en place une stratégie de maintenance préventive efficace, il est crucial de collecter et d'analyser les données pertinentes à la maintenance, de surveiller les paramètres de fonctionnement des machines, d'établir des plannings de maintenance rigoureux et de former le personnel aux procédures de maintenance préventive.

Il est souvent difficile pour les entreprises industrielles de déterminer le timing optimal pour réaliser des actions de maintenance préventive afin de maximiser leur efficacité. Dans notre situation, bien que l'unité de maintenance au sein de la raffinerie d'huile de Cevital, effectue plusieurs interventions de maintenance corrective et elle se limite à une seule intervention de maintenance préventive annuelle sur la vis doseuse « M607A ». Néanmoins cette approche n'est pas adéquate pour assurer un fonctionnement optimal et une rentabilité satisfaisante ; en effet il est retrouvé dans le logiciel de gestion de la maintenance « Coswin » de Cevital un fichier historique en format Excel, des données sur les arrêts fréquents où cet équipement est impliqué. Ce qui nous pousse à réfléchir et à proposer une politique de maintenance et un temps d'exécution des actions de maintenance adaptés.

Pour donner une solution à cette problématique, nous nous intéressons dans ce travail en particulier, à la politique de maintenance préventive périodique avec réparation minimale à la défaillance, et pour ce faire nous avons structuré cette étude comme suit :

Le 1^{er} chapitre de cette étude propose un rappel théorique sur les politiques de maintenance. Il aborde les notions générales telles que la définition normalisée, les domaines d'application, les typologies de maintenance et la modélisation. De plus, il examine les politiques de maintenance spécifiques pour les systèmes élémentaires. Enfin, il met en évidence les objectifs et les enjeux de la maintenance.

Le 2^{ème} chapitre explore le raffinage de l'huile chez Cevital, en se concentrant sur la vis doseuse M607A. Elle est essentielle pour doser précisément la terre lors de la décoloration. Nous étudierons ses caractéristiques et son fonctionnement, impactant la qualité et l'efficacité du raffinage, et explorerons les problèmes que peut rencontrer cette dernière.

Au 3^{ème} et dernier chapitre nous allons proposer une solution pertinente afin de résoudre le problème que rencontre l'unité de raffinage d'huile au sein de Cevital en déterminant un temps idéal pour effectuer une maintenance préventive pour réduire les arrêts récurrents et les frais de la maintenance corrective.

Enfin, une conclusion générale sera rédigée afin de récapituler tout ce qui a été fait dans ce mémoire.

Chapitre 1

Rappels théoriques sur les politiques de maintenance

I. Introduction

Au fil des dernières décennies, de nombreux modèles de maintenance et de remplacement ont été développés pour résoudre les problèmes liés à la détérioration des systèmes. Ces modèles peuvent être regroupés en différentes catégories de maintenance, tels que la politique de remplacement par âge, la politique de maintenance périodique, la politique de limite de défaillance, la politique de maintenance séquentielle, ...etc. [1]

Ce chapitre va traiter les politiques de maintenance et de leur importance dans la gestion des actifs et l'optimisation des performances des systèmes industriels. Nous allons examiner les différents types de maintenance, en mettant en évidence leurs caractéristiques et avantages. Et comment faire le choix d'une politique de maintenance appropriée en fonction des objectifs de disponibilité, coût et fiabilité soulignés par l'entreprise. Nous allons également aborder les limites des politiques existantes et les besoins de recherche future.

II. Notions générales sur la maintenance

II.1. Définition normalisée

La norme AFNOR, définit la maintenance comme étant l'ensemble des actions techniques, administratives et de gestion réalisées tout au long du cycle de vie d'un bien, dans le but de le maintenir ou de le rétablir dans un état permettant d'accomplir la fonction requise. Ainsi, pour qu'un système de production soit performant, il est essentiel que sa finalité, ses objectifs, ses résultats et les moyens mis en œuvre « financiers, stratégiques, technologiques et humains » soient en parfaite cohérence. [2]

Selon la définition de l'AFNOR, la maintenance joue un rôle crucial en assurant le maintien ou la restauration d'un système dans un état spécifié, afin qu'il puisse remplir les fonctions pour lesquelles il a été conçu. Le terme "maintenir" (entretien ou maintien) vise à rectifier les dysfonctionnements ou les pannes d'un système (ou composant) ; et le terme "rétablir" implique une anticipation des anomalies afin de réduire les arrêts, avec des interventions effectuées sur des systèmes (ou composants) encore en fonctionnement. [3]

II.2. Domaines d'applications de la maintenance

Les coûts de maintenance représentent une proportion variable des coûts totaux dans différentes industries. Par exemple, dans l'industrie agroalimentaire, ces coûts représentent environ **15%**, tandis que dans l'industrie sidérurgique, ils atteignent environ **60%**. Ces chiffres démontrent l'importance significative des coûts de maintenance, qui ne peuvent être négligés. [4]

Auparavant, la fonction de maintenance était principalement axée sur les actions techniques. Cependant, elle englobe désormais toutes les activités des instances de direction qui visent à définir les objectifs, les stratégies et les responsabilités liés à la maintenance, ainsi qu'à les mettre en œuvre à travers l'organisation, la maîtrise et la planification de la maintenance [5]. Dans l'étude de Retour et al ; la fonction de maintenance est subdivisée en deux ensembles d'activités :

➤ Les activités liées au domaine technique :

La prévention, le diagnostic, le dépannage et la remise en marche, la réparation, les études et les méthodes.

➤ Les activités liées au domaine de la gestion :

La gestion des interventions, la gestion des parcs et des pièces, la gestion de l'information et de la documentation, la gestion des ressources humaines, la gestion des budgets. [6].

II.3. Typologies de la maintenance

La littérature propose plusieurs approches de classification des types de maintenance [7, 8]. Ces classifications se basent généralement sur les éléments inhibiteurs, les objectifs et les moments où les actions de maintenance sont effectuées. L'AFNOR [3] les a classées en deux grandes familles de maintenance :

La Maintenance Préventive (MP) et la Maintenance Corrective (MC).

II.3.1. Maintenance Préventive

La MP est définie comme étant une "maintenance effectuée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères spécifiés, dans le but de réduire la probabilité de défaillance ou la détérioration des performances d'un bien". Son objectif principal est de prévenir les pannes en réalisant des actions de maintenance avant qu'elles ne surviennent [3].

La MP est justifiée par les raisons suivantes, selon Lesobre [8] :

- Motifs de sécurité : lorsque les conséquences des pannes sont considérées comme inacceptables.
- Motifs économiques : lorsque la MP s'avère moins coûteuse que l'attente passive des défaillances.
- Motifs pratiques : lorsque des contraintes spécifiques exigent l'exécution de la maintenance à des instants précis. [8]

Cette dernière se divise en deux parties selon l'AFNOR :

❖ **Maintenance conditionnelle :**

La maintenance conditionnelle est définie comme une "maintenance préventive basée sur la surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement, incluant les actions qui en découlent" [3]. Elle est également connue sous le nom de maintenance prédictive, car elle est déclenchée par l'apparition d'un événement prédéterminé révélateur de l'état de fonctionnement du système.

❖ **Maintenance systématique :**

La maintenance systématique se réfère à une forme de maintenance préventive qui est planifiée selon des intervalles de temps prédéterminés ou en fonction d'un nombre spécifique d'unités d'utilisation, sans qu'un contrôle préalable de l'état du bien ne soit effectué [3]. Elle implique le remplacement d'un ensemble de composants prédéfinis, même en l'absence de signes de défaillance. La périodicité des opérations de maintenance est généralement déterminée dès la mise en service, en se basant sur des données de fiabilité et d'autres informations relatives au comportement du système, telles que les modes de défaillance et les **Mean Time To Failure** du système autrement dit **MTTF** [7].

II.3.2. Maintenance Corrective

La MC consiste à effectuer des travaux de maintenance après la détection d'une panne, dans le but de remettre le bien en état de fonctionner conformément à sa fonction requise [3]. La MC représente une approche de maintenance réactive, car les interventions sont déclenchées uniquement par l'apparition d'une défaillance. Ces interventions ne sont donc pas planifiées, à moins que la défaillance ne puisse être corrigée sans arrêter

complètement le système. Dans de tels cas, les défaillances peuvent être rectifiées lors d'un arrêt planifié par le service de maintenance pour une action de Maintenance Préventive, ou par le service de production (MC différée). Si le système est arrêté en raison d'une défaillance, une action de Maintenance Corrective d'urgence est entreprise pour le remettre en état de fonctionnement.

On peut distinguer deux types de maintenance corrective :

❖ **Maintenance palliative :**

La maintenance palliative est une approche temporaire et provisoire visant à dépanner partiellement le système, lui permettant de fonctionner partiellement conformément à ses fonctions requises. Elle est conçue comme une mesure transitoire, nécessitant ultérieurement une autre forme de maintenance corrective, appelée maintenance curative, pour résoudre définitivement les problèmes identifiés et rétablir le système dans son état de fonctionnement optimal. L'association de la maintenance palliative et de la maintenance curative constitue une approche complémentaire essentielle pour assurer le bon fonctionnement et la fiabilité à long terme du système. [9]

❖ **Maintenance curative :**

La maintenance curative consiste à réparer définitivement le système afin qu'il puisse remplir ses fonctions requises. Elle intervient soit immédiatement après une défaillance, soit à la suite d'une maintenance palliative. Contrairement à la palliative, la curative vise à réaliser une réparation durable du système. Elle est mise en œuvre lorsque le système est en panne et ne peut pas être réparé, nécessitant ainsi un remplacement partiel ou complet du matériel. Il est possible que la maintenance curative soit réalisée après des opérations de MP ou MC. [9, 11]

II.4. Modélisation de la maintenance

Afin de maintenir leur fonctionnement, de garantir leurs performances requises et d'atteindre les objectifs qui leur sont assignés, les systèmes industriels sont soumis à diverses actions de maintenance tout au long de leur durée de vie opérationnelle. La fiabilité de ces systèmes dépend étroitement de l'efficacité de ces opérations de maintenance.

Traditionnellement, les actions de maintenance (préventives ou correctives) sont considérées comme étant soit inefficaces, soit capables de ramener le système à son état

initial. Cependant, dans la réalité, il n'est pas raisonnable de supposer que des actions de maintenance n'ont aucun effet sur le système. Dans le cas de la deuxième hypothèse, elle ne s'applique que lorsque des composants sont remplacés par des neufs. Pour les systèmes complexes composés de plusieurs éléments, le remplacement d'un ou plusieurs composants peut améliorer l'état du système, mais il ne le ramène pas à son état initial [10].

Afin d'assurer l'efficacité et l'optimisation des stratégies de maintenance, il est impératif de développer des modèles qui reflètent de manière précise le comportement réel du système et de son environnement. Il est essentiel de prendre en compte les conséquences des actions de maintenance sur le système et de mettre au point des approches permettant une évaluation précise de ces effets. En comprenant de manière approfondie ces interactions, il est possible de concevoir des politiques de maintenance plus efficaces, garantissant un fonctionnement optimal du système et une gestion plus rentable des activités de maintenance.

II.5. Politiques de maintenance pour systèmes élémentaires

Le terme "système élémentaire" fait référence à une composante essentielle d'une machine ou à une machine faisant partie d'un ensemble plus complexe. Dans ce contexte, les caractéristiques de fiabilité et les autres variables du modèle s'appliquent à l'ensemble du système, qui peut être décomposé en unités élémentaires distinctes. Cette approche permet de prendre en compte les interactions et les performances globales du système dans son ensemble, facilitant ainsi une meilleure compréhension et une analyse précise de son fonctionnement [12].

II.5.1. Politique de MP dépendant de l'âge

Dans cette approche, le remplacement d'un composant élémentaire est déterminé par deux facteurs principaux : sa durée de vie atteignant un seuil prédéfini T et l'occurrence d'une défaillance. Le critère qui se produit en premier entraîne le remplacement. Pour évaluer le coût moyen par unité de temps, une formule spécifique est utilisée dans ce qui suit :

$$C(T) = \frac{C_p * R(T) + [1 - R(T)] * C_c}{\int_0^T R(t) * dt} \quad (1.1)$$

Où : Le numérateur représente l'espérance du coût total du cycle et le dénominateur représente l'espérance de la longueur du cycle.

T : est l'âge du remplacement préventif (variable de décision).

C_p : le coût du remplacement préventif.

C_c : le coût de défaillance incluant le coût de remplacement.

$R(t) = 1 - F(t)$: est la fonction de fiabilité ou de survie. [12]

II.5.2. Politique de maintenance préventive périodique

Dans cette approche, appelée politique de maintenance préventive périodique, un élément est soumis à des intervalles de temps fixes KT (telle que $K = 1, 2, 3, \dots$ etc) pour des activités de maintenance préventive, indépendamment de son historique de pannes. Lorsqu'une défaillance survient, l'élément est réparé. Une autre politique de maintenance périodique de base est celle du "remplacement périodique avec réparation minimale à la défaillance". Dans cette politique, un élément est remplacé à des intervalles de temps prédéterminés KT dont $K = \{1, 2, 3, \dots$ etc} et les défaillances sont traitées par des réparations minimales [13]. Une autre variante de cette classe est la politique de remplacement en bloc, utilisée principalement pour les systèmes multi-composants. Dans cette politique, un élément est remplacé à des intervalles de temps pré-arrangés KT , ainsi qu'en cas de défaillance. Pour cette dernière politique, le processus aléatoire caractérisé est un processus de renouvellement.

Le coût moyen par unité de temps associé à ces politiques est donné par :

$$C(T) = \frac{C_C * H(T) + C_P}{T} \quad (1.2)$$

Dont $H(T)$ représente le nombre moyen de remplacements de 0 à T .

C_p est le coût de la pièce.

C_c le coût entraîné par la défaillance.

La problématique avec la formulation antérieure réside dans la détermination de la fonction de renouvellement $H(T)$. En pratique, les bornes suivantes sont couramment utilisées pour résoudre cette difficulté :

$$\frac{C_p + C_c * [F(T) + F^2(T)]}{T} < C(T) \quad (1.3)$$

$$< \frac{C_p + C_c * [(F(T) + F^2(T) + [F(T)]^3/[1 - F(T)])]}{T} \quad [9]$$

II.5.3. Politique de MP périodique imparfaite avec réparation minimale à la défaillance

La politique de maintenance préventive périodique imparfaite avec réparation à la défaillance est largement considérée comme l'une des politiques les plus réalistes pour les systèmes réparables comme présentée dans les travaux de Nakagawa [14]. Conformément à son nom, cette politique implique que le système subisse des actions de maintenance préventive périodique imparfaite, accompagnées de réparations minimales en cas de défaillance. Cette politique se distingue de la politique de maintenance préventive périodique avec réparation minimale à la défaillance, qui est une politique en bloc, par le fait que les actions de maintenance ici sont imparfaites plutôt que parfaites. Par conséquent, dans la politique en bloc, le système est renouvelé à chaque intervalle de temps T, tandis que dans la présente politique, les intervalles T représentent les moments des maintenances préventives imparfaites, et le système n'est renouvelé qu'après avoir fonctionné pendant une durée KT spécifiée. Les hypothèses suivantes sont généralement faites dans cette politique :

- Le système est initié ou restauré à l'instant $t = 0$, où il est considéré dans un état neuf.
- L'intensité de défaillance du système augmente progressivement avec le temps.
- Des actions de maintenance préventive périodique imparfaite sont effectuées à des instants KT , où $K = 1, 2, 3, \dots, n$.
- Après une défaillance, une réparation minimale est réalisée.
- À l'instant $t = KT$, une action de maintenance préventive est entreprise pour remettre le système dans un état neuf.
- Les coûts moyens associés à une réparation minimale, une maintenance préventive et un renouvellement sont notés C_c , C_p et C_r respectivement.

La fonction du coût de maintenance par unité de temps est donnée par l'expression :

$$C(KT) = \frac{C_C * H(KT) + (X - 1)C_P + C_R}{KT} \quad (1.4)$$

Sachant que $H(KT)$ est le taux cumulé d'occurrence des défaillances entre l'instant initial $t = 0$ et le renouvellement $t = KT$. [15]

II.5.4. Politique de MP périodique avec réparation minimale à la défaillance

Les défaillances sont identifiées et réparées en temps opportun, mais sans impact sur le processus de dégradation du système (maintenance corrective minimale). Par conséquent, le processus de défaillance n'est pas perturbé par les actions de maintenance. La fonction d'espérance du coût de maintenance par unité de temps est exprimée de la manière suivante :

$$C(T) = \frac{C_C * H(T) + C_P}{T} \quad (1.5)$$

Tel que :

$$H(T) = \int_0^T \lambda(t) dt \quad (1.6)$$

Et

$$\frac{f(t)}{R(t)} = \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} * \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (1.7)$$

Où $H(T)$ est "le taux de hasard cumulé", $\lambda(t)$ est aussi appelé taux d'occurrence de défaillance ("Rate of Occurrence Of Failures" ROCOF).

Ainsi la fonction objective du critère de disponibilité s'écrit comme suit :

$$A(T) = \frac{T}{T + t_C * H(T) + t_P} \quad (1.8)$$

t_C représente le temps nécessaire pour effectuer une MC.

t_P représente le temps nécessaire pour effectuer une MP.

II.5.5. Autres politiques de maintenance pour les systèmes élémentaires

En raison du grand nombre de politiques de maintenance existantes dans la littérature, il n'est pas possible de les mentionner toutes. Par conséquent, nous nous orientons sur les politiques les plus utilisées dans la maintenance.

II.5.5.1. Politique de la limite de défaillance

Les actions de maintenance préventive sont effectuées uniquement lorsque l'intensité de défaillance ou d'autres indicateurs de fiabilité du système atteignent un seuil prédéterminé. Les défaillances, quant à elles, sont corrigées par des actions de maintenance corrective. D'autres critères d'optimisation, tels que l'usure, les dégradations cumulées ou les contraintes cumulées, peuvent également être utilisés. Cependant, cette politique présente l'inconvénient majeur d'exiger de vastes ensembles de données pour planifier les actions de maintenance préventive, ce qui peut être coûteux et difficile à obtenir. [16, 17]

II.5.5.2. Politique de maintenance préventive séquentielle

Dans cette politique, les intervalles entre les actions de maintenance préventive ne sont pas uniformes. En effet, il est supposé que le système nécessitera davantage d'actions de maintenance préventive à mesure qu'il vieillit. Par conséquent, les intervalles entre les actions de maintenance préventive se raccourcissent à mesure que le système vieillit. Une autre différence par rapport à la politique de maintenance en bloc est que, dans cette politique, le moment d'une action de maintenance préventive donnée n'est déterminé qu'après avoir effectué la maintenance préventive précédente. [18, 19]

II.5.5.3. Politique de la limite de réparation

Lorsqu'un élément tombe en panne, une évaluation du coût de réparation est réalisée, et si le coût estimé est inférieur à une limite préétablie, la réparation est effectuée. Dans le cas contraire, l'élément est remplacé. Cette approche est connue sous le nom de "politique de la limite de coût de réparation" [20, 21]. Une variante de cette politique, proposée par [22], est appelée "politique de la limite de temps de réparation". Selon cette politique, l'élément est réparé en cas de défaillance. Si la réparation n'est pas terminée dans un délai

prédéterminé T, l'élément est remplacé par un neuf. Dans le cas contraire, l'élément réparé est remis en service. T est appelé "limite de temps de réparation" [23].

II.6. Objectifs et enjeux de la maintenance

Dans le cadre de l'optimisation de la maintenance, il est courant d'utiliser une fonction objective visant à minimiser ou maximiser certains critères. Dans de nombreux modèles d'optimisation de maintenance, la fonction objective se concentre sur un seul critère, tel que le coût, la disponibilité ou la fiabilité [24]. Selon ces mêmes auteurs, l'objectif de la fonction maintenance est d'apporter un soutien au processus de production en assurant des niveaux adéquats de disponibilité, de fiabilité, d'exploitation et de sécurité, tout en respectant des contraintes de coût acceptables.

En gros, l'optimisation de la maintenance vise à atteindre des objectifs spécifiques en prenant en compte des critères tels que le coût, la disponibilité et le bénéfice. Ces critères contribuent à améliorer les performances globales du système et à assurer un fonctionnement efficace et rentable.

II.6.1. Minimiser les coûts

La transition de l'entretien à la maintenance n'est pas une décision prise à la légère, mais plutôt une réponse nécessaire aux conséquences graves de l'attente passive de la défaillance. Cette attitude entraîne des déficits budgétaires à court terme en raison des coûts de maintenance, à la fois directs et indirects, ainsi qu'à long terme en accélérant le processus de dégradation du système. Il est donc impératif d'adopter une approche proactive de la maintenance pour minimiser les coûts et assurer la durabilité à long terme du système.

Selon Javel [25], lorsque le coût indirect de maintenance dépasse le double du coût direct, il est recommandé d'augmenter le budget alloué à la maintenance (en privilégiant la MP) afin de réduire les coûts indirects. Cependant, il est souvent difficile de convaincre les industriels d'investir davantage dans la maintenance, car les dépenses en maintenance sont visibles sur le plan comptable, tandis que les bénéfices le sont moins. Il est important de prendre en compte les gains à long terme obtenus grâce à une maintenance efficace, tels que la réduction des arrêts de production, l'optimisation des performances, la prolongation de la durée de vie des équipements et la minimisation des risques d'incidents. Bien que ces avantages ne soient pas toujours facilement quantifiables sur le plan financier, ils contribuent à assurer la pérennité et la rentabilité à long terme des

installations industrielles. Ainsi, il est essentiel de sensibiliser les acteurs industriels à l'importance stratégique de la maintenance préventive et aux bénéfices tangibles qu'elle peut apporter à l'ensemble du système. [15]

Ci-après, une figure illustrant l'impact de la MP sur le coût total de la maintenance :

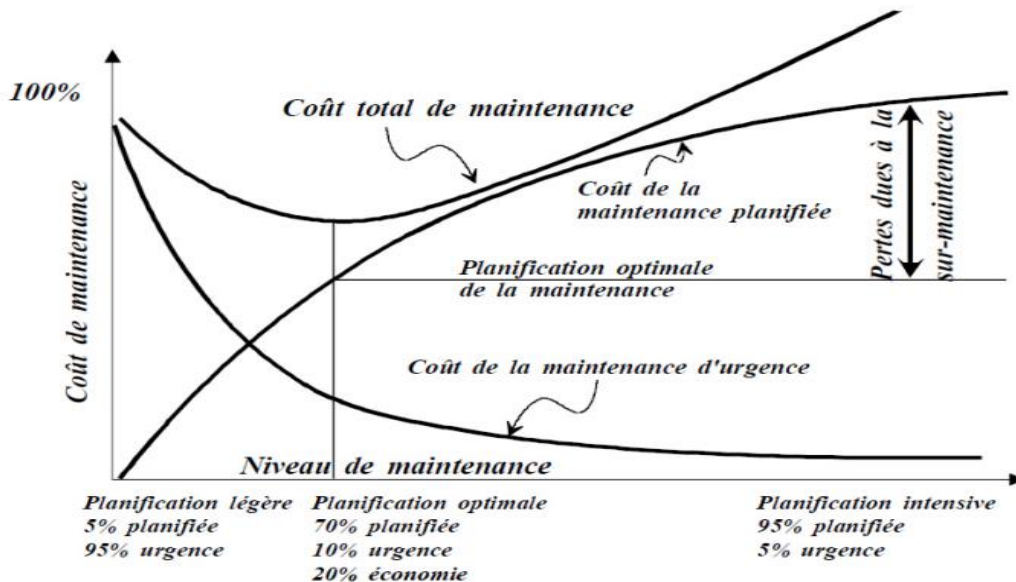


Figure 1.1 Courbe des coûts de maintenance en fonction de la planification [9]

II.6.2. Améliorer la disponibilité

La maintenance joue un rôle essentiel dès la phase de conception en améliorant la disponibilité de l'équipement. Cela implique de rendre les pièces et sous-systèmes fragiles plus accessibles et de simplifier leur démontage. Une planification optimale est cruciale pour améliorer la disponibilité opérationnelle, qui représente le temps de bon fonctionnement par rapport au temps total. Réduire les temps d'arrêt liés aux défaillances est l'objectif principal, bien que cela puisse entraîner des coûts plus élevés. Il est donc important de trouver le juste équilibre entre une planification optimale et la maîtrise des coûts de maintenance, en évaluant attentivement les coûts et les avantages associés à différentes stratégies. [15]

Ci-après une figure qui résume tout ça :

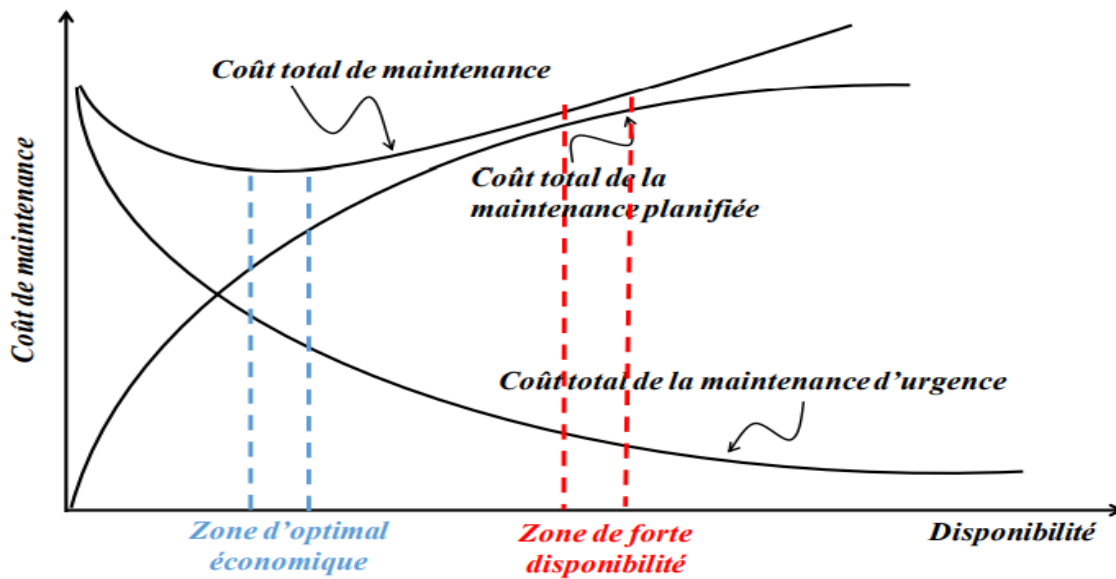


Figure 1.2 Évolution des coûts de maintenance en fonction de la disponibilité [9]

II.6.3. Maximiser le bénéfice

La recherche d'un équilibre entre la minimisation des coûts de maintenance et la maximisation de la disponibilité du système peut être complexe. Une approche consiste à utiliser le critère du bénéfice pour prendre en compte à la fois la rentabilité globale de l'entreprise et les aspects financiers liés à la disponibilité et aux coûts de maintenance. Le bénéfice représente la rentabilité après déduction de toutes les dépenses et dépend de la disponibilité (ce qui permet une production maximale) et des coûts de maintenance. Étant donné que les coûts de maintenance peuvent représenter une part importante des dépenses, il est crucial d'évaluer le bénéfice global pour prendre des décisions éclairées. Cette approche permet de trouver un compromis optimal entre les objectifs contradictoires en maximisant la rentabilité tout en maintenant une disponibilité adéquate. En conséquence, une entreprise peut améliorer sa performance globale en prenant en compte à la fois les aspects financiers et opérationnels de la maintenance. [15]

III. Conclusion

En conclusion, ce chapitre a abordé les rappels théoriques sur les politiques de maintenance. Nous avons examiné les différents types de politiques, tels que la maintenance préventive, la maintenance corrective, et la maintenance conditionnelle, ainsi que leurs caractéristiques et leurs avantages. Nous avons également souligné l'importance de choisir une politique de maintenance appropriée en fonction des objectifs de disponibilité, de coût et de fiabilité. De plus, nous avons évoqué les limites des politiques existantes et les besoins de recherche future. En résumé, une bonne compréhension des politiques de maintenance est essentielle pour assurer une gestion efficace des actifs et optimiser les performances des systèmes industriels.

Chapitre 2

Présentation de Cevital et Description du cas d'étude « Vis doseuse » (M607A)

I. Introduction

L'introduction d'une vis doseuse est essentielle dans de nombreux processus industriels, permettant un dosage précis et régulier des matériaux. Cependant, il est fréquent que ces vis doseuses rencontrent des pannes qui peuvent entraîner des interruptions de production et des pertes financières considérables. Il devient donc impératif de trouver des solutions de maintenance efficaces pour prévenir ces pannes et assurer un fonctionnement continu de la vis doseuse. Cette introduction met en évidence la nécessité de développer des stratégies de maintenance spécifiques MP pour maximiser la disponibilité et la fiabilité de la vis doseuse, minimisant ainsi les arrêts de production et optimisant les performances globales de l'entreprise.

Dans le présent chapitre, nous aborderons succinctement le processus de raffinage de l'huile au sein de Cevital, en mettant l'accent sur les composants essentiels impliqués. Notre attention se portera plus particulièrement sur un équipement clé, à savoir la vis doseuse « également connue sous le nom technique de **M607A** », qui joue un rôle crucial dans le dosage précis de la terre lors du processus de décoloration. Nous examinerons les caractéristiques et le fonctionnement de cette vis doseuse, étant donné son importance dans la qualité et l'efficacité de notre processus de raffinage de l'huile.

I. Historique et présentation de Cevital

Le Groupe **Cevital**, une société par actions (SPA) fondée en 1998, est reconnu comme un acteur majeur dans le paysage économique algérien. Avec M. ISSAD Rebrab et ses fils comme actionnaires principaux, Cevital s'est développé grâce à une histoire riche et des valeurs solides qui ont contribué à son succès et à sa renommée. En tant que pionnier parmi les entreprises privées algériennes, Cevital a franchi des étapes historiques importantes pour devenir un groupe d'envergure mondiale, comptant plus de 18 000 employés répartis sur trois continents.

Dans le domaine de l'industrie agroalimentaire, Cevital joue un rôle clé en répondant à la demande nationale tout en explorant les opportunités d'exportation. Son activité industrielle vise à offrir une large gamme de produits de qualité, tels que l'huile, la

margarine, le sucre, l'eau minérale et les boissons fruitées. Avec des capacités de production actuelles de 1800 tonnes par jour, Cevital excède même la demande nationale d'huile, ce qui lui permet d'exporter 600 tonnes par jour.

Cevital occupe une position de leader dans le secteur agroalimentaire en Algérie et met l'accent sur le développement de sa production pour garantir la qualité et les normes de ses produits. L'entreprise se distingue également par l'utilisation d'outils modernes tels que le logiciel efficace "Coswin" et par son expertise en gestion des différentes fonctions. Ainsi, CEVITAL s'engage à répondre aux besoins de sa clientèle tout en contribuant à la croissance économique du pays.

II. Produits fabriqués par Cevital

Cevital, enregistrant une croissance annuelle de 50% depuis sa création, est devenue un leader dans plusieurs secteurs de l'industrie agroalimentaire en répondant aux besoins du marché national et en créant 600 emplois par an. L'entreprise poursuit sa stratégie de croissance et de diversification en entreprenant plusieurs projets. Cevital Agro-industrie comprend plusieurs unités de production, telles que des raffineries d'huile et de sucre, une margarinerie, une unité de conditionnement d'eau minérale, une unité de fabrication de boissons rafraîchissantes sans alcool, une conserverie, des silos portuaires et un terminal de déchargement portuaire.

En plus des huiles alimentaires, l'entreprise propose une gamme variée de produits dérivés que nous aborderons ci-après.

III.1 Les huiles végétales

Le complexe Cevital produit deux types d'huile de table de différentes qualités et différents logos, elles sont connues sous les appellations suivantes :

- Fleuriel : 100% tournesol sans cholestérol, riche en vitamine (A, D, E).
- Elio : ce sont des huiles 100% végétales sans cholestérol, contiennent de la vitamine E.

Ces huiles végétales sont issues essentiellement de la graine de tournesol, Soja et de Palme, conditionnées dans des bouteilles de diverses contenances allant de (1 à 5 litres), après qu'elles aient subi plusieurs étapes de raffinage et d'analyse.



Figure 2.1 Huile Fleurial



Figure 2.2 Huile Elio

III.2. Margarinerie et graisses végétales

Le groupe Cevital produit une gamme variée de margarine riche en vitamine A, B et C. Certaines margarines sont destinées à la consommation directe telle que : Mâtina, la Parisienne pour le feuillage, le beurre gourmand Fleurial et d'autres sont spécialement produites pour le besoin de la pâtisserie moderne comme le s'men Medina.



Figure 2.3 Margarine Fleurial



Figure 2.4 Mâtina



Figure 2.5 Margarine la Parisienne



Figure 2.6 S'men Medina

III.3. Les sucres

Le groupe Cevital offre un sucre sous le nom (SKOR) raffiné de qualité supérieure conditionné dans des sacs de 50 kg et commercialisé soit en morceaux dans des boîtes soit en sachets de 1,2 et 5 kg.

Les sucres blanc et roux de Cevital confèrent une sécurité à toutes les étapes de fabrication et garantissent un sucre qui répond à toutes les exigences de qualité.



Figure 2.7 Sucre Blanc



Figure 2.8 Sucre Roux

III.4 Boissons (Eau minérale et Jus)

Il s'agit de jus de fruits, Soda, d'eau minérale Lalla Khedidja pure et naturelle est directement captée à la source au cœur du massif montagneux du **Djurdjura**.



Figure 2.9 Eau Lalla Khedidja



Figure 2.10 Jus tchina

III. La structure organisationnelle de Cevital

Cevital fonctionne avec une structure organisationnelle qui comprend un directeur général responsable de la sécurité et de la gestion optimale des ressources. Le directeur général est soutenu par deux directions d'assistance : le secrétariat de la direction et la direction de l'hygiène et de la sécurité. Ces directions assistantes, ainsi que le directeur général, forment la direction générale du complexe. La direction générale assure la coordination entre les autres directions, et la structure organisationnelle est décomposée comme illustrée dans le schéma ci-dessous.

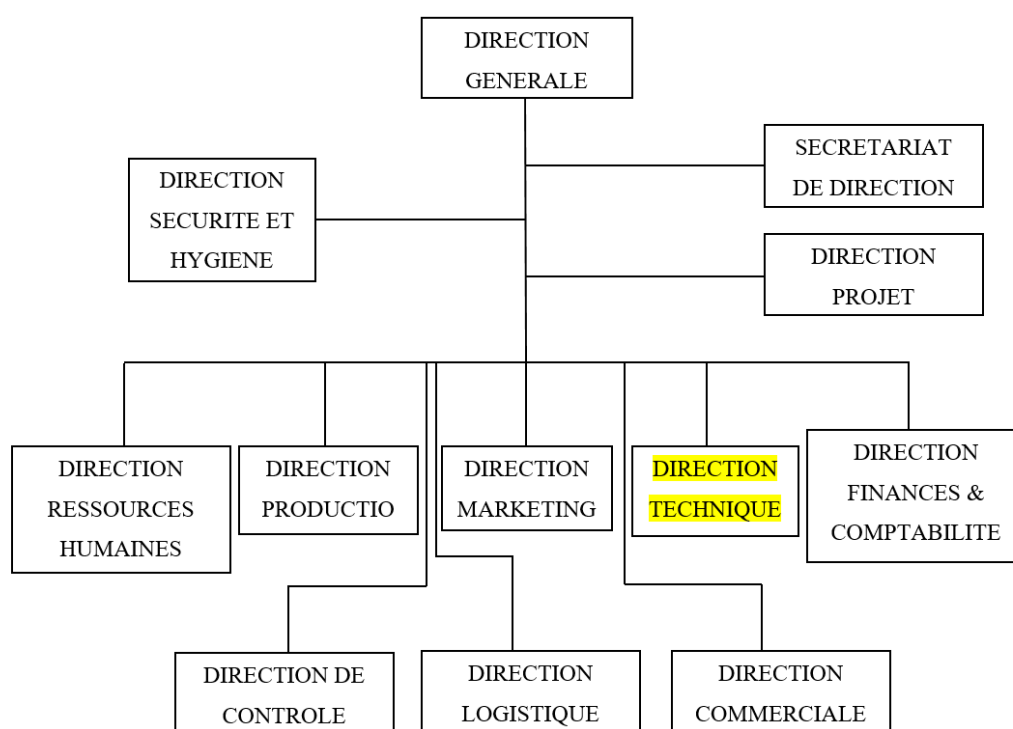


Figure 2.11 L'organigramme général de Cevital

IV. Raffinage des huiles végétales

V.1. Généralités sur le raffinage

Le raffinage est un processus essentiel dans l'industrie alimentaire. Il vise à purifier l'huile brute extraite des graines oléagineuses afin d'obtenir un produit de qualité supérieure, tant sur le plan nutritionnel que gustatif. Ce processus comprend plusieurs étapes, telles que le dégommage, la neutralisation, la désodorisation et la filtration, qui éliminent les impuretés, les acides gras libres et les substances indésirables. Le raffinage permet

également d'améliorer la stabilité et la durée de conservation de l'huile végétale, garantissant ainsi sa qualité et sa sécurité pour une utilisation dans diverses applications culinaires et industrielles. [26, 27]

V.2. Processus de raffinage de l'huile végétale en général

Le processus de raffinage de l'huile végétale comprend plusieurs étapes essentielles qui permettent d'obtenir une huile de haute qualité. Ces dernières sont cités ci-dessous :

La première étape est le **dégommage enzymatique**, où des enzymes spécifiques sont ajoutées à l'huile brute pour éliminer les phospholipides indésirables. Ces enzymes se lient aux phospholipides et les dégradent, facilitant leur élimination ultérieure.

Ensuite, vient la **neutralisation**, où de la soude caustique est utilisée pour éliminer les acides gras libres présents dans l'huile. Cela permet de réduire l'acidité de l'huile et d'améliorer sa stabilité.

La **désodorisation** est une étape cruciale pour éliminer les composés volatils responsables des odeurs indésirables. L'huile est soumise à une vapeur sous vide pour éliminer les odeurs et les saveurs indésirables, obtenant ainsi une huile avec une saveur neutre.

Ensuite, la **décoloration** là ou notre équipement s'y trouve, elle est réalisée en utilisant des adsorbants tels que l'argile activée pour éliminer les pigments et obtenir une couleur plus claire et attrayante.

La **filtration** est une étape de clarification supplémentaire où l'huile est filtrée pour éliminer les dernières impuretés et particules indésirables.

Enfin, le **refroidissement** permet de stabiliser l'huile et de la préparer pour l'emballage et la distribution.

Ces différentes étapes du processus de raffinage de l'huile végétale garantissent la production d'une huile propre, pure et de haute qualité, répondant aux normes et aux exigences de l'industrie alimentaire. [28, 29]

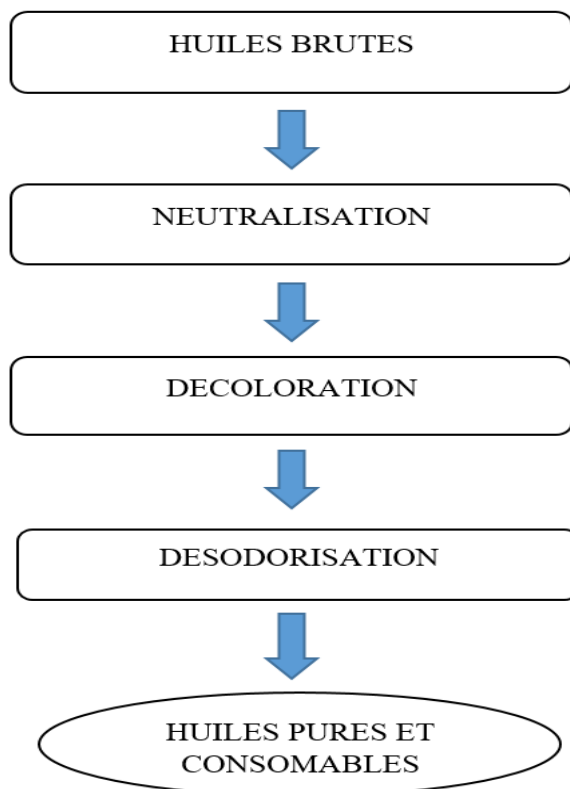


Figure 2.12 Organigramme du processus de raffinage

V.2. La décoloration

Le prétraitement sec vise à modifier les gommes ou phosphatides présents dans l'huile en utilisant un traitement acide. Cette modification permet leur élimination lors du processus de décoloration. Ce traitement est généralement suffisant pour les huiles à faible teneur en gommes, telles que l'huile de palme, de palmiste ou de noix de coco, qui subissent un raffinage physique. Les huiles fluides comme le tournesol, le maïs, le soja et le colza subissent d'abord un processus de dégommage et de neutralisation avant d'être soumises à cette étape. Le processus de décoloration élimine les pigments, les gommes résiduelles, les produits oxydés, les composés polycycliques et autres impuretés présentes dans l'huile. Il se fait en mélangeant l'huile avec une terre décolorante activée à l'acide, à une température contrôlée, sous vide pour éviter l'oxydation. La terre décolorante est ensuite séparée de l'huile par filtration. La dernière étape consiste à filtrer à nouveau l'huile pour éliminer toute trace de terre décolorante résiduelle.

V.3. Processus de décoloration au sein de Cevital

La pompe d'alimentation (PT501) transfère l'huile provenant du tank d'alimentation intermédiaire (T501), qui sert également de sécheur d'huile, vers la section de traitement. Dans le contacteur (T504), l'huile est mélangée à l'acide provenant du dispositif de dosage d'acide (T534CA-PT534CA). Le mélange huile/acide est ensuite introduit dans le réacteur acide (T503) où les gommés non hydratés sont rendus hydratés. La terre décolorante est dosée dans l'huile à l'aide d'un dispositif de dosage volumétrique, **une vis doseuse (607A) est utilisée pour doser la quantité de terre décolorante requise dans le réacteur acide (T503)**, puis l'huile passe par un réchauffeur continu combiné avec le décolorateur (622/21). L'agitation se fait par injection de vapeur vive pour assurer une désaération et une dispersion optimale de la terre décolorante dans l'huile. Le mélange huile/terre est ensuite filtré par les filtres principaux (616A) et l'huile filtrée est stockée dans le réservoir d'huile filtrée (682B). Une partie de l'huile récupérée des gâteaux de filtration est séparée de la vapeur et recyclée dans le réservoir (682A). Les vapeurs émises pendant le processus de filtration sont condensées dans un condenseur (623/82A). Dans la figure suivante on montrera les équipements de dosage de la terre décolorante. [30]

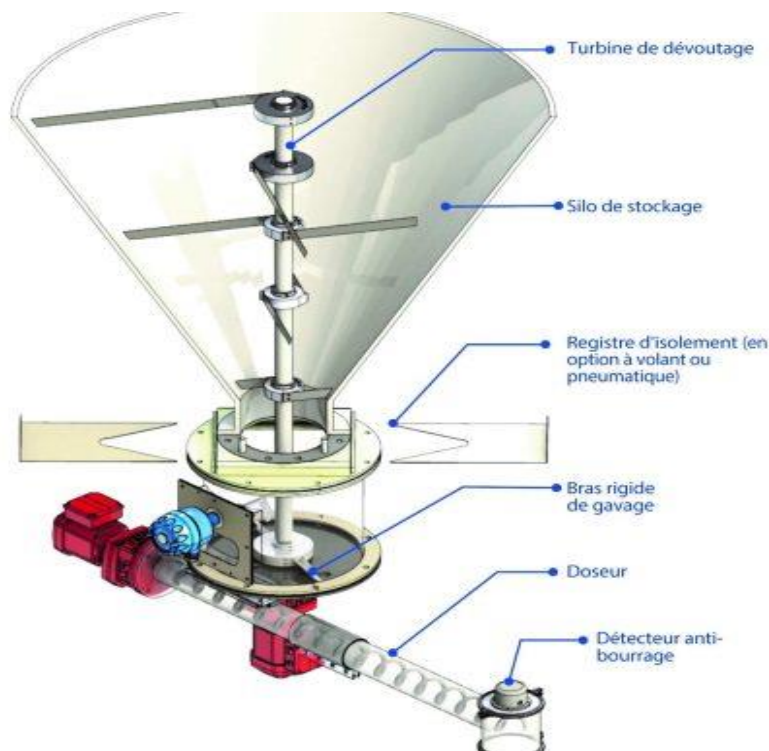


Figure 2.13 Illustration des équipements de dosage de la terre décolorante

PRESENTATION DE CEVITAL ET DESCRIPTION DU CAS D'ETUDE « VIS DOSEUSE »

Ci-après un schéma structurel du processus de décoloration de l'huile à l'aide de la terre décolorante au sein de la raffinerie d'huile de Cevital.

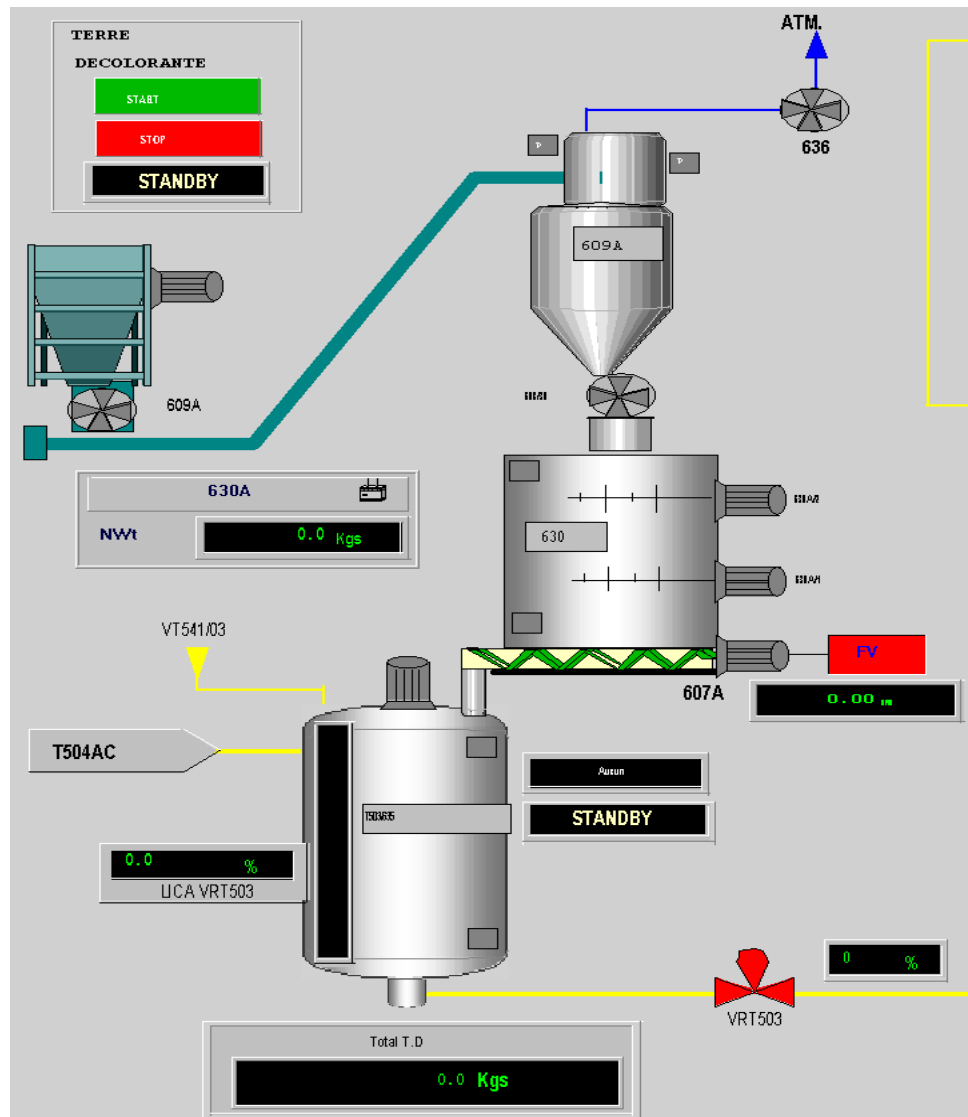


Figure 2.14 Processus de décoloration de l'huile au sein de Cevital

V. Description de la vis doseuse et son mode de fonctionnement

Le dispositif de dosage de terre décolorante fourni par Desmet Ballestra est une vis doseuse spécialement conçue pour répondre aux besoins de précision et de performance dans le processus de raffinage des huiles. Elle fonctionne en utilisant une vis sans fin qui tourne, entraînant ainsi la terre décolorante vers la sortie, le débit est contrôlé en ajustant sa vitesse de rotation, permettant ainsi un dosage précis dans divers processus industriels.

PRESENTATION DE CEVITAL ET DESCRIPTION DU CAS D'ETUDE « VIS DOSEUSE »

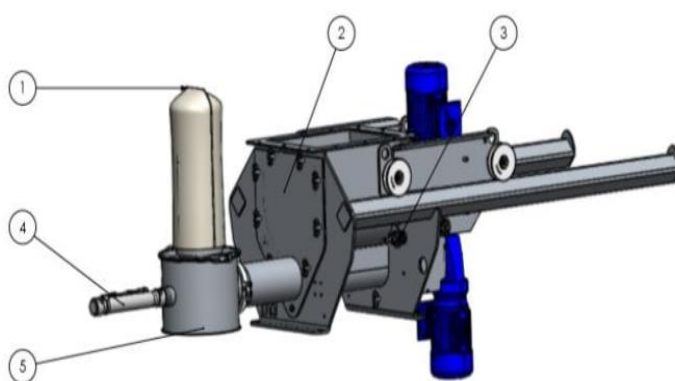
Elle est équipée d'un limiteur de couple pour assurer un fonctionnement sûr et d'une étanchéité parfaite des paliers afin d'éviter les problèmes rencontrés précédemment sur le projet Cevit 4.

La fonction principale de la **M607A** est de doser la terre décolorante provenant de la sortie de la trémie (**630A**) dans le réacteur huile-terre (**635**). Il a été dimensionné pour un dosage maximum de 16 kg par tonne d'huile traitée, permettant ainsi un contrôle précis de la quantité de terre décolorante ajoutée.

Le dispositif de dosage de Desmet Ballestra est de type vis doseuse « **M607A** » et est monté horizontalement sous le réservoir de terre décolorante. Il est construit en utilisant des matériaux de haute qualité pour assurer sa durabilité et sa performance. Le corps est en acier au carbone, les ailettes sont en acier inoxydable de qualité **304**.

Ce dispositif est livré avec divers composants essentiels, notamment un motoréducteur, des paliers lubrifiés et des boîtes d'étanchéité spécialement conçues pour traiter la terre décolorante. De plus, il est équipé d'un variateur de fréquence pour ajuster la vitesse de la vis doseuse en fonction des besoins spécifiques du processus de raffinage.

En résumé, le dispositif de dosage de terre décolorante de Desmet Ballestra est un équipement fiable et performant qui assure un dosage précis de la terre décolorante dans le processus de raffinage des huiles. Avec ses caractéristiques de sécurité, de construction robuste et de contrôle précis, il offre une solution efficace pour les besoins de dosage dans l'industrie du raffinage des huiles.



1. Manchette filtrante
2. Nez doseur
3. Capteur magnétique de sécurité
4. Vérin ISO
5. Sortie verticale
6. Bâti doseur
7. Homogénéisateur
8. Roue

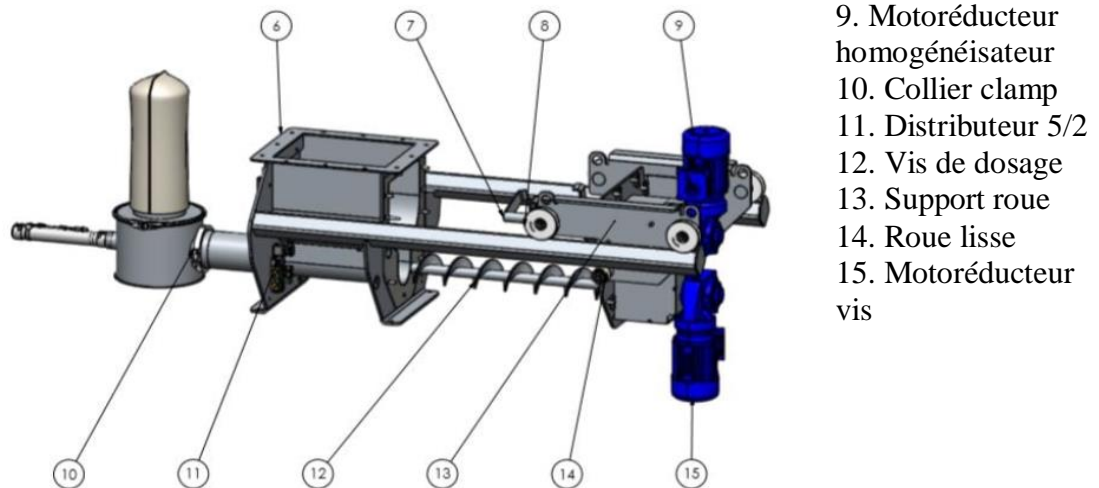


Figure 2.15 Description technique de la vis doseuse

VI. Les problèmes que rencontre cet équipement

Une vis doseuse, également connue sous le nom de vis d'alimentation, est couramment utilisée dans l'industrie pour le transport et le dosage de différents types de matériaux en vrac. Voici quelques problèmes courants auxquels une vis doseuse peut être confrontée dans l'industrie :

1. Bourrage ou obstruction : La vis doseuse peut se boucher en raison de l'accumulation de la terre décolorante dans le canal de transport. Cela peut se produire en raison de la cohésion, de l'agglomération ou de l'adhérence de cette dernière, entraînant un arrêt total ou une diminution du débit.
2. Usure et dégradation : L'utilisation prolongée de la vis doseuse peut entraîner son usure, en particulier au niveau des pales ou des filets de la vis. L'usure excessive peut affecter l'efficacité du transport et entraîner une variation du dosage.
3. Incohérence du dosage de la terre : Des variations du dosage peuvent survenir en raison de problèmes tels que des fluctuations de la vitesse de rotation de la vis, des variations de la densité de la terre décolorante, des problèmes de synchronisation avec d'autres équipements, ou des problèmes de contrôle du débit.

4. Fuite de la terre décolorante : Des fuites peuvent se produire autour de la vis doseuse, que ce soit au niveau des joints ou des trémies d'alimentation. Cela peut entraîner des pertes de matériau, une contamination environnementale et des problèmes d'hygiène.

5. Accumulation de la terre décolorante : L'accumulation de la terre autour de la vis doseuse, par exemple dans les trémies ou les zones de transition, peut provoquer des blocages ou des irrégularités dans le flux de la terre, affectant ainsi le dosage.

Les problèmes de la vis doseuse peuvent avoir un impact sur l'efficacité de la production, la disponibilité, la qualité du produit final et la sécurité des opérations.

Il est important de surveiller régulièrement la performance de la vis doseuse, de maintenir une solution adéquate et de prendre des mesures correctives en cas de problèmes c'est pour cela qu'on va proposer un modèle de maintenance pour réduire le nombre de défaillance recensé et minimiser les couts que peuvent engendré des maintenances à répétitions.

VII. Conclusion

Dans ce chapitre on a brièvement parlé de Cevital, son histoire et ses produits bien sûr. Ensuite on a commencé à décrire la structure de cette industrie afin de pouvoir parlé de la raffinerie d'huile là où se trouve la « **M607A** » qui suscite l'attention des ingénieurs et techniciens de maintenance de l'unité de raffinage. Par la suite, nous avons procédé à une description approfondie de l'équipement en question, en mettant en évidence les problèmes fréquemment rencontrés par notre vis doseuse au sein de cette unité. Dans le but de résoudre ces défaillances récurrentes, nous allons élaborer une politique adaptée, prenant en compte les spécificités de l'équipement et les contraintes de fonctionnement de l'unité.

Chapitre 3

Optimisation de la maintenance préventive de la vis doseuse « M607A »

I. Introduction

La mise en place de politiques de maintenance préventive pour les machines et les équipements vise généralement à prévenir ou à ralentir le processus de détérioration. Cependant, leur justification repose sur leur rentabilité, leur capacité à réduire les défaillances et à prolonger la durée de vie des équipements. Il convient de souligner que l'efficacité de ces politiques dépend du fait que le taux de défaillance augmente avec le temps. En d'autres termes, la maintenance préventive est pertinente lorsque les coûts évités grâce à la prévention des défaillances sont supérieurs aux coûts engagés pour la maintenance préventive elle-même. Ainsi, une analyse coût-bénéfice approfondie est nécessaire pour évaluer l'efficacité de ces politiques dans chaque contexte spécifique.

Dans ce chapitre nous allons proposer une solution pertinente au problème que rencontre l'unité de raffinage d'huile au sein de Cevital qui est la détermination du temps optimum de remplacement en usant du modèle de maintenance préventive avec réparation minimale à la défaillance afin de trouver le temps opportun pour effectuer une MP et éviter les arrêts récurant et les pertes économiques.

II. Collecte et constitution d'échantillons de données

Dans le cadre de cette étude, un échantillon de données datant du 17/12/2019 au 23/02/2023 a été collecté pendant ma période de stage pour estimer les **TBF** (Time Between Failures) de l'équipement M607A. De plus, les coûts correctifs 96146278,31 Da et préventifs 115141,8 Da associés ont été enregistrés pour évaluer l'impact économique de différentes stratégies de maintenance.

III. Traitement de données

L'échantillon a été sélectionné de manière aléatoire à partir de la base de données de Cevital « Coswin », comprenant des enregistrements de défaillances et les coûts correspondants sous forme de fichier Excel qui ont servi à calculer les **TBF** et ce en prenant la date de fin de l'action de maintenance moins la date de début, afin de trouver les valeurs exactes des **TBF** (en jours). En utilisant la distribution de Weibull et la

méthode du maximum de vraisemblance, les données ont été ajustées à un modèle probabiliste pour estimer les paramètres de la distribution, tels que le paramètre de forme β (bêta) et le paramètre d'échelle η (êta). L'organigramme suivant nous montre comment les TBF ont été calculé

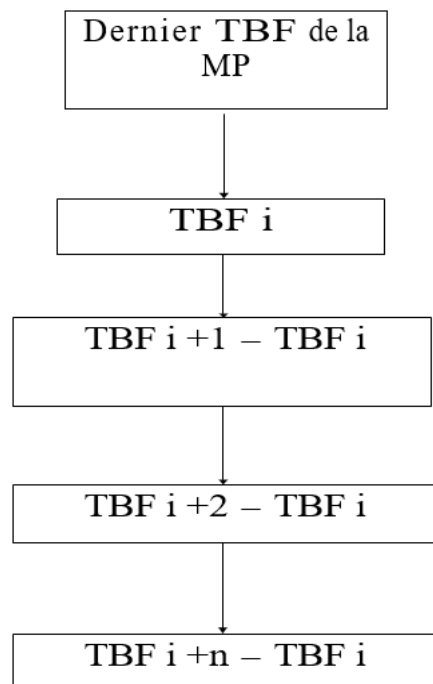


Figure 3.1 Calcul de TBF selon AGAN

Grâce à ces valeurs, il sera possible d'estimer le T^* (temps optimum de remplacement), qui représente la durée optimale pour effectuer les actions de MP afin de minimiser les coûts totaux, incluant à la fois les coûts correctifs et préventifs. L'estimation précise du T^* est essentielle pour prendre des décisions éclairées en matière de planification de la maintenance préventive et d'optimisation des ressources.

Ci-après, une partie de l'échantillon qu'on a utilisé pour estimer les paramètres de forme et d'échelle de la loi de Weibull avec la méthode de maximum de vraisemblance.

$TBF = [2, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 28, 37, 40, 41, 45, 46, 50, 53, 55, 57, 61, 65, 70, 72, 89, 90, 134, 135, 136, 146, 150, 214, 227, 235, 238, 254, 268, 327, 334, 352, 355, 361, 365, 367, 381, 384, 391, 413, 415, 425, 447, 477, 487, 491, 504, 517, 545, 556, 563, 564, 599, 603, 609, 620, 646, 647, 657, 671, 674, 677, 680, 682, 688, 692, 696, 701, 702, 703, 706, 707, 708, 709]$ Jours.

En résumé, l'échantillon de données collectées, combiné à l'utilisation de la distribution de Weibull et de la méthode du maximum de vraisemblance, permettra d'estimer le Temps optimum de remplacement dans le contexte de la MP avec réparation minimale à la défaillance, en prenant en compte les aspects économiques liés aux coûts correctifs et préventifs.

IV. Ajustement de la loi de fiabilité

IV.1. Loi de Weibull

La loi de Weibull est largement utilisée dans le domaine de la fiabilité en raison de sa popularité et de sa flexibilité. Elle est considérée comme une loi de probabilité polyvalente car elle englobe d'autres lois de probabilité telles que la loi exponentielle et la loi de Rayleigh. La loi de Weibull est généralement définie par deux paramètres principaux, à savoir le paramètre de forme β et le paramètre d'échelle η . Parfois, un troisième paramètre, le paramètre de localisation γ , est également pris en compte pour tenir compte d'un éventuel décalage du point de départ de la courbe par rapport à l'origine.

Ce qui distingue la loi de Weibull, c'est sa capacité à représenter une large gamme de comportements de défaillance. En fonction des valeurs des paramètres β et η , la courbe de la loi de Weibull peut prendre différentes formes, telles que concave, convexe ou linéaire. Cela permet de modéliser diverses caractéristiques de défaillance, telles que la défaillance précoce, la défaillance aléatoire ou la défaillance tardive.

En résumé, la loi de Weibull est une loi de probabilité largement utilisée dans le domaine de la fiabilité en raison de sa flexibilité et de sa capacité à englober d'autres lois de probabilité. Son utilisation est essentielle pour analyser et prévoir la fiabilité des systèmes dans divers secteurs industriels.

Ainsi la Loi de Weibull est caractérisée par :

La fiabilité :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.1)$$

La densité de probabilité : (3.2)

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} * \left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} * e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

Le taux de défaillance : $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} * \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$ (3.3)

IV.2. Estimation des paramètres de la loi de Weibull avec la méthode de maximum de vraisemblance

Ayant un échantillon t_1, t_2, \dots, t_n , d'une distribution de Weibull avec une fonction de densité de probabilité :

$$f(t, \beta, \eta) = \frac{\beta}{\eta} * \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} * e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.4)$$

Sachant que $\beta > 0$ et $\eta > 0$.

Fonction de vraisemblance :

$$L(\beta, \eta) = \prod_{i=1}^n \frac{\beta}{\eta} * \left(\frac{t_i}{\eta}\right)^{\beta-1} * e^{-\left(\frac{t_i}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.5)$$

$$= \left(\frac{\beta}{\eta}\right)^n * \left(\frac{1}{\eta}\right)^{n(\beta-1)} * \left(\prod_{i=1}^n t_i\right)^{\beta-1} * e^{-\sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.6)$$

$$= \beta^n * \eta^{-n\beta} * e^{\beta-1 * \sum_{i=1}^n t_i - \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.7)$$

Fonction de log-vraisemblance :

Maximiser une fonction ou maximiser son logarithme est équivalent donc :

$$\ln L(\beta, \eta) = n \ln \beta - n \beta * \ln \eta + (\beta - 1) \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{\eta}\right)^\beta \quad (3.8)$$

Après avoir dérivé l'équation (3.8) on aura :

Première dérivée partielle par rapport à β

$$\frac{d \ln[L(\beta, \eta)]}{d \beta} = \frac{\eta}{\beta} \quad (3.9)$$

$$- n * \ln \eta + \sum_{i=1}^n \ln(t_i) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{\eta}\right)^\beta * (\ln t_i - \ln \eta)$$

Première dérivée partielle par rapport à η

$$\frac{d \ln[L(\beta, \eta)]}{d \eta} = -\frac{n \beta}{\eta} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{\eta}\right)^\beta * \frac{\beta}{\eta} = -\frac{n \beta}{\eta} + \frac{\beta}{\eta^{\beta-1}} * \sum_{i=1}^n t_i^\beta \quad (3.10)$$

Si l'équation (3.10) =0, on obtient :

$$\eta = \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n}\right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (3.11)$$

En remplaçant l'équation (3.11) dans l'équation (3.9), on obtient :

$$\frac{d \ln[L(\beta, \eta)]}{d \beta} = \frac{n}{\beta} - \frac{n}{\beta} * \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n}\right) + \sum_{i=1}^n t_i \quad (3.12)$$

$$- \sum_{i=1}^n \frac{t_i^\beta}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n}\right)} \left(\ln t_i - \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n}\right)\right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{n}{\beta} - \frac{n}{\beta} * \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n} \right) \\
 &\quad + \sum_{i=1}^n \ln t_i - \frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta * \ln t_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n} \right)} \\
 &\quad + \frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta * \frac{1}{\beta} * \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n} \right)}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n} \right)}
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{n}{\beta} - \frac{n}{\beta} * \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n} \right) \\
 &\quad + \sum_{i=1}^n \ln t_i - \frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta * \ln t_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n} \right)} + \frac{n}{\beta} * \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n} \right)
 \end{aligned} \tag{3.14}$$

$$= \frac{n}{\beta} + \sum_{i=1}^n \ln t_i - \frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta * \ln t_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n} \right)}. \tag{3.15}$$

Si on met l'équation (3.15) = 0,

On obtiendra alors :

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta * \ln t_i}{\frac{\sum_{i=1}^n t_i^\beta}{n}} - \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_i}{n} \tag{3.16}$$

En utilisant le logiciel **STATISTICA**, on a pu estimer les paramètres de forme β et d'échelle η , en introduisant les valeurs des **TBF**, puis en relevant les résultats obtenus :

Figure 3.2 remplacement périodique avec réparation minimale

L'équation du cout est :

$$C(T) = \frac{E(c)}{E(T)} \quad (3.17)$$

Où l'espérance du cout est :

$$E(C) = Cc * H(T) + KCp \quad (3.18)$$

Et l'espérance du temps est :

$$E(T) = KT \quad (3.19)$$

K est un entier naturel qui représente le nombre de période après lequel on procède au renouvellement (K=1, 2, 3, ...etc) et H (T) représente le nombre de défaillance dans une période, $\lambda(t)$ et le taux d'occurrence de défaillance, T est la période

Ainsi l'équation (3.17) deviendra :

$$C(T) = \frac{KCp + Cc * H(T)}{KT} \quad (3.20)$$

V. Résolution et interprétation

Nous sommes à la recherche d'un temps programmé optimal, noté T^* , qui minimise le taux du coût attendu, représenté par C(t), et pour se faire ci-après les étapes nécessaires pour le trouver.

Tout d'abord prenant l'expression (3.20) et en la développons on aura :

Avec :

$$H(T) = \int_0^T \lambda(t) dt \quad (3.21)$$

ET

$$\int_0^T \lambda(t) dt = \left(\frac{T}{\eta}\right)^\beta \quad (3.22)$$

Dans notre cas K égal à 1 car on a un seul cycle de remplacement, donc :

$$C(T) = \frac{Cc * \left(\frac{T}{\eta}\right)^\beta + Cp}{T} \quad (3.23)$$

$$= \frac{Cc}{T} * \frac{T^\beta}{\eta^\beta} + \frac{Cp}{T}$$

$$= Cc * T^{-1} * \frac{T^\beta}{\eta^\beta} + \frac{Cp}{T}$$

$$C(T) = \frac{Cc}{\eta^\beta} * T^{\beta-1} + \frac{Cp}{T} \quad (3.24)$$

Après on dérive (3.24) par rapport à T, puis on égale à zéro afin de retrouver le T* :

$$\frac{dC(T)}{dt} = Cc * \frac{(\beta - 1)}{\eta^\beta} * T^{\beta-2} - \frac{Cp}{T^2} \quad (3.25)$$

$$Cc * \frac{(\beta - 1)}{\eta^\beta} * T^{\beta-2} - \frac{Cp}{T^2} = 0 \quad (3.26)$$

$$Cc * \frac{(\beta - 1)}{\eta^\beta} * T^{\beta-2} = \frac{Cp}{T^2} \quad (3.27)$$

$$Cc * \frac{(\beta - 1)}{\eta^\beta} * T^\beta = Cp \quad (3.28)$$

$$T^\beta = \frac{Cp}{Cc} * \frac{\eta^\beta}{\beta - 1} \quad (3.29)$$

Finalement, on obtient l'équation finale du temps optimal pour effectuer une action de maintenance préventive sur notre équipement « **M607A** »

$$T^* = \sqrt[\beta]{\frac{Cp}{Cc} * \frac{\eta^\beta}{\beta - 1}} \quad (3.30)$$

Ainsi, en utilisant les valeurs qu'on a obtenues lorsqu'on a estimé les paramètres de forme β et d'échelle η et aussi les coûts correctifs et préventifs qu'on a collectés lors du stage passé au sein de Cevital,

On obtiendra :

$$T^* = \sqrt[2.727]{\frac{115141.8}{96146278.31} * \frac{651.034^{2.727}}{2.727 - 1}}$$

$$T^* = 45.20545398 \text{ j}$$

Alors, il faudra effectuer une action de maintenance préventive avec réparation minimale à la défaillance tous les 45 jours sur la vis doseuse « **M607A** », afin de réduire les coûts de la maintenance et la fréquence d'apparition des pannes qui sont un goulot pour l'entreprise.

VI. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné les données collectées ainsi que les estimations nécessaires pour calculer le moment optimal pour effectuer une action de maintenance préventive périodique avec réparation minimale en cas de défaillance. Ce moment optimal est représenté par T^* et concerne notre équipement spécifique, la vis doseuse (M607A), au sein de l'entreprise Cevital. La proposition de cette valeur de T^* sera utile aux ingénieurs et techniciens de Cevital pour planifier et effectuer des opérations de maintenance préventive, ce qui permettra de réduire les coûts de maintenance et la fréquence des pannes récurrentes.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Pour conclure, ce mémoire vise à déterminer le moment propice pour effectuer une maintenance préventive sur la vis doseuse « **M607A** » de la raffinerie d'huile de Cevital. L'objectif est de maximiser l'efficacité de l'équipe d'ingénieurs et de techniciens en planifiant cette action de maintenance au moment le plus opportun. En identifiant le timing idéal, il est possible de réduire les risques de défaillance de l'équipement, d'optimiser les performances et de minimiser les coûts de maintenance corrective. Cette étude permettra d'améliorer la fiabilité et la durabilité des opérations de la raffinerie.

Dans un premier temps, nous avons examiné les principes fondamentaux de la maintenance en général. Ensuite, nous avons abordé les différentes typologies de maintenance, notamment la maintenance corrective et la maintenance préventive. Nous avons également étudié des modèles d'efficacité de la maintenance afin de mieux comprendre les différentes approches et stratégies. Enfin, nous avons exploré les objectifs et les enjeux actuels de la maintenance dans l'industrie, en mettant en évidence son rôle crucial dans la préservation de la performance et de la rentabilité des entreprises.

Ensuite, nous avons abordé l'histoire de l'entreprise Cevital, décrit les produits qu'elle fabrique. Nous avons présenté notre cas d'étude spécifique, afin de mettre en évidence les problèmes rencontrés et d'obtenir une meilleure compréhension de la situation. Dans cette optique, nous avons suggéré la mise en place d'une politique de maintenance préventive adaptée au problème identifié. L'objectif de cette approche est de réduire la fréquence des défaillances et de minimiser les coûts élevés liés à la maintenance corrective, qui ont un impact significatif sur les résultats financiers de l'entreprise.

Au fil de notre étude, nous avons réussi à déterminer la période optimale pour effectuer la maintenance préventive, ce qui a nécessité la collecte de données spécifiques au sein de notre entreprise. Ces données comprenaient des informations sur les temps entre les pannes, les coûts de réparation préventive et corrective. Pour estimer les paramètres de forme et d'échelle de la distribution de Weibull, nous avons utilisé la méthode de maximum de vraisemblance avec l'outil de calcul statistique « STATISTICA », il existe

d'autres outils qui nous permettent d'estimer les paramètres de la loi de Weibull en usant de la méthode de maximum de vraisemblance, tels que Matlab, le R ou Python, un langage de programmation informatique couramment utilisé pour les calculs.

En utilisant la formule du coût de la politique de maintenance préventive avec réparation minimale à la défaillance, nous avons effectué les calculs nécessaires. Les détails et les résultats de ces calculs sont présentés dans la troisième partie de notre étude, consacrée à la résolution et à l'interprétation des données.

Il est important de souligner que cette approche basée sur l'analyse des données spécifiques de notre entreprise, nous a permis de déterminer le meilleur moment pour effectuer la maintenance préventive, en prenant en compte à la fois la fiabilité des équipements et les coûts associés. Ces résultats fournissent une base solide pour optimiser notre stratégie de maintenance et maximiser l'efficacité de nos opérations

Les calculs ont abouti à la conclusion que la vis doseuse doit être soumise à une maintenance préventive tous les **45 jours**. Cette fréquence a été déterminée dans le but de prévenir les arrêts récurrents, en réduisant leur occurrence, tout en minimisant les coûts considérables associés à la maintenance corrective. Ainsi, en respectant ce calendrier de maintenance préventive, l'entreprise peut optimiser la disponibilité et la performance de la vis doseuse, garantissant un fonctionnement plus fiable et rentable de la raffinerie d'huile.

Reference bibliographique

- [1] Wang, H. and Pham, H. Reliability and optimal maintenance. Springer Science & Business Media, 2006.
- [2] Chandler, A.D Jr. Strategies et structures de l'entreprise. Editions d'Organisation, Paris, 1989.
- [3] AFNOR. En 13306-x60-319 (2001). Terminologie de la maintenance, 2001.
- [4] Molbey, R.K. AN Introduction to Predictiae Maintenance, Yan Nostrand Reinhold, 1990.
- [5] Deloux, E. Politiques de maintenance conditionnelle pour un système à dégradation continue soumis à un environnement stressant. PhD thesis, Université de Nantes, 2008.
- [6] Retour, D., Bouche, M. and Plauchu, V. Où va la maintenance industrielle. Problèmes économiques, 2 :7-13, 1990.
- [7] Ribot, P. Vers l'intégration diagnostic/pronostic pour la maintenance des systèmes complexes. PhD thesis, Université Paul Sabatier-Toulouse III, 2009.
- [8] Lesobre, R. Modélisation et optimisation de la maintenance et de la surveillance des systèmes multi-composants-Applications à la maintenance et à la conception de véhicules industriels. PhD thesis, Université Grenoble Alpes, 2015.
- [9] AIT MOKHTAR, El. Cour Master 2 Maintenance Industrielle : « Modèles de maintenance » Université de Béjaïa,2022.
- [10] Doyen, L and Gaudoin, O. Modélisation de l'efficacité de la maintenance des systèmes réparables-synthèse bibliographique. Contract Report T50L47 F, 555, 2004.
- [11] STANDARD INDUSTRIE INTERNATIONAL, site web
« <https://www.standard-industrie.com/maintenance-industrielle/la-maintenance-curative/> » consulté le 16 Avril 2023
- [12] LAGGOUNE, R. « Optimisation de la maintenance par la fiabilité opérationnelle des systèmes multi-composants. Applications industrielles ». Thèse doctorat. Université Abderrahmane Mira de Béjaïa, 2009.
- [13] Barlow, R.E., Hunter, L.C., 1960. Optimum preventive maintenance policies. Operation Research, 8, 90-100.
- [14] Nakagawa, T. Maintenance theory of reliability. Springer Science & Business Media, 2006.
- [15] AIT MOKHTAR, El. « Optimisation de la sûreté de fonctionnement et de la maintenance des systèmes complexes par les réseaux bayésiens ». Thèse doctorat. Université Abderrahmane Mira de Béjaïa, 2016.

- [16] Zheng, X., Fard, N., 1991. A maintenance policy for repairable systems based on opportunistic failure rate tolerance. *IEEE Transactions on Reliability*, 40, 237-244.
- [17] Jayabalan, V., Chaudhuri, D., 1995. Replacement policies : a near optimal algorithm. *IIE Transactions*, 27, 784-788.
- [18] Kijima, M., Nakagawa, T., 1992. Replacement policies of a shock model with imperfect preventive maintenance. *European Journal of Operations Research*, 57, 100-110.
- [19] Nguyen, D.G., Murthy, D.N.P., 1981. Optimal repair limit replacement policies with imperfect repair. *Journal of Operational Research Society*, 32, 409-416.
- [20] Hastings, N.A.J., 1969. The repair limit method. *Operational Research Quarterly*, 20, 337- 349.
- [21] Wang, H., Pham, H., 1996. Optimal maintenance policies for several imperfect maintenance models. *International Journal of Systems Science*, 27, 543-549.
- [22] Nakagawa, T., Osaki, S., 1974. The optimum repair limit replacement policies. *Operational Research Quarterly*, 25, 311-317.
- [23] Dohi, T., Matsushima, N., Kaio, N., Osaki, S., 1997. Nonparametric repair-limit replacement policies with imperfect repair. *European Journal of Operational Research* 96 (2), 260–273.
- [24] Van Horenbeek, A., Pintelon, L. and Muchiri, P. Maintenance optimization models and criteria. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 1(3) :189–200, 2010.
- [25] Javel, G. *Organisation et gestion de la production-4e édition : Cours, exercices et études de cas*. Dunod, 2010.
- [26] Campbell J. SunFlower oil, *J. Am OilChem.Soc.* P.387-392. (1983).
- [27] Choukri A ; Kinany M.A; Gibon V ; Titriaux A. et Jamila S. Improved oil treatment conditions for soft degumming. *Eddition AOCS, Vol.78.P1157.* (2001)
- [28] Karleskind A. propriétés chimiques des corps gras. In « manuel des corps gras ». Tome1. Tec et doc. Lavoisier, paris. P 329-330. (1992).
- [29] Wolf J. P. *Manuel des corps gras*. Ed. Lavoisier Paris. ISBN. 2-85206-6629. (1992).
- [30] Desmet Ballestra, « LIGNE DE RAFFINAGE, capacité de production de 2000 Tonnes par jour » Bruxelles, 18 juillet 2022

Résumé

Le présent travail vise à déterminer le meilleur moment pour la maintenance préventive de la vis doseuse "M607A" de la raffinerie d'huile de Cevital. En étudiant les principes de maintenance, les typologies et les modèles d'efficacité, nous avons identifié les enjeux et proposé une politique adaptée. L'analyse des données spécifiques de l'entreprise a permis de définir une fréquence optimale de 45 jours pour réduire les arrêts et les coûts de maintenance corrective. En respectant ce planning, la raffinerie améliorera la fiabilité et la rentabilité de la vis doseuse.

Abstract

This work aims to determine the best time for preventive maintenance on the "M607A" metering screw at Cevital's oil refinery. By studying maintenance principles, typologies and efficiency models, we have identified the issues and proposed a suitable policy. Analysis of the company's specific data enabled us to define an optimum frequency of 45 days to reduce downtime and corrective maintenance costs. By adhering to this schedule, the refinery will improve the reliability and profitability of the metering screw.

ملخص

هدف هذا المشروع هو تحديد أفضل وقت لإجراء الصيانة الوقائية لمضخة الجرعات م607أ في مصفاة زيت سيفيتال. من خلال دراسة مبادئ الصيانة وأنواعها ونماذج الكفاءة، تم التعرف على التحديات واقتراح سياسة ملائمة. تحليل البيانات الخاصة بالشركة أسهم في تحديد تردد مثالي يبلغ 45 يومًا لتقليل التوقفات وتكاليف الصيانة التصحيحية. بالالتزام بالجدول الزمني هذا، ستحسن المصفاة الموثوقية والربحية لمضخة الجرعات.