

Optimisation de la Maintenance Préventive du Système du Parc de Stockage : Sonatrach-TRC- RTC Béjaïa

Adel-Aissanou K., Aissani D., Arkoub T. et Cherfaoui L.

lamos_bejaia@hotmail.com & ak_adel@yahoo.fr

Résumé Sur un site de stockage des hydrocarbures, la mise en place d'un plan de maintenance préventive des réservoirs de stockage s'intègre dans une stratégie de maintenance retenue pour un coût global minimum, mais aussi pour répondre aux exigences décrites dans les bonnes pratiques des visites de routines et les révisions sachant que la modélisation par les lois de fiabilités et les modèles paramétriques affirme que ces derniers sont en période de vieillesse (selon la loi de weibull).

Dans un premier temps, nous avons étudié la fiabilité des réservoirs du parc de stockage de la RTC-SONATRACH-Béjaïa. Puis, nous avons adopté une politique de maintenance préventive périodique imparfaite avec réparation minimale à la défaillance.

Plus précisément, nous avons déterminé la période optimale des révisions partielles qui minimise le coût de la maintenance, tout en considérant l'efficacité de cette dernière. Afin d'examiner la possibilité d'optimiser la période des révisions générales, nous avons également étudié l'impact de l'efficacité de la maintenance sur les équipements.

Mots clés : Fiabilité, Politique de Maintenance, Optimisation de la Maintenance Préventive, Révisions Partielles et Générales.

5.1 Introduction

La recherche opérationnelle recouvre des méthodes et techniques rationnelles pour trouver la meilleure façon pour faire des choix et aboutir au résultat visé ou au meilleur résultat possible. C'est ce que l'on appelle une aide à la décision. A partir d'une modélisation pour analyser et maîtriser des situations complexes, elle permet à un décideur de mesurer les enjeux et de choisir l'option la plus efficace.

La recherche opérationnelle liée à l'ingénierie des systèmes et au management du système d'information s'appuie sur le raisonnement mathématique-logique, probabilité, analyse des données et la modélisation de processus. Elle aide à résoudre de sujets stratégiques (un investissement, une implantation "opérationnelle ou bien ordonnancement", gestion de stock, affectation de moyens humains ou matériels à des tâches, prévision de ventes.....). Le secteur de l'informatique s'en sert pour choisir les serveurs à mettre en place, stocker des données, etc [1].

L'industrie pétrolière l'utilise pour établir des plans de production, utilise des unités de raffinage, choisir le canal de distribution le plus rentable.

Le développement de l'économie moderne se traduit par une consommation toujours croissante d'énergie. Les hydrocarbures en parlant de pétrole brut constitue aujourd'hui la source d'énergie la plus utilisée. En effet, ils fournissent l'essentiel de la consommation mondiale en énergie. Cependant, une sélection de plus en plus sévère est entrain de s'opérer : le monde actuel ne demande pas seulement toujours plus d'énergie, il exige qu'elle soit fournie sous une forme appropriée et à des conditions avantageuses.

L'usage du pétrole comme matière première pour la fabrication de produits essentiels (médicaments, protéines alimentaires, plastiques) selon les experts devrait croître énormément à l'avenir. La découverte du pétrole en Algérie remonte à l'époque française et son exploitation industrielle a été gérée par la SOPEG en 1957 jusqu'à la création de SONATRACH en 1963.

SONATRACH est la compagnie nationale algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivées. Elle a pour missions de valoriser de façon optimale les ressources nationales d'hydrocarbures et de créer des richesses au service du développement économique et social du pays.

Depuis plus de 50 ans, SONATRACH joue pleinement son rôle de locomotive de l'économie nationale. Elle a pour mission de valoriser les importantes réserves en hydrocarbures de l'Algérie. Cet acteur majeur de l'industrie pétrolière, surnommé la major africaine, tire sa force de sa capacité à être un groupe entièrement intégré sur toute la chaîne de valeur des hydrocarbures. Elle exerce ses activités dans cinq activités opérationnelles, à savoir : Exploration-Production (E&P), Transport par Canalisations (TRC), Liquéfaction et Séparation (LQS), Raffinage et Pétrochimie (RPC) et l'activité Commercialisation (COM).

SONATRACH est classée première entreprise d'Afrique, C'est un acteur majeur de l'industrie pétrolière, c'est une entreprise pétrolière et gazière algérienne, elle est structurée de plusieurs régions. Nous nous intéressons à la région RTC -Béjaia (Région Transport Centre Béjaia) où nous avons effectué notre stage, cette dernière gère les différentes opérations liées à son fonctionnement (stockage, exportation, ..) et pour ce faire, elle assure l'acheminement d'hydrocarbures à travers des pipelines et des stations de pompage vers le terminal marin Béjaia, qui est composé d'un parc de stockage, et un port pétrolier pour l'exporter.

La performance du terminal marin se mesure par le temps, la rapidité des opérations et le coût. Ces facteurs sont conditionnés par une efficacité dans la planification et la gestion optimale de la maintenance. Sachant que la maintenance corrective est bien l'intervention lors de la panne et la maintenance préventive réalisée de manière préventive est essentielle. Elle permet de mieux éviter les défaillances et de mieux se préparer à ces événements indésirables lorsqu'ils surviennent, ce qui permet notamment de mieux gérer les coûts industriels. Elle cherche à rallonger la durée de vie des outils, qui peuvent coûter très chère lorsqu'il faut les réparer en urgence ou les remplacer.

Afin d'assurer un bon fonctionnement du terminal marin, plusieurs études ont été faites. Parmi les problématiques traitées :

La première et celle réalisée en 2004, son objectif est la conception et la réalisation d'un outil de gestion de la maintenance préventive à SONATRACH. Concerne la planification et la répartition des opérations de maintenance sur les différents équipements des stations de pompage de l'oléoduc HEH-Béjaia. Il s'agit d'élaborer un planning des interventions sur les équipements, tout en prenant en considération le nombre d'heures de fonctionnement de chaque machine, l'état de fonctionnement et la qualité du produit annuelle à transporter.

La deuxième est celle réalisée en 2014 [2], l'objectif du travail est de présenter la méthode de mesure des coûts de transport des hydrocarbures (pétrole brut et gaz naturel), et ce

afin d'expliquer les différents éléments qui pèsent lourdement sur les ressources de l'entreprise pétrolière.

La troisième est celle réalisée en 2016 [3], elle avait pour objectif de garantir une meilleure sécurité offerte par les systèmes de contrôle d'accès tout en essayant de trouver un équilibre entre le rapport coût/sécurité. D'où l'intérêt après avoir fait une étude de fiabilité d'essayer d'élaborer un plan de maintenance optimal permettant de minimiser le coût total de la maintenance en optimisant les périodicités des interventions.

La quatrième est celle réalisée aussi en 2016 [4], ils se sont intéressés à la modélisation du nombre de pannes des liens de transmission de la fibre optique dans la période 2011 jusqu'à 2015.

La cinquième est celle réalisée en 2016 aussi [5], l'étude se base donc principalement sur la modélisation et la résolution du RCPSP qui consiste en l'accélération du projet en mettant l'emphase sur le compromis durée/coût. Ils ont présenté une approche basée sur l'algorithme Tabou pour l'accélération de projets de taille importante, permettant de minimiser le temps de réalisation tout en déterminant le meilleur budget additionnel possible.

La sixième est celle réalisée en 2017 [6], cette étude se base principalement sur la modélisation et la résolution d'un RCPSP avec différentes ressources et chevauchement d'activités. Le chevauchement de ces activités consiste à les exécuter en parallèle i.e les exécuter de manière séquentielle, en autorisant l'activité en aval à débiter avant la fin de l'activité en amont à partir des informations préliminaires. Cela consiste en l'allocation des ressources financières, humaines et matérielles, de manière à atteindre des objectifs bien précis. Cependant le chevauchement des activités induit la surcharge des ressources et pour remédier à cette surcharge il faut faire appel au lissage de ces ressources. Ainsi, dans ce mémoire ils ont implémenté l'heuristique de lissage 'Burgess Killebrew'.

Et plusieurs d'autres études. Dans notre travail, nous nous focalisons sur les réservoirs de stockage situés au parc de la RTC- Béjaia, qui doivent répondre au souci de fiabilité. Cette dernière est une composante essentielle dans la sûreté de fonctionnement et participe à la disponibilité de ces derniers. Qui nous a conduit à réaliser une étude d'optimisation de la maintenance, Nous avons réalisé une étude d'optimisation de la maintenance préventive sur ces derniers, afin d'étudier leur disponibilité.

5.2 Analyse de la Fiabilité du Système de Parc de Stockage de la RTC-Béjaia

Notre travail consiste à déterminer la fiabilité du parc de stockage de la RTC-Béjaia. Pour cela, nous avons estimé les paramètres de la loi de "**Weibull**" à l'aide de logiciel "**EASYFIT**" des données collectées au niveau du parc de stockage sur lequel nous allons effectuer l'application. L'objectif de section est la modélisation de la fiabilité des sous-systèmes (réservoirs de stockages) du parc de stockage par la loi paramétrique "**Weibull**".

5.2.1 Mise en Oeuvre du Plan de Maintenance

Le plan de la maintenance de la RTC-Béjaia est constitué de différents niveaux de maintenance à différentes fréquences.

1. Maintenance Niveau 1

- Les visites de routine "Rondes des techniciens exploitant, et des techniciens sécurité du Terminal".
- Les inspections trimestrielles.
- Nettoyage aux alentours de bac et sur le toit du bac.
- Désherbage de la cuvette de rétention.
- Vérification visuelle des éléments constituant le bac.
- Inspection mensuel de sécurité "HSE" :
 - a) Vérification de systèmes anti-incendie.
 - b) Vérification des diffuseurs.
 - c) Vérification des déversoirs.
- Inspection et étalonnage des instruments de mesure " Télé-jaugeur, fin de course des vanne, radars de niveau".
- Vérification de l'adhésion et d'étanchéité des joints.
- Mesure et vérification de la mise à la terre et des liaisons équipotentielles.

2. Maintenance Niveau 2 "Révision partielle"

- Réparation de certains équipements constituant le bac.
- Interventions au niveau de la vanne pied de bac, agitateurs, échelle.
- Intervention au niveau des appareils de mesure.
- Vérification et remise à niveau de la protection cathodique.
- Nettoyage et interventions sur les pompes de récupération de brute.
- Etalonnage des instruments de mesure "Télé-jaugeur, fin de course des vanne et radars de niveau".

3. Maintenance Niveau 3 (Réhabilitation du bac) "Révision générale"

- Nettoyage du réservoir.
- Inspection : C'est une expertise qui consiste à :
 - a) Etudier l'état du fond par
 - ● Un contrôle visuel.
 - ● Un contrôle ventouse.
 - ● Mesure d'épaisseur.
 - b) Localiser les tôles éventuellement perforées.
 - c) Identifier le type de corrosion son importance et sa répartition.
 - d) Déterminer l'état du dessous du toit et ses accessoires.
- Réfection totale du bac.
 - a) Réfection du fond.
 - b) Réfection de toit du bac.
 - c) Reconstitution de la fondation.
 - d) Réfection des Tôles.
 - e) Réfection des tôles périphériques.
- Contrôles et essais.
- Travaux divers : comme le
 - a) Remplacement des joints d'étanchéité des toits des bacs.

- b) Remplacement de la tuyauterie d'évacuation des eaux pluviales "CHIKSAN" par un flexidrain adéquat pour les trois bacs.
 - c) Remplacement des tuyauteries de purge, tuyauterie de drainage des eaux pluviales.
 - d) Remplacement de tous les joints des liaisons bridées (porte de visite, vannes, agitateurs, etc).
 - e) Remplacement des tampons de jauge par démontage, fourniture et pose de nouveaux.
 - f) Remplacement de toute la boulonnerie.
 - g) Remplacement des panneaux déflecteurs petit modèle par le type grand modèle et réparation des grands existants.
- Changement des vannes de purges.
 - Remise en état du réseau prémélange.
 - Remise en état des lieux.
 - Remise en état de la cuvette de rétention.
 - Essais d'étanchéité et tests hydrauliques.
 - Nettoyage définitif et repli de chantier.

5.2.2 Collecte des Données

Lorsque les réservoirs tombent en panne, les défaillances seront réparées, et la période de leurs réparation varie (selon sa capacité, les conditions météorologiques, le degré de l'usure, etc). Après avoir eu des informations formelles auprès de l'ingénieur responsable de département exploitation concernant les dates de la défaillance des réservoirs et leurs instants de remise en service dans la période s'étalant de 2007 à 2021, nous avons calculé leurs durées de bon fonctionnement cités dans le tableau 5.1.

Nom de réservoir	La dernière date de remise en service	La date de défaillance	La durée de bon fonctionnement
M20	10/2002	02/2007	04 ans et 4 mois \simeq 52 mois
R13	06/2008	02/2016	07 ans et 8 mois \simeq 92 mois
D10	03/2009	10/2012	03 ans et 7 mois \simeq 43 mois
C9	09/2010	11/2015	05 ans et 2 mois \simeq 62 mois
N14	01/2011	04/2019	08 ans et 3 mois \simeq 99 mois
B11	07/2013	12/2019	06 ans et 5 mois \simeq 77 mois
E1	08/2014	6/2021	06 ans et 10 mois \simeq 82 mois

TABLE 5.1. Données collectées de durée de bon fonctionnement des réservoirs

Nous avons récupéré les types des défaillances survenus sur cette période, qui sont présentés dans le tableau 5.2.

Nom de réservoir	Type de défaillance
M20	Feu de joint causée par une foudre
R13	Feu de joint causée par une foudre
D10	Une fuite au niveau de fond de réservoir
C9	Fuite au niveau de flexible et de drainage des eaux de pluie
A7	Fuite au niveau de flexidran "Chiksan"
B11	Défaillance de suocintin de vapeur
E1	Détachement de flexidran du toit du bac

TABLE 5.2. Les types de défaillance

5.2.3 Modélisation Paramétrique des Loïs de Fiabilité du Système de Parc de Stockage

La démarche probabiliste permet la modélisation réaliste et la quantification des effets des défaillances du système (réservoirs de stockage). Ainsi, elle permet d'orienter les opérations de maintenance, en fonction de sa configuration sur les paramètres du système.

Qui nous mène à distinguer les réservoirs qui fonctionnent en parallèle et indépendamment l'un de l'autre.

Soit T la variable aléatoire qui représente la durée de bon fonctionnement des réservoirs.

Nous avons opté pour la loi de **Weibull**, car elle définit le taux de défaillance de l'élément (l'âge de l'équipement) et largement utilisée comme modèle probabiliste dans des études sur les temps de survie, et nous avons estimé et ajusté avec le test de Kolmogorov-Smirnov ces deux paramètres avec le logiciel "**Easyfit**".

1. Identification des paramètres de Weibull

L'estimation des paramètres par le logiciel **Easyfit** nous donne les résultats de tableau 5.3 :

Distribution	Le paramètre β	Le paramètre η
Weibull	3.125	76.356

TABLE 5.3. Identification des paramètres de Weibull

2. Validation du modèle avec le test d'ajustement Kolmogorov-Smirnov

Pour valider si la variable aléatoire T suit la loi de Weibull de paramètres estimés β et η , nous avons appliqué l'ajustement de Kolmogorov-Smirnov sous les hypothèses suivantes :

H_0 : "La variable aléatoire T suit la loi de Weibull de paramètres $\beta = 3.125$ et $\eta = 76.356$ "
 contre H_1 : "La variable aléatoire T ne suit pas la loi de Weibull de paramètres $\beta = 3.125$ et $\eta = 76.356$ ".

Avec le logiciel **Easyfit** qui nous a donné les résultats présentés dans le tableau 5.4 :

α	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
Valeur critique D_n	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581
Rejeter ?	Non	Non	Non	Non	Non

TABLE 5.4. Résultats d'ajustement

D_{max} : L'écart maximal entre la fonction de répartition empirique et la fonction théorique,
 $D_{max} = 0.21321$.

D_n : Est la valeur critique de la table de Kolmogorov-Smirnov, si nous prenons par défaut le risque d'erreur $\alpha = 0.05$, $D_n(n=7, \alpha = 0.05) = 0.48342$.

D'où : $D_n \geq D_{max}$

\Rightarrow L'ajustement est accepté.

1. La densité de probabilité :

$$f(t) = \frac{3.125}{76.356} \left(\frac{t}{76.356} \right)^{2.125} e^{-\left(\frac{t}{76.356} \right)^{3.125}}, \quad t \geq 0. \quad (5.1)$$

2. La fonction de répartition

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{76.356}\right)^{3.125}}, \quad t \geq 0. \quad (5.2)$$

3. le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \frac{3.125}{76.356} \left(\frac{t}{76.356}\right)^{2.125}, \quad t \geq 0. \quad (5.3)$$

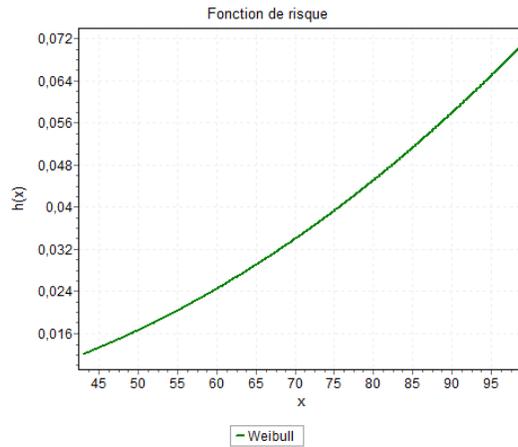


FIGURE 5.1. Le taux de défaillance du parc de stockage

Nous remarquons que le taux de défaillance est croissant, ce qui signifie que le parc de stockage est en période de vieillesse.

- **Le temps moyen de bon fonctionnement**

$$MTBF = A * \eta + \gamma = A * \eta. \quad (5.4)$$

d'après la table de la loi de Weibull : $A= 0.89431$

$$MTBF = 0.89431 * 76.3562 = 68 \text{ mois}. \quad (5.5)$$

- **La fiabilité des réservoirs**

Les sous-systèmes (les réservoirs) du parc sont en parallèle, la panne de l'un de ces réservoirs ne provoque pas la panne de tout le système.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{76.356}\right)^{3.125}}, \quad t \geq 0. \quad (5.6)$$

$$R(MTBF) = e^{-\left(\frac{MTBF}{76.356}\right)^{3.125}} = e^{-\left(\frac{68}{76.356}\right)^{3.125}} = 0.49. \quad (5.7)$$

5.2.4 Interprétation des Résultats

D'après l'étude statistique appliquée sur le parc de stockage, nous avons calculé les temps moyen de bon fonctionnement (MTBF) pour estimer la fiabilité de chaque réservoir. Le paramètre de forme β est supérieur à 1, ce qui signifie que les réservoirs sont dans la période de vieillesse.

L'application du test de Kolmogorov-Smirnov a montré que la loi de Weibull est acceptée pour calculer les valeurs de fiabilité. Les résultats obtenus ont montré que les réservoirs à une fiabilité réduite, cela nécessite une planification des révisions partielles à des périodicités optimales.

5.3 Optimisation de la Maintenance du Système du Parc de Stockage de la RTC-Sonatrach

Les réservoirs de stockage de Sonatrach sont soumis à trois actions de maintenance :

- Une réparation minimale en cas de défaillance.
- Une révision partielle.
- Une révision générale après un certain âge kT .

Le but de notre étude est de proposer une périodicité T optimale pour les révisions partielles, qui minimise la fonction du coût global $C(T)$.

5.3.1 Modèle d'Optimisation Proposé

La politique de maintenance suivie au sein de la RTC-Béjaia, telle que chaque réservoir est soumis à une maintenance imparfaite avec réparation minimale à la défaillance. En effet, nous avons alors opté pour le modèle de Gertsbakh, qui est adéquat à ce type de maintenance.

Une nouvelle unité commence à fonctionner à $t = 0$. A chacun des instants $T, 2T, 3T, \dots$ l'unité est réparée, de même élément. Nommé la maintenance préventive (MP), coûte C . A chaque défaillance qui apparaît entre les MP, l'unité est également réparée. Cette réparation lors d'une défaillance s'appelle une réparation minimale (*min*) et coûte C_{min} . L'information disponible est le c.d.f. de l'unité de bon fonctionnement $F(t)$.

- Une réparation minimale en cas de défaillance.
- une révision partielle de périodicité T .
- Une révision générale des réservoirs à toits flottants après un certain âge fixé $kT = 10$ ans, c'est par rapport au certificat de barèmage que nous ne pouvons pas modifier sa durée qui est 10 ans.

5.3.2 Politique de Maintenance Périodique Imparfaites et Réparation Minimale

Suivant cette politique, l'élément n'est pas remplacé périodiquement mais reçoit juste des maintenances imparfaites. Dans notre étude, nous pouvons citer un réservoir de stockage qui reçoit périodiquement des révisions partielles et des révisions générales. Ce qui voudra dire que le taux d'occurrence de défaillances va changer après chaque action de maintenance préventive. Dans ce cas, il faut mesurer l'effet de chaque maintenance sur le système. Le taux de défaillance du système, après chaque maintenance sera exprimé en fonction de cet effet et du taux de défaillance

précédent.

Nous donnons le modèle de Gertsbakh [7], où il suppose que l'effet de toutes les maintenances préventives est constant, il fait varier le taux de défaillance exponentiellement, d'une quantité égale à e^σ ($\sigma > 0$). Le coût moyen par unité de temps est donné par :

$$C(T) = \frac{C_{min}N(T)(1 + e^\sigma + \dots + e^{\sigma(K-1)}) + (K - 1)C_{mp} + C_{rv}}{KT} \quad (5.8)$$

On a :

$$(1 + e^\sigma + \dots + e^{\sigma(K-1)}) = \frac{e^{K\sigma} - 1}{e^\sigma - 1} \quad (5.9)$$

On définit la politique la plus adéquate celle de remplacement périodique imparfaite et réparations minimale (suite à une défaillance l'élément reçoit une réparation minimale).

C_{min} : Coût de réparation minimale.

C_{mp} : Coût de maintenance préventive imparfaite (révision partielle).

C_{rv} : Coût de la révision générale (hors exploitation).

σ : facteur de l'efficacité de la maintenance.

e^σ : Facteur de dégradation.

Pour une loi de fiabilité de type Weibull $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} (\frac{t}{\eta})^{\beta-1}$. Sachant que pour des réparations minimales après défaillance le processus d'occurrence des pannes est de type Processus de Poisson non Homogène, donc le nombre de défaillances sur un intervalle de temps de longueur T est donné par :

$$N(T) = \int_0^{kT} h(t)dt = (\frac{kT}{\eta})^\beta \quad (5.10)$$

ce qui donne :

$$C(T) = \frac{C_{min}(\frac{kT}{\eta})^\beta (\frac{e^{k\sigma} - 1}{e^\sigma - 1}) + (k - 1)C_{mp} + C_{rv}}{kT} \quad (5.11)$$

L'annulation de la dérivée de $C(T)$ donne :

$$T^* = \left(\frac{[(k - 1)C_{mp} + C_{rv}](e^\sigma - 1)}{(\beta - 1)[C_{min}(\frac{k}{\eta})^\beta](e^{k\sigma} - 1)} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (5.12)$$

5.3.3 Estimation des Coûts pour les Réservoirs

L'estimation des coûts a été faite, en se ramenant vers la réalité, tels que :

Coût de réparation minimale : $C_{min} = 5000$ DA.

Le coût de la maintenance préventive imparfaite (révision partielle) : $C_{mp} = 20000$ DA.

coût de révision générale : $C_{rv} = 150000$ DA.

5.3.4 Résultats de l'Optimisation

Après le calcul de la formule T^* , nous avons obtenu le tableau 5.5 :

$k \backslash \sigma$	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
2	73.06	70.5339	67.8828	65.1354	62.3223
3	43.5972	40.5498	37.4096	34.2534	31.1524
4	30.2758	27.0739	23.8554	20.7471	17.8470
5	22.8217	1.5828	16.4258	13.5192	10.9629
6	18.1065	14.8802	11.8479	9.2027	7.0199
7	14.8753	11.6872	8.8118	6.4464	4.6199
8	12.5325	9.3976	6.6962	4.6074	3.0998

TABLE 5.5. Temps optimaux de réparations minimales du système en fonction du nombre de cycle et du facteur de l'efficacité

D'après les calculs précédent, Nous avons calculés le coût $C(T)$ représenté dans le tableau 5.6 :

$k \backslash \sigma$	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
2	2274.5	1667.5	1595.1	1604.8	1976.4
3	2423	2017.5	2070.2	2213.7	2410.3
4	2644.6	2419.5	2641.5	2996.9	3465.2
5	2902.5	872.5	3328.6	4010	4930.5
6	3184.2	3380.9	4157.5	5323.4	6967.7
7	3484.7	3951.4	5158.6	7027	9797
8	3801.8	4591.8	6368.2	9234.9	13720

TABLE 5.6. Coûts optimaux de réparations minimales du système en fonction du nombre de cycle et du facteur de l'efficacité

5.3.5 Interprétation des Résultats

Pour trouver la périodicité T^* optimale qui minimise la fonction de coût, nous considérons le coût minimal dans le tableau (5.6) qui est égal à 1595.1 DA, pour $\sigma = 0.5$ et $k = 2$ nous constatons que $T^* = 67$ mois = 5 ans et 7 mois, qui est la période optimale de chaque révision partielle, et après k cycle avec $k = 2$), ça nous donne $kT = 134$ mois = 11 ans et 2 mois, mais la date prévue pour la révision générale est 10 ans donc pour cela nous avons fait le réarrangement sur la période optimale de la révision partielle T .

Nous avons obtenue la période optimale de chaque révision partielle $T = 5$ ans et la date de révision générale $kT = 10$ ans.

5.4 Conclusion

L'optimisation de la maîtrise d'un système est donc devenu un enjeu capital pour la survie de la pérennité des entreprises. Ainsi, il est devenu indispensable d'assurer sa disponibilité, en analysant leur fiabilité et d'optimiser leur conditions d'exploitation en vue d'une maintenance préventive optimale.

En effet, les notions de coût, qualité et fiabilité ont de plus en plus d'importance, Il est vital de pouvoir s'appuyer sur un système performant à tout instant.

L'objectif principal de ce travail est l'élaboration d'un planning de maintenance préventive des réservoirs de stockage du parc RTC- Béjaia SONATRACH. Ce planning résume l'analyse de la disponibilité de ces derniers, en se basant sur le calcul de leur fiabilité.

Dans la première partie de ce travail, nous avons décrit le système étudié ainsi que son mode de fonctionnement. En suite, nous avons modélisé du point de vue fiabilité, en recourant à l'approche paramétrique et en utilisant l'estimation et l'ajustement avec le test de Kolmogov-Smirnov pour la validation de notre système avec le logiciel "**EasyFit**".

Nous avons opté pour l'utilisation de la loi de Weibull à deux paramètres, qui possède l'avantage de modéliser les trois phases de la vie d'un composant.

Nous avons réalisé une analyse statistique des données relative au temps de bon fonctionnement. L'ajustement avec le logiciel "**EasyFit**" a fait ressortir que la valeur de β de la loi Weibull, pour le système est supérieure à 1. Cela permet d'affirmer que le système se dégrade par vieillissement (taux de défaillance croissant), d'où la justification du recours à la maintenance préventive.

D'autre part, afin de déterminer le système le moins fiable, nous avons calculé son temps moyen de bon fonctionnement MTBF et la fonction de fiabilité des réservoirs.

Dans la deuxième partie, nous avons opté pour une politique de maintenance préventive périodique avec réparation minimale à la défaillance, ou nous avons considéré que les maintenances périodiques sont imparfaites. Cette politique est la plus utilisée dans l'industrie, vu que c'est l'une des politiques qui reflètent le mieux la réalité industrielle.

Après avoir attribué σ appelé facteur d'efficacité pour chaque maintenance préventive faite sur la réduction du taux de défaillance, avec e^σ et cela en le faisant varier entre $[0.1, 0.9]$. Ensuite, nous avons appliqué le modèle de Gertsbakh dans le but de trouver les périodicités optimales T des révisions partielles qui minimisent le coût total de la maintenance. Elle nous a permis l'obtention de la période T ceci montre qu'il faut procéder à faire des révisions partielles chaque 5 ans et à des révisions générales au bout de 10 ans.

En termes de perspectives, Nous proposons :

- Une étude basée sur l'analyse approfondie de la fiabilité au niveau des équipements constituant le réservoir et ce, afin de déterminer le stade de vie des équipements.
- De compléter notre étude, en rajoutant tous les réservoirs de la ligne OB1 et de distinguer les réservoirs à toit fixe des réservoirs à toit flottant.
- De réaliser une étude économique (optimisation de coût) tout en appliquant le modèle de Gertsbakh en modélisant les temps de réparation TTR (Time To Repair) dans le but de réduire le temps de réparation de chaque phase de maintenance.
- Une étude basée sur l'utilisation de la télémaintenance et la technologie comme outils. En premier lieu, cela au diagnostic des défaillances lors des inspection et les visites de routines. Deuxièmement, comme outils d'aide à la décision et le choix de la politique de maintenance adéquate.

Remerciement

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet de fin d'étude à l'entreprise SONATRACH-TRC-RTC-Béjaia. Nous tenons à remercier les responsables de la RTC-Béjaia pour leur collaboration et surtout pour nous avoir facilité l'accès aux données nécessaires pour la réalisation de ce travail.

Références

1. Litali A., "La Recherche Opérationnelle un formidable outil d'aide à la décision", Paris, 2015.
2. Rahmouni B., "Évaluation du coût de transport des hydrocarbures en Algérie, Cas de la DRGB-SONATRACH", mémoire de Master, Département de recherche opérationnelle, Université de Béjaia, 2014.
3. Dadi S. et Ouarab N., "Analyse de la fiabilité et optimisation de la maintenance préventive du système de contrôle d'accès : cas de SONATRACH RTC-Béjaia", mémoire de Master, Département de recherche opérationnelle, Université de Béjaia, 2016.
4. Boukhezar F. et Hammouche S., "Etude de fiabilité de la ligne de Fibre Optique Sonatrach (RTC Béjaia-RTH)", mémoire de Master, Département de recherche opérationnelle, Université de Béjaia, 2016.
5. Djabout M. et Nasri N., "Minimisation bicritère entre la durée et le coût d'ordonnancement d'un projet avec ressources limitées Cas d'un projet de Sonatrach", mémoire de Master, Département de recherche opérationnelle, Université de Béjaia, 2016.
6. Deradra N. et Kedjar N., "Ordonnancement du projet de rénovation de la base de vie de la station de pompage SP3-OB1 (W. M'Sila)", mémoire de Master, Département de recherche opérationnelle, Université de Béjaia, 2017.
7. Gertsbakh I., "Reliability theory with applications to preventive maintenance", Springer, Berlin Allemagne, 2000.
8. Aissani D., Modèles stochastiques de la théorie de fiabilité, volume 1 Fondement théorique, Office des Publications Universitaires Alger, 1992.