

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



**Université d'EL-Oued
Faculté des Sciences et de la Technologie**

**Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme de**

LICENCE ACADEMIQUE

**Domaine: Sciences et de la Technologie
Filière: Génie mécanique
Spécialité: Maintenance d'équipement industriel**

Thème

**Etude de fiabilité d'un outil
de forage**

**Dirigé par:
Gherbi Med Tahar**

**Réalisé par:
Laib brahim
Dehda Omar
Gadi seif eddine**

Soutenu 5 Juin 2014

Résumé

Les outils c'est sont parmi les équipement les très important dans l'appareil de forage, puisque elles est permet à nous d'exploiter le maximum d'énergie donner par les équipements de surface, Donc pour améliore le performance afin de minimiser le coûts de forage, il faut choisi un outil adapter à la formation traverse et compatible au puissance fournie.

Après les choix de l'outil en passe au choix des paramètres qu'il faut appliquer pour avancer rapidement, mais le problème qui reste à résoudre se le risque de dépasser la capacité de l'outil et on fin en tombe à la phénomène de fatigue de l'outil.

L'étude de fiabilité nous donne une idée sur la fatigue d'un outil déjà utiliser dans le forage, grâce à cette idée on peut estimer les paramètres maximum qui on peut appliquant sur cette outil et jusqu'à à quelle temps en peut appliquant pour éviter le phénomène de fatigue de l'outil.

Summary

Tools that are among the equipment is very import in the rig, since they are allows us to exploit the maximum energy yield by surface equipment, to improve the performance so to minimize the costs drilling requires a selected tool and adapted to the cross-compatible output training.

After selecting the tool passes choice of parameters to be applied to fast forward, but the problem remains to be solved is the risk of exceeding the capacity of the tool end and falls to the fatigue phenomenon tool.

The reliability study gives us an idea about the fatigue of a tool already used in the drilling, with this idea we can estimate the maximum parameters that can applying this tool and how to time may apply for avoid the phenomenon of fatigue tool.

ملخص

تعتبر الادوات من بين التجهيزات المهمة في جهاز الحفر بما انها تسمح لنا بالاستغلال الاعظمي للطاقة المعطاة من طرف التجهيزات السطحية

اذن لتحسين النتائج المحققة والتخفيض من تكلفة الحفر يجب اختيار اداة تتماش مع الطبقة المشتازة والملائمة للاستطاعة المعطاة

دراسة الاستغلال الامثل تعطينا فكرة عن ارهاق الاداة التي سبق استعمالها في الحفر

يفضل هذه الفكرة نستطيع تحديد القيم المفضلة التي يمكن تطبيقها على هذه الاداة ومدى زمن التطبيق لتجنب ظاهرة ارهاق الاداة

Remerciement

Je tiens à remercier avant tout Dieu tout puissant qui nous a donné la volonté, la force et la patience pour élaborer mon travail.

Je remercie en particulier mon encadreur **Gharbi Mohamed Tahar** pour son suivi, sa patience, ses conseils et son aide, tout au long de la réalisation de ce modeste travail.

Je tiens aussi à remercier vivement

Les membres de jury,
pour avoir accepté de participer au jury.

Enfin, que tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de notre gratitude.

Liste des abréviations

MTBF : moyenne temps de bonne fonctionnement

MTTR : moyenne temps technique de réparation

MTTF : moyenne temps technique de fonctionnement

TTR : temps technique de reparation

TBF : temps de bon fonctionnements

MTA : moyenne temps administrative

D : disponibilité

Sommaire

Remerciement	
Introduction générale.....	1

Chapitre I : description des outils de forage

I.1 Les outils à molettes.....	2
I.1.1 Principe de fonctionnement d'un tricône.....	3
I.1.2 Technologie des tricônes :.....	4
I.2 Les outils à éléments de coupe fixes:.....	5
I.2.1 Les diamants naturels:.....	6
I.2.2 Les diamants synthétiques:.....	6
I.2.3 Les TSP (Thermally Stable Polycrystalline):.....	7

Chapitre II : Etude de l'usure de l'outil

II.1 Introduction	8
II.2 L'usure de l'outil de forage	8

Chapitre III : Nation de fiabilité

III.1 Définition (norme AFNOR X 06-501) :.....	17
III.1.1 Commentaire sur les 4 concepts de la définition :.....	17
III.1.1.1 Probabilité:.....	17
III.1.1.2 Fonction requise :	17
III.1.1.3 Condition d'utilisation :.....	17
III.1.1.4 Période de temps :.....	17
III.2 Fiabilité et disponibilité :.....	17
III.2.1 Notion de disponibilité :	18
III.2.2 Fiabilité opérationnelle et fiabilité prévisionnelle :.....	18
III.2.4 Déférénts lois de survie :	21
III.3 Etude de maintenabilité :	25
III.3.1 Définition de la maintenabilité (AFNOR norme X60-010) :	25

Sommaire

III.4 Etude de disponibilité :	25
III.4.1 Différents niveaux de la disponibilité :	26

Chapitre VI : Etude De Fiabilité D'un Outil De Forage

VI.1 Introduction :	27
VI.2 Etude de fiabilité d'un outil de forage :	27
VI.2.1 Calcule de MTBF par la loi de Weibull :	28
VI.2.1.1 Préparation des données :	28
VI.2.1.2 Détermination des paramètres de WEIBULL :	28
VI.2.1.3 Exploitation directe des paramètres :	29
VI.2.2 Calcule de la MTTR :	29
VI.2.2.1 Préparation des données :	29
VI.2.2.2 Calcule de temps technique de réparation (TTR) :	29
VI.2.2.3 Calcul de MTTR :	30
VI.2.3 Calcul de la Disponibilité :	30
VI.3 La résolution numérique du problème :	30
VI.3.1 Calcule de MTBF :	30
VI.3.2 Déterminations des paramètres de WEIBULL :	31
VI.3.2.1 Modélisation de la loi de WEIBULL	31
VI.3.3 Calcule de MTBF :	32
VI.3.3.1 Détermination de A :	32
VI.3.3.2 Calcule du MTBF :	34
VI.3.4 Calcule de l'écart-type σ :	35
VI.3.4.1 Détermination de B :	35
VI.3.4.2 Calcule de σ :	36
VI.3.5 Test KOLMOGOROV SMIRNOV:	36

Sommaire

VI.3.6 Calcule de MTTR :.....	37
VI.3.6.1 préparation du tableau :	37
VI.4 Programme De Calcule De Fiabilité	38
VI.4.1 D'un Outil De Forage.....	38
VI.4.2 Le programme :	38
VI.4.2.1 Les données d'entres :	38
VI.4.2.2 Les sorties de programme :	38
VI.4.2 L'organigramme :	39
Conclusion générale :	42
Référence :	43

Liste de figure

Fig.II.01 Codification de l'usure des dents	9
Fig.II.02 Rupture de cône	14
Fig.II.03 Rupture de dents	14
Fig.II.04 Outil bloqué	14
Fig.II.05 cône fissuré	15
Fig.II.6 dents aplaties.....	15
Fig.II.07 perte de cône	15
Fig.II.08usure avec auto - affutage	16
Fig.II.09 dents usées	16
Fig.III.01 les types de défaillances	18
Fig.III.02 graphes de la densité de probabilité et la fiabilité	19
Fig.III.03 graphes de la densité de probabilité et le taux de défaillance	23
Fig.VI.01 La courbe de $A = f(\text{Beta})$	33
Fig.VI.02 La courbe de $B = f(\text{Beta})$	35
Fig.VI.03 La courbe de $\Delta = f(N)$	36

Liste de tableaux

Tab.II.01 caractéristiques des éléments de l'usure	9
Tab.II.02 Caractéristique de l'usure des structures de coupe	10
Tab.II.03 Caractéristique de l'usure des structures de coupe	11
Tab.II.04 code utilisé pour la raison de remontée de l'outil	13

Introduction générale

Introduction générale

Le but d'un forage est parvenir à l'objectif avec un prix de revient minimum, La plus grande partie de ces prix proportionnels au temps est liée aux travaux d'avancement, donc aux différents facteurs qui conditionnent la vitesse d'approfondissement du forage. Ces différents facteurs sont appelés : les paramètres de forage.

En fait on a coutume d'appeler paramètres de forage les facteurs dont on est maître en permanence. On peut les regrouper en deux catégories :

- **Les paramètres mécaniques** : le type d'outil, le poids (WOB) et la vitesse de rotation (RPM).
- **Les paramètres hydrauliques** : l'énergie hydraulique au niveau de l'outil, la nature du fluide de forage.

Les outils c'est sont parmi les équipement les très important dans l'appareil de forage, puisque elles est permet à nous d'exploiter le maximum d'énergie donner par les équipements de surface, Donc pour améliorer le performance afin de minimiser le coûts de forage, il faut choisi un outil adapter à la formation traverse et compatible au puissance fournie.

Après les choix de l'outil on passe au choix des paramètres qu'il faut appliquer pour avancer rapidement, mais le problème qui reste à résoudre se le risque de dépasser la capacité de l'outil et on fin en tombe à la phénomène de fatigue de l'outil.

L'étude de fiabilité nous donne une idée sur la fatigue d'un outil déjà utiliser dans le forage, grâce à cette idée on peut estimer les paramètres maximum qui on peut appliquant sur cette outil et jusqu'à à quelle temps on peut appliquant pour éviter le phénomène de fatigue de l'outil.

Chapitre I :

description des outils de forage

I.1 Les outils à molettes :

Les outils molettes ont été introduits dans le forage rotatif par H.R.HUGUES en 1909 : ils en constituent aujourd'hui l'outil de base.[1]

Il existe plusieurs types d'outils à molettes à dents en acier (cf. figure 1), notamment :

- Les tricônes (2 cônes),
- Les tricônes (3 cônes) (cf. figure 1),

Le bicône utilisé auparavant par la déviation mais aujourd'hui il est peu utilisé tandis que le tricône est plus utilisé.

Un outil à molette est constitué de trois parties principales : les molettes, les roulements et le corps de l'outil. Les molettes présentent des rangées circonférentielles de dents s'intercalant entre les rangées de dents des cônes adjacents. Les dents sont soit en acier usinées dans les cônes, soit des picots de carbure de tungstène sertis dans des perçages à la surface des cônes. Les molettes sont montées sur des arbres de roulements qui sont partie intégrante du corps de l'outil.

La taille ou l'épaisseur des différents constituants de l'outil dépendent du type de formation à forer. Les outils pour formations tendres, qui nécessitent peu de poids, ont des roulements plus petits, des cônes moins épais et des jambes de plus faible section que les outils pour formations dures. Ceci laisse plus de place pour des éléments de coupe longs et minces.

Les outils pour formations dures, qui travaillent avec des poids plus importants, ont des éléments de coupe plus trapus, des roulements plus gros et des corps plus solides.

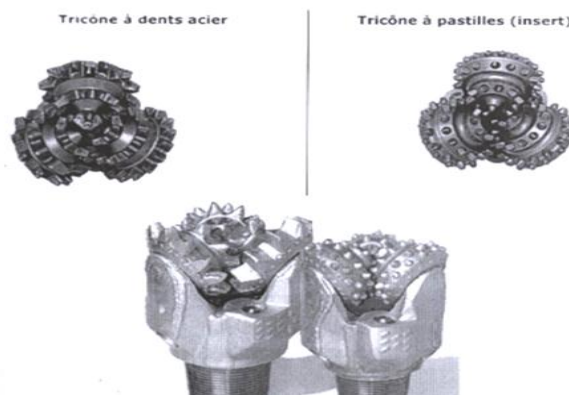


Fig.I.01 outil à dents par rapport outil à pastilles



Terrain tendre

Terrain moyen

Terrain dure

Fig.I.02 outil à pastilles de carbure de tungstène

Terrain tendre

Terrain moyen

Terrain dure

Fig.I.03 outil à molettes à dents fraisées

I.1.1 Principe de fonctionnement d'un tricône :

L'efficacité d'un outil à molettes de sa capacité à broyer la roche et à en évacuer les débris (cutting).

Le tricône travaille par :

- Percussion et pénétration de la dent dans la formation pour avoir un meilleur avancement : il est donc logique que : plus le terrain est tendre, plus la dent devra être grande. L'outil produit une série de petits cratères résultant de la pression exercée par

chaque dent sur le front de teille. La contrainte de compression appliquée sur la formation induit une fracture.

- Arrachage du <<copeau>> de terrain par glissement de la molette sur elle-même (ripage).Ce << glissement >> devra être plus important en terrain tendre qu'en terrain dur.

I.1.2 Technologie des tricônes :

Un tricône est constitué de 3 bras.

Les étapes de fabrication d'un outil tricônes sont :

- chaque bras est forgé et usiné avec son tourillon, puis subit un traitement thermique.
- ✓ chaque molette, usinée, subit également un traitement et rechargement
- ✓ Usinage des dents pour les dents fraisées.
- ✓ Usinage logements des picots sur les molettes des outils inserts. Puis sertissage des picots.
- Les molettes sont montées sur des tourillons la manière suivante :
 - ✓ mise en place de la butée au fond de la molette,
 - ✓ mise en place de la bague du sommet du tourillon,
 - ✓ mise en place du jeu de galets,
 - ✓ emmanchement du bicorné et verrouillage sur le tourillon par le jeu billes. ces billes sont mises en place par un canal, percé dans le bras et le tourillon, qui est ensuite bouché par un bouchon soudé (cf. figure 3),
- assemblage, soudure des 3 bras et usinage du filetage,
- tes de la qualité de la soudure à l'eau (300 psi),
- remplissage des 3 réservoirs de graissage des roulements et mise en place des bouchons de fermeture de la partie supérieure du réservoir

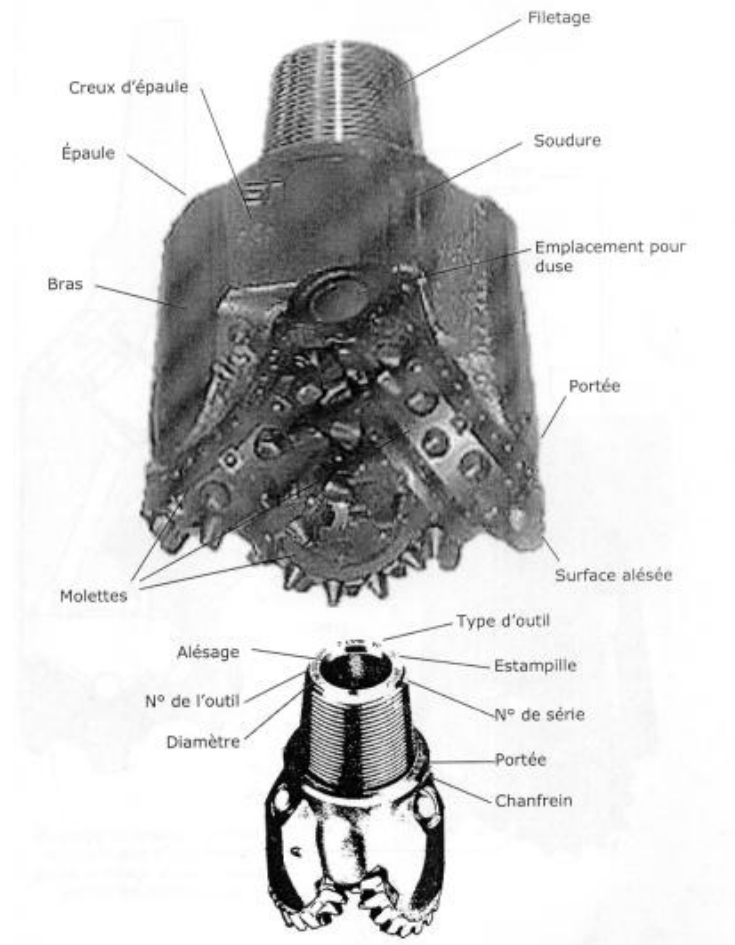


Fig.I.04 description des outils à molettes

I.2 Les outils à éléments de coupe fixes:

Les outils diamants ont fait leur apparition vers 1870 pour la recherche du charbon. L'utilisation du diamant s'est étendue au forage pétrolier vers 1930 (carottage). En Europe, les trépan diamantés sont apparus vers 1953. Le diamant (carbone cristallisé) est le matériau le plus dur que l'on connaisse parmi les minéraux. Sa résistance à l'écrasement est de l'ordre de 80.000 bar (carbure de tungstène: 50.000 bar; acier C. 45: 15.000 bar).[1]

C'est la substance la plus résistante à l'usure (10 fois plus que le carbure de tungstène). Il a le plus faible coefficient de friction (le diamant est plus glissant que le téflon). C'est le meilleur conducteur de chaleur.

Le diamant a un coefficient de dilatation très faible. Ce faible pouvoir de dilatation pose des problèmes lorsqu'il est associé à d'autres matériaux. Son point de fusion est très élevé (3650) °. Mais il se transforme superficiellement en graphite vers 1450°.

Le diamant se mesure en "poids" dont l'unité est le CARAT (1 carat= 0.2 gramme). Pour les outils de forage. La taille des pierres se mesure en nombre de pierres par carat et varie généralement entre 2 et 15 pierres au carat.

Dans le forage, il existe deux types le diamant qui sont utilisés pour la fabrication des outils à diamant:

I.2.1 Les diamants naturels:

C'est une cristallisation du carbone de densité de 3.52. De point de vue chimique. Le diamant et le graphite sont identiques alors que de point de vue physique, ils sont totalement contradictoires: le graphite est fragile de couleur noire, par contre, le diamant est extrêmement dur, meilleur conducteur thermique, hautement abrasif et la plupart du temps transparent.

Grace à ses qualités remarquables. Le diamant est utilisé depuis trop longtemps dans l'industrie minière.

Le poids de diamant s'exprime en Carat (1 carat =0.2g). Un diamant d'un carat a un diamètre d'environ 5 mm Le plus souvent, la taille des pierres est indiquée en nombre de pierres par carat.

I.2.2 Les diamants synthétiques:

Qui peuvent être classés comme suit:

Les diamants PDC (poly cristalline diamond compact): c'est en 1971 que GENERAL ELECTRIC a réussi à faire la synthèse du diamant en laboratoire à partir d'un mélange de graphite. Du nickel et du cobalt soumis à des pressions et de T°C élevées (10000 bars et 1500°C). [1]

La fine couche de diamant, grâce à la présence de cobalt, peut être fixée sur un support en carbure de tungstène. Le produit obtenu est appelé – STRATPAX- ou –COMPACT-

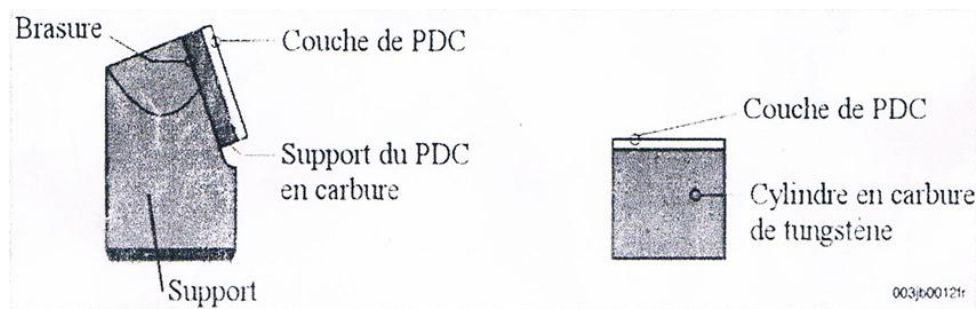


Fig.I.05 synthèse d'un PDC

Les diamants obtenus sont poly cristallins, d'où le nom des PDC. La couche ainsi formé est constituée de petits cristaux qui se sont développés dans des directions aléatoires. Le cobalt, utilisé pour catalyser la synthèse, sert également de liant entre des cristaux. Cette structure polycristalline confère au diamant synthétique une résistance à la compression et à l'usure élevée que celle du diamant naturel. Cependant, les coefficients de dilatation thermique du liant et de diamant sont très différents. A partir de 400°C, la dilatation différentielle des différents constituants produit la rupture des liaisons entre cristaux et le diamant PDC perd progressivement sa résistance, la structure n'est plus stable à 750°C. Il est donc nécessaire de maintenir le diamant PDC à une température la plus faible possible.

I.2.3 Les TSP (Thermally Stable Polycrystalline):

Pour pallier à l'instabilité thermique des diamants PDC, General Electric a mis au point un diamant synthétique où le catalyseur est éliminé par acidification. Le produit obtenu est stable jusqu'à des températures de l'ordre de 1200°C. Cependant, il n'est pas possible de fixer le diamant obtenu sur un support quelconque. Le diamant TSP devra être maintenu en place mécaniquement comme le diamant naturel.

Les diamants TSP sont disponibles sous plusieurs formes:

- Triangulaire (3 pierres par carat): utilisée pour formation moyennement dures.
- Disques (de l'ordre d'une pierre carat); utilisée pour forer les mêmes formations mais est plus performante dans le cas où une grande résistance à l'usure et aux chocs est demandée.

Les diamants TSP peuvent être regroupés pour former des structures en mosaïques de la dimension des diamants PDC, qui a permis d'augmenter l'avancement et d'allonger la durée de vie de l'outil dans les formations tendres et abrasives, là où les diamants PDC ne sont pas rentables.

Les diamants TSP présentent de nombreux avantages sur les autres types de diamant:

- Il résiste mieux à la T°C que les PDC:
- Grâce à sa structure polycristalline, il résiste mieux aux chocs que le diamant naturel, à l'exception du carbonado qui est également cristallin:

Chapitre II :

Etude de l'usure de l'outil

II.1 Introduction :

Le gisement de pétrole concurrentiel d'aujourd'hui exige un forage aussi efficace qu'économique qui dépend des caractéristiques de l'outil est. A la fin de la phase de forage , une étude de l'état de la structure et des roulements de l'outil est effectuée ce qui nous permet d'établir un historique de ce dernier. Les informations qu'on peut recueillir sont le comportement mécanique de l'outil par rapport à la formation traversée; son état de santé et naturellement des recommandation sur le critères de choix à adopter pour les forages à venir. En effet, L'inspection soigneuse de la structure de coupe et des roulements peut nous renseigner sur les caractéristiques de l'outil pouvant affecter notre prochain choix de l'outil, procédures de rodage et paramètres de fonctionnement. L'évaluation de l'état d'usure de l'outil est simplifiée par une codification appropriée. Les symboles d'évaluation indiqués ci- dessous sont valables pour tous les types d'outil.

II.2 L'usure de l'outil de forage :

La détermination de l'usure des outil est une opération difficile, elle peut varier d'une personne à l'autre. Cependant, une détermination précise et objective est très importante car elle servira à :

- Sélectionner l'outil le mieux adapté au type de formation à forer.
- Optimiser les condition de forage (paramètres de forage, garniture, reprise de fond temps de rotation, etc.).
- Obtenir la prix de revient du mètre foré le plus faible.
- Améliorer la conception des outils.

La détermination de l'usure se fait en considérant :

- ✓ Les structures de coupe.
- ✓ Les roulements.
- ✓ Les diamètre de l'outil.

Elle sera grandement facilitée en comparant l'outil à évaluer avec un outil neuf.

L'ancienne façon de rendre compte de l'usure de l'outil ne considérait que l'usure globale des éléments de coupe, l'état des roulements et diamètre de l'outil. La façon actuellement utilisée

introduite en 1987 est plus complète. Elle s'applique aussi bien aux outils à molettes (dents et picots) qu'aux outils diamants (naturels, PDC, TSP).[2]

8 colonnes d'information sont utilisées pour rapporter l'usure de l'outil. Les 4 premières colonnes concernent les structures de coupe.

Tab.II.01 caractéristiques des éléments de l'usure

Structure de coupe				B	G	Remarques	
Rangées Intérieures	Rangées extérieures	Caractéristique de l'usure	Localisation	Roulements /étanchéités	Calibrage En 1/16 in	Autres Caractéristique	Raison de remontée
Chiffre de 0 à 8	Chiffre de 0 à 8	Voir tab 2	Voir tab 3	Chiffre ou lettre	Lettre ou chiffre	Voir tab 4	Voir tab 5

➤ La première colonne :

Indique par un chiffre de 0 à 8 l'usure des éléments de coupe des rangées intérieures (soit les 2/3 intérieures des éléments de coupe).

Pour les outils à dents en acier 0 indique qu'il n'y a pas de perte de hauteur des dents et 8 indique qu'il y a une perte totale de hauteur (figure II, 01).

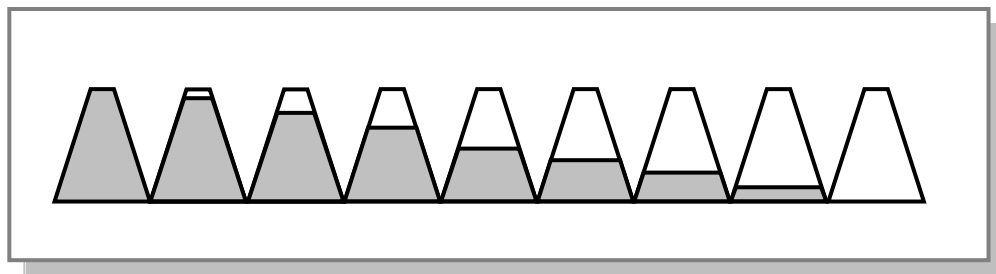


Fig.II.01 Codification de l'usure des dents

Pour les outils à picots, la rupture et l'usure des picots sont prises en compte. 0 indique qu'il n'y a pas de perte des éléments de coupe et 8 indique une perte totale.

Pour les outils diamant, le chiffre indique la perte de hauteur du taillant (0 = le taillant n'a pas perdu de hauteur, 8 = perte totale de la hauteur disponible de taille).

Les éléments de coupe ne s'usent pas nécessairement de façon uniforme, l'usure devra être la moyenne des valeurs mesurées sur plusieurs éléments.

➤ **La deuxième colonne (rangées extérieures) :**

Indique, également par un chiffre de 0 à 8, l'usure des éléments de coupe de rangées extérieures (soit les 1/3 extérieurs des éléments de coupe).

➤ **La troisième colonne (caractéristique de l'usure) :**

Utilise un code à 2 lettres pour indiquer la caractéristique principale de l'usure des structures de coupe.

Tab.II.02 Caractéristique de l'usure des structures de coupe

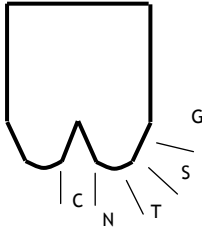
Code	Explication
BC	Rupture de cône
BT	Rupture de dents/élément de coupe
BU	Outil bloqué (bourrage)
CC*	cône fissuré
CD*	cône bloqué
CI	Interférence entre cônes
CR	Outil torée
CT	Dents/éléments de coupe écaillés
ER	Erosion
FC	Dents aplaties
HC	Echauffement
JD	Endommagement par de la ferraille
LC*	Perte de cône
LN	Perte de Duse
LT	Perte de dents/éléments de coupe
OC	Usure excentrique
PB	Outil pincé
PN	Duse bouchée
RG	Usure périphérique
RO	Joint d'étanchéité endommagé
SD	Endommagement du bras
SS	Usure avec auto - affûtage

TR	Usure entre les dents
WO	Outil sifflé
WT	Dents usées (SS/FC)
NO	Sans usure

NB : voire le numéro du cône dans la colonne localisation

- **La quatrième chiffre(localisation)** : utilisation une lettre ou un chiffre (tableau II,3) pour indiquer l'emplacement de l'usure report »e dans la 3^e colonne.

Tab.II.03 Caractéristique de l'usure des structures de coupe

Outils a éléments de coup fixes	Outils tricônes
C : cône N : face T : flanc S : épaulement G : diamètre A : tout la surface/ rangées M : ragées intermédiaires 	N : rangées du nez cône n⁰ 1 M : rangée intermédiaire 2 H : rangées arrières 3 A : toutes les rangées

- **La cinquième colonne (roulements, étanchéité) :**

Utilise une lettre ou un chiffre (suivant le type de roulement) pour indiquer l'état des roulements.

Pour les roulements non étanches, une échelle de 0 à 8 permet de reporter le pourcentage de durée de vie utilisé : 0 indique que le % de durée de vie utilisé est 0 (roulements neufs) , 8 indique que le % de durée de vie utilisé est 100 (coe bloqué ou perdu). Cette estimation est difficile car subjective. [2]

Pour les roulements étanches, une lettre est utilisée pour indiquer l'état de l'étanchéité :

E : indique que l'étanchéité est en l'état.

F : indique que l'étanchéité est hors l'état.

N : est utilisé quand il n'est pas possible de déterminer l'état l'étanchéité.

X : est utilisé pour les outils sans roulement (diamant, PDC, etc.).

➤ **La sixième colonne(calibrage en 1/16 pouce) :**

Indique la perte de diamètre :

I : indique qu'il n'y a pas de perte de diamètre.

Si l'outil a perdu en diamètre, la valeur est indiqué en 1/16 de pouce. Il y a deux façon de déterminer cette perte de diamètre :

- La règle de la 2/3. La perte de diamètre est obtenue en multipliant par 2/3 la distance mesurée entre le calibre et le 3^e cône, le calibre étant en contact avec les points les plus extérieures des deux cônes.
- L'autre façon (moins précise) consiste à mesurer la distance entre le bord d'un cône tout en maintenant le calibre à égale distance entre les 3 cônes et à multiplier la valeur obtenue par 2.

Pour les outils tricônes, il préférable d'utiliser la règle des 2/3.

La détermination précise de la perte de diamètre est importante : elle permet de savoir s'il sera nécessaire de reforer avec l'outil suivant pour atteindre le fond. Ce facteur doit être pris en compte pour la sélection de l'outil à descendre.

➤ **La septième colonne (autres caractéristiques) :**

Est utilisée pour reporter toutes supplémentaires, en complément de celle reportée dans la colonne 3. Cette colonne ne se limite par uniquement aux structures de coupe. Elle utilise les mêmes codes que la colonne 3.

➤ **La huitième colonne (raison de la remontée) :**

Indique la cause de la remontée de l'outil. Le tableau suivant donne les différents codes possibles.

Tab.II.04 code utilisé pour la raison de remontée de l'outil

Code	Explication
BHA	Changement BHA
DMF	Panne moteur de fond
DSF	Problème de garniture
DST	Drill stem test
DTF	Problème outil de fond
LOG	Diagraphies électriques
RIG	Réparation appareil de forage
CM	Reconditionnement de la boue
CP	Début de carottage
DP	Forage d'un bouchon
FM	Changement de formation
HP	Problème de forage
HR	Nombre d'heurs
PP	Pression à la pompe
PR	Vitesse d'avancement
TD	Profondeur finale/pose d'un tubage
TQ	Couple
TW	Dévissage garniture
WC	Problème météorologique
WO	Sifflage garniture

L'IADC fournit deux petits guides avec des photos des caractéristiques d'usure et des exemples de détermination.

BC Rupture de cône



BROKEN CONE (BC)

Fig.II.02 Rupture de cône

BT Rupture de dents/élément de coupe



BROKEN TEETH (BT)

Fig.II.03 Rupture dedents

BU Outil bloqué (bourrage)



BALLED BIT (BU)

Fig.II.04 Outil bloqué

CC cône fissuré



CRACKED CONE (CC)

Fig.II.05 cône fissuré

FCDents aplaties



FLAT CRESTED WEAR (FC)

Fig.II.6 dents aplaties

LCPerte de cône



LOST CONE (LC)

Fig.II.07 perte de cône

SS Usure avec auto -
affûtage



SELF-SHARPENING WEAR (SS)

Fig.II.08 usure avec auto - affutage

WT Dents usées



WORN TEETH (WT)

Fig.II.09 dents usées

Chapitre III:

Notion de fiabilité

III.1 Définition (norme AFNOR X 06-501) :

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps déterminées.

III.1.1 Commentaire sur les 4 concepts de la définition :**III.1.1.1 Probabilité:**

c'est le rapport :

Nombre de cas favorables / nombre de cas possible

Associé à une date t .

On notera $R(t) = P(\text{accomplir une mission}) = P(\text{de bon fonctionnement})$.

Symbole R : traduction de l'anglais « Reliability ».

III.1.1.2 Fonction requise :

Ou « accomplir une mission » ou « rendre le service attendu ». La définition de la fonction requise implique un seuil d'admissibilité en deçà duquel la fonction n'est plus remplie.

III.1.1.3 Condition d'utilisation :

- Définition des conditions d'usage, c'est à dire l'environnement et ses variations, les contraintes mécaniques, chimiques, physiques....
- Il est évident que le même matériel placé dans deux contextes de fonctionnement différents n'aura pas la même fiable.

III.1.1.4 Période de temps :

Définition de la durée de mission en unités d'usage. On se fixe un minimum $R(T_m) = 0.9$ pour une durée de mission $T_m = 8000h$ par exemple ; à tout instant T_i de la mission est associée une fiabilité $R(T_i)$.

III.2 Fiabilité et disponibilité :

Une caractéristique de la fiabilité est la MTBF, traduction de « Mean time between failure », ou « moyenne temps de bons fonctionnements ».

La MTBF correspond à l'espérance mathématique de la variable aléatoire T , date d'apparition d'une panne.[3]

De la même manière, la maintenabilité, qui est « la probabilité que le dispositif après défaillance, soit remis en état de fonctionnement donné et dans un temps donné », est caractérisée par la MTBF.

La MTTR est la traduction de « Mean Time to Repair », soit La « moyenne temps technique de réparation ».

III.2.1 Notion de disponibilité :

Par définition, c'est la « probabilité que le dispositif soit en état de fonctionner », c'est à dire qu'il ne soit ni en panne, ni en révision. La disponibilité dépend de la fiabilité et de la maintenance, suivant la relation :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots\dots\dots(III.1)$$

Augmenter la disponibilité est un objectif classique des services maintenance. Ceci implique l'accroissement de la fiabilité des équipements et la diminution de durées d'intervention.

III.2.2 Fiabilité opérationnelle et fiabilité prévisionnelle :

Nous allons étudier les méthodes permettant de chiffrer la fiabilité opérationnelle obtenue après une durée de fonctionnement d'un système ou d'un composant.[3]

La fiabilité opérationnelle est obtenue après une suite de défaillances potentielles

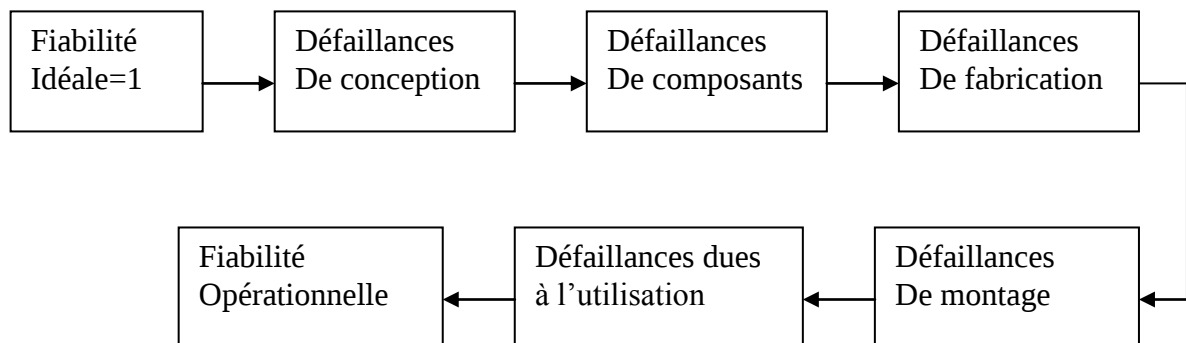


Fig.III.01 les types de défaillances

Mais il est également possible d'estimer la fiabilité « prévisionnelle »(avant fonctionnement en situation) de façon théorique (banques de données, calculs de durée de vie) ou de façon expérimentale (essais).

III.2.3 Expression mathématique :

a) Fonction de répartition $F(t)$:

Un dispositif, mis en marche pour la première fois, tombera inévitablement en panne à un instant T , non connu à priori.

T : est une variable aléatoire de fonction de répartition $F(t)$.

F (t_i) : est la probabilité pour que le dispositif soit en panne à l'instant t_i.

$$F(t) = \Pr(T \leq t_i) \dots \dots \dots (III.2)$$

R (t_i) : est la probabilité de bon fonctionnement à l'instant t_i.

$$R(t_i) = \Pr(T > t_i) \dots \dots \dots (III.3)$$

Probabilité complémentaire :

$$F(t) + R(t) = 1 \dots \dots \dots (III.4)$$

$$\int_0^t f(t).dt + \int_t^\infty f(t).dt = 1 \dots \dots \dots (III.5)$$

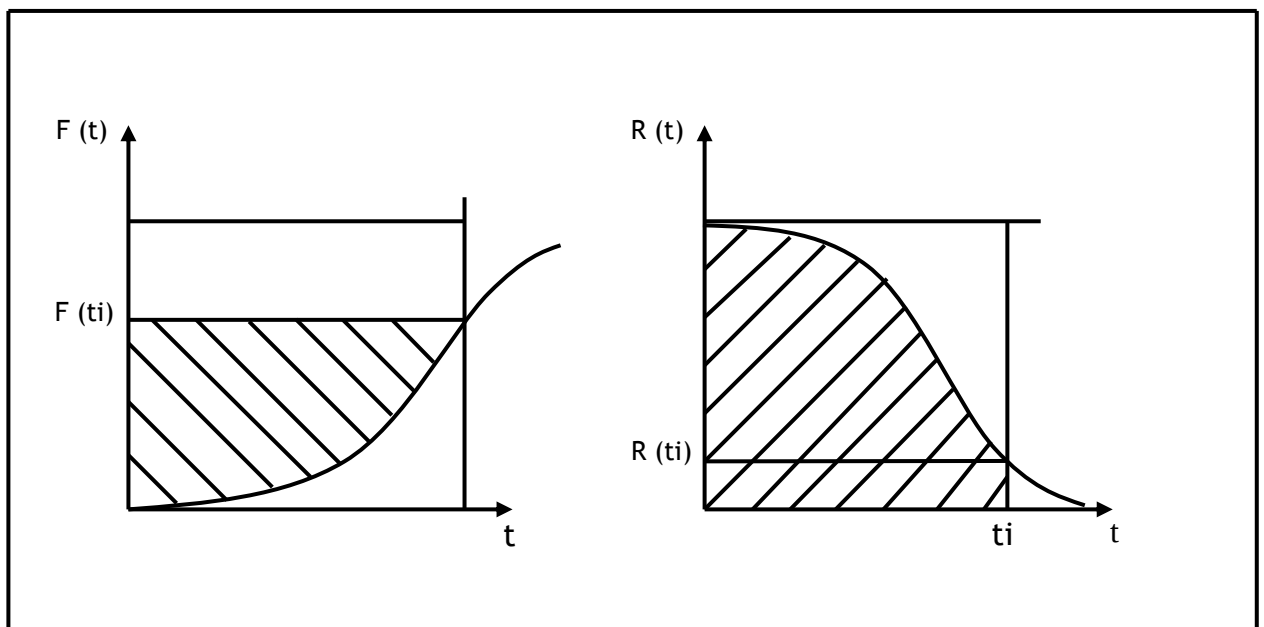


Fig.III.02 graphes de la densité de probabilité et la fiabilité

b) Taux de défaillance $\lambda(t)$:

Soit N_0 : le nombre de dispositifs fonctionnant à $t=0$,

$N(t)$: le nombre de dispositifs fonctionnant à l'instant t,

$N(t+\Delta t)$: le nombre de dispositifs fonctionnant à l'instant $t+\Delta t$.

$\frac{N(t)}{N_0}$: est un estimateur de la fiabilité $R(t)$; (Signe car $N(t)$ décroît).

$$N(t) - N(t + \Delta t) = \Delta N > 0 \dots \dots \dots (III.6)$$

$$N(t + \Delta t) - N(t) = -\Delta N \dots \dots \dots (III.7)$$

Si Δt tend vers 0, l'estimateur tend vers une limite qui est le taux de défaillance instantané :

$$\lambda(t)dt = -\frac{dN}{N(t)} \dots\dots\dots(III.8)$$

Relation non démontrée : si $f(t)$ est la densité de probabilité, nous aurons

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots(III.9)$$

C) Fiabilité $R(t)$:

On intègre cette expression entre 0 et t :

$$-\int_0^t \lambda(t)dt = \ln N(t) + K \dots\dots\dots(III.10)$$

$$N(t) = K.e^{-\int_0^t \lambda(t).dt} \dots\dots\dots(III.11)$$

Pour $t=0$, $N(t)=N_0$ d'où $K=N_0$.

$$N(t) = N_0.e^{-\int_0^t \lambda(t).dt} \dots\dots\dots(III.12)$$

$$\frac{N(t)}{N_0} = e^{-\int_0^t \lambda(t).dt} \dots\dots\dots(III.13)$$

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t).dt} \dots\dots\dots(III.14)$$

Cette relation quelle que soit la loi de fiabilité, elle permet un tracé expérimental de la fiabilité en fonction du temps, l'évolution du taux de défaillances étant connue.

D) La MTBF :

La durée moyenne entre deux défaillances correspond à l'espérance mathématique de la variable aléatoire T .

Elle a pour expression :

$$MTBF = E(t) = \int t.f(t)dt = \int_0^\infty R(t)dt \dots\dots\dots(III.15)$$

E) Estimation de la fiabilité :

Lorsque la taille de l'échantillon est grand ($N > 50$ composants), il est possible d'estimer R par :

$$R(t) = \frac{N(t)}{N_0} = \frac{\text{nombre de survivants à l'instant } t}{\text{nombre initial}} \dots\dots\dots(III.16)$$

Suivant les objectifs de l'étude, il est également possible de caractériser la fiabilité :

Par le taux de défaillance moyen :

$$\lambda(t)dt = -\frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t) \cdot \Delta t} \dots\dots\dots(III.17)$$

Par la densité de probabilité :

$$f(t) = \frac{n_i}{N_0} \dots\dots\dots(III.18)$$

Ou par la MTBF empirique :

$$MTBF = \sum_1^{\infty} t \cdot f(t) \dots\dots\dots(III.19)$$

III.2.4 Déférents lois de survie :

Trois lois statistiques sont utilisées par les fiabilistes pour « ajuster » les phénomènes d'apparition de défaillance :

➤ **La loi « normale » de gauss :**

La distribution des défaillances apparaît centrées autour d'une valeur moyenne, en phase 3 de leur vie, phénomène peu courant.

$$3 < \beta < 4$$

➤ **La loi exponentielle :**

Elle correspond à un taux de défaillance λ constant, fréquent en phase 2 de la vie de très nombreux composants et matériels.

Les défaillances apparaissent selon un processus « poissonnien », c'est-à-dire avec des causes indépendantes entre elles et indépendantes du temps :

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \dots\dots\dots(III.20)$$

$$\beta = 1$$

➤ **La loi de weibull :**

1) Domaine d'utilisation :

Le modèle probabiliste de weibull est très souple, car la loi a trois paramètres qui permettent « d'ajuster » correctement toutes sortes de résultats expérimentaux et opérationnels. Contrairement au modèle exponentiel, la loi de weibull couvre les cas où le taux de défaillance (λ) est variable et permet donc de s'ajuster aux périodes « de jeunesse » et aux différentes formes de vieillissement.

Son utilisation implique des résultats d'essais sur échantillon ou la saisie des résultats en fonctionnement (TBF=intervalle entre deux dates de pannes).

Ces résultats permettent d'estimer la fonction de répartition $F(t)$ correspondant à chaque instant t .

La détermination des trois paramètres permettra, à partir de tables, d'évaluer la MTBF et l'écart type.

D'autre part, la connaissance du paramètre de forme β est un outil de diagnostic du mode de défaillance dans le cas où l'équipement étudié est une « boîte noire ».

2) Graphes de $f(t)$ et $\lambda(t)$:

Ces graphes montrent le polymorphisme de la loi de weibull sous l'influence de son paramètre de forme β .

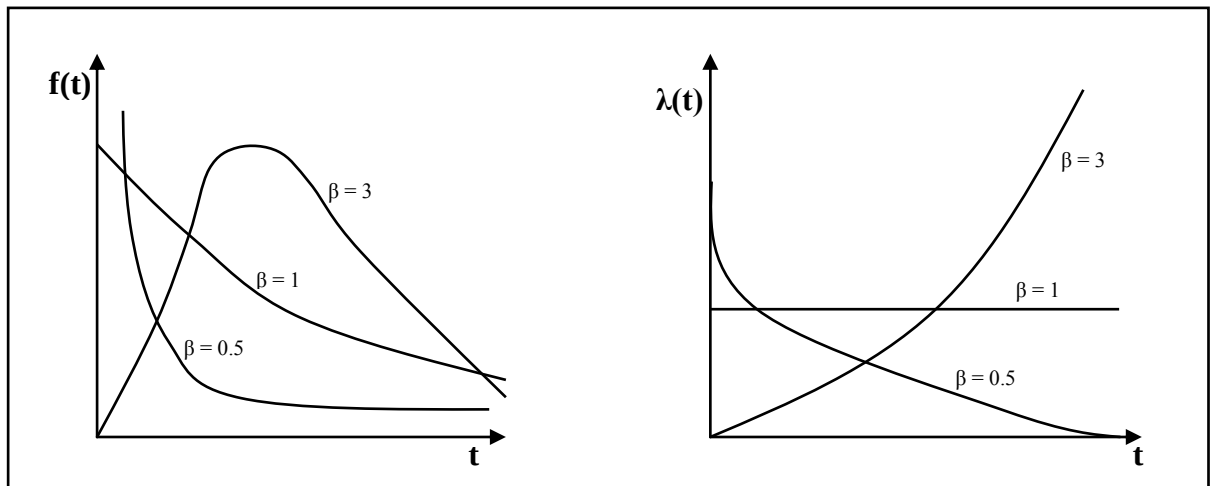


Fig.III.03 graphes de la densité de probabilité et le taux de défaillance

3) Expressions mathématiques :

Soit la variable aléatoire continue t , distribuée suivant une loi de weibull.

A) Densité de probabilité $f(t)$:

$$\text{Avec : } t \geq \gamma. \quad f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(III.21)$$

β : est appelé paramètre de forme $\beta > 0$

η : est appelé paramètre d'échelle $\eta > 0$

γ : est appelé paramètre de position $-\infty < \gamma < +\infty$

B) Fonction de répartition $F(t)$:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(III.22)$$

La fiabilité correspondant est donc $R(t) = 1 - F(t) \dots\dots\dots(III.23)$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(III.24)$$

Remarque : pour $\gamma = 0$ et $\beta = 1$ on retrouve la distribution exponentielle, cas particulier de la loi de weibull.

$$\lambda = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{MTBF} \dots\dots\dots(III.25)$$

Dans ce cas,

C) Taux instantané de défaillance $\lambda(t)$:

$$\text{Avec : } \begin{matrix} t \geq \gamma \\ \beta > 0 \\ \eta > 0 \end{matrix} \quad \lambda = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \dots\dots\dots(III.26)$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \dots\dots\dots(III.27)$$

Exploitation :

Si $\beta < 1$ alors $\lambda(t)$ décroît : période de jeunesse (rodage, déverminage).

Si $\beta = 1$ alors $\lambda(t)$ constant : indépendance du processus et du temps.

Si $\beta > 1$ alors $\lambda(t)$ croît : phase d'obsolescence que l'on peut analyser plus finement pour orienter un diagnostic.

$1.5 < \beta < 2.5$: Phénomène de fatigue.

$3 < \beta < 4$: Phénomène d'usure, de corrosion (début au temps $t = \gamma$), de dépassement d'un seuil (domaine de déformation plastique).

$\beta \approx 3.5$: $f(t)$ est symétrique, la distribution est « normale ».

D) espérance mathématique (MTBF) et écart-type :

L'espérance mathématique a pour expression :

$$E(t) = \gamma + \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \dots \dots \dots (III.28)$$

Dans laquelle Γ est le symbole d'une fonction eulérienne de seconde espèce.

Cette fonction est tabulée en annexe, où l'on retrouve l'expression.

$$MTBF = X\eta + \gamma \dots \dots \dots (III.29)$$

Expression de la variance :

$$V(t) = \eta^2 \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \eta^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]^2 \dots \dots \dots (III.30)$$

Expression de l'écart type :

$$\sigma = \sqrt{V(t)} \dots \dots \dots (III.31)$$

Cet écart type est également tabulé en annexe, où l'on lit $\sigma = B\eta$.

E) Test de KOLMOGOROV SMIRNOV :

L'utilisation de ce test nous permet de comparer la distribution expérimentale avec la distribution théorique et donc de la validité de l'ajustement.

Les paramètres d'acceptation sont donnés par les valeurs $|F - F_{th}|$ et les valeurs de la table K.S (voir annexe).

Procédure du test :

H : le modèle théorique ajuste le modèle expérimental,

n : la taille de l'échantillon,

α : le seuil choisi par le test,

$\alpha, \Delta n$: déterminé à partir de la taille.

Si $|F - F_{th}| < \Delta n, \alpha; \quad \forall i = 1, \dots, n \Rightarrow H$ est accepté au seuil de α .

S'il existe i_0 tel que $|F_{i_0} - F_{th0}| \geq 0 \Rightarrow H$ est rejeté au seuil de α .

III.3 Etude de maintenabilité :

III.3.1 Définition de la maintenabilité (AFNOR norme X60-010) :

« dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits »

Il est possible de donner à la maintenabilité une définition probabiliste : « si la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions avec des moyens prescrits ».

La maintenabilité dépend essentiellement de l'accessibilité, de la facilité de démontage et de remontage des éléments constitutifs et de leur interchangeabilité d'un équipement.

L'indicateur essentiel de la maintenabilité d'un équipement est la MTTR (Mean Time To Repair) traduite par la (Moyenne des Temps Techniques de Réparation), la maintenabilité concerne donc les responsables de maintenance ou même titre que la fiabilité, tant pour le choix d'équipements nouveaux que pour l'amélioration éventuelle l'équipement existant.

III.3.2 Evaluation des temps moyens de réparation (MTTR) :

Par définition on obtient le « MTTR » d'un dispositif par :

$$MTTR = \frac{\text{temps cumulé de réparation pour maintenance corrective}}{\text{nombre total d'intervention}} \dots\dots\dots(III.32)$$

$$MTTR = \frac{\sum_1^n \lambda_i \cdot T_i}{\sum_1^n \lambda_i} \dots\dots\dots(III.33)$$

III.4 Etude de disponibilité :

Un matériel disponible est un matériel dont on peut se servir à partir de cette évidence, il apparaît de façon claire que la disponibilité dépend à la fois :

- Des nombres des défaillances ou taux des pannes : fiabilité
- De la rapidité avec laquelle ces défaillances seront réparées : maintenabilité
- Des règles définies pour l'entretien et la réparation : politique de maintenance.

- De la qualité des moyens mis en œuvre pour cette maintenance (personnel, outillage, stock) : logistique de maintenance.

III.4.1 Différents niveaux de la disponibilité :

- **Disponibilité intrinsèque théorique :**

Dans les études prévisionnelles ne prenant en considération que la MTTR, la disponibilité intrinsèque théorique se définit comme suit :

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100 \text{ en } \% \dots\dots\dots(III.34)$$

- **Disponibilité opérationnelle :**

Lorsque nous prenons en compte la MTA (Moyenne des Temps administratifs), la disponibilité opérationnelles s'exprime comme suit :

$$D_{op} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTA} * 100 \text{ en } \% \dots\dots\dots(III.35)$$

Chapitre VI :

Etude de fiabilité d'un outil de forage

VI.1 Introduction :

L'étude de fiabilité d'une machine base sur l'enregistrement du temps des pannes, ces dernières utilisé pour calculer le MTBF, MTTR, et la disponibilité afin de définir le politique de maintenance des ces types des machines.

Pour nous en intéressant à l'études de fiabilité d'un outils de forage, les temps du pannes est traduisse par le temps de forage jusqu'a l'usure totale de l'outil à la fin de la phase (Terminal depth) ou avant le T.D.

VI.2 Etude de fiabilité d'un outil de forage :**VI.2.1 Calcule de MTBF par la loi de Weibull :****VI.2.1.1 Préparation des données :**

- Saisie de données d'exploitation ou d'essais, recensement de TBF.
- Tableau de classement des TBF par ordre croissant.
- Ordre i attribué à chaque TBF : $1 \leq i \leq N$.
- Suivant la taille N de l'échantillon :
 - si $N > 50$, nous regrouperons les TBF par classes. Dans ce cas, la fréquence cumulée notée :

$$F(i) = \frac{i}{N} \dots\dots\dots(VI.1)$$

- si $50 > N > 20$, nous donnerons un rang i à chaque défaillance. Nous utiliserons alors la formule d'approximation des rangs moyens :

$$F(i) = \frac{i}{N + 1} \dots\dots\dots(VI.2)$$

- si $N < 20$, nous utiliserons la formule d'approximation des rangs médians

$$F(i) = \frac{i - 0.3}{N + 0.4} \dots\dots\dots(VI.3)$$

- Évaluation de la fréquence cumulée $F(i)$, suivant les modèles d'approximation les adaptés.

VI.2.1.2 Détermination des paramètres de WEIBULL :

- Portons sur le papier fonctionnel de WEIBULL :
 - ✓ Sur l'axe A, les valeurs t de TBF,
 - ✓ Sur l'axe B les valeurs $F(i)$ associées.
- Nous obtenons un nuage de points M.

Deux cas sont possibles :

- ✓ Nous pouvons ajuster le nuage par une droite D_1 (au jugé ou par une méthode de régression) $\gamma = 0$.
- ✓ Nous ajustons le nuage par une courbe C_1 : il nous faut alors translater tous les points M d'une même valeur γ jusqu'à obtention d'une droite D_1 .
- La droite D_1 coupe l'axe (t, η) en η
- Nous traçons la // D_2 et D_1 , passant par le point 1 (X, Y).

Cette droite D_2 coupe l'axe (β, B) en β .

VI.2.1.3 Exploitation directe des paramètres :

recherche de la MTBF

Utilisons les tables donnant A et B telles que :

✓ $MTBF = A\eta + \gamma \dots \dots \dots (VI.4)$

✓ L'écart-type $\sigma = B\eta \dots \dots \dots (VI.5)$

Nous pouvons alors connaître la variance $V = \sigma^2 \dots \dots \dots (VI.6)$

VI.2.2 Calcule de la MTTR :

VI.2.2.1 Préparation des données :

En pose que j'ai un nombre des observations d'une machine (les temps des fonctionnements) pour calculer le MTTR de cet machine en exclure les observation correspondant des machines que ne soumis pas à une réparation pendant leur temps de fonctionnement.

Dans notre cas pour les outils de forage pour calculer un MTTR d'un certain outil en exclure les observation (**tf** : temps de forage) correspondre à des outils que terminer le forage des toutes la phase (TD : terminal depth).

Ce ça mon raison de définir MTTR pour un outil de forage.

VI.2.2.2 Calcule de temps technique de réparation (TTR) :

Pour l'outil de forage le temps technique de réparation c'est le temps nécessaire de la remonté de la garniture de forage pour le changement de l'outils + le temps nécessaire de la changement de l'outil + le temps de descende de la garniture jusqu' à le fond pour recommence l'opération de forage par l'outil réparé (outil neuf).[1]

$$\boxed{TTR = \frac{2Z}{V} + t_{ch}} \quad \text{----- (VI.7)}$$

- Z : c'est la profondeur de l'outil use.
- V : la vitesse de remonter et la descendre de la garniture il est estimé par (400 m/h).
- (2) : explique l'opération de la descente de garnitures pour recommence le forage.
- t_{ch} : le temps nécessaire pour change l'outil en surface il est estime par (30 min).
- TTR : le temps nécessaire de changer d'un outil.

VI.2.2.3 Calcul de MTTR :

$$\boxed{MTTR = \frac{\sum \lambda(t) T_i}{\sum \lambda(t)}} \quad \text{----- (VI.8)}$$

VI.2.3 Calcul de la Disponibilité :

$$\boxed{D = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF}} \quad \text{.....(VI.9)}$$

VI.3 La résolution numérique du problème :

En assai de résolvant le problème de fiabilité numériquement pour :

- Permet d'augmenté son problème les nombres des observation.
- Minimiser les erreurs dues aux nombres des observations (par la méthode manuelle).
- Diminuer le temps de calcule.

VI.3.1 Calcul de MTBF :**Préparation des données :**

- En met les TBF (temps de forage Tf). Dans un fichier Excel est on appelé par exemple {'data.xls'}.
- Ouvrir canal entre l'Excel et MATLAB pour ordonnée le TBF (croissant).
- Attribut les rangs.
- En programmée une petite boucle pour choisir la formule de calcul de $F(i)$ suivant la taille (n).

VI.3.2 Déterminations des paramètres de WEIBULL :**VI.3.2.1 Modélisation de la loi de WEIBULL**

La loi de fiabilité $R(t)$ est :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(VI.10)$$

$$\implies \ln(R(t)) = -\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta \dots\dots\dots(VI.11)$$

$$\implies \ln[-\ln(R(t))] = \beta \cdot \ln\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right) \dots\dots\dots(VI.12)$$

$$\implies \ln[-\ln(R(t))] = \beta \cdot \ln(t - \gamma) - \beta \cdot \ln(\eta) \dots\dots\dots(VI.13)$$

$$\implies \ln[-\ln(1 - F)] = \beta \cdot \ln(t - \gamma) - \beta \cdot \ln(\eta) \dots\dots\dots(VI.14)$$

Pour extraire les paramètres γ , η , β il faut identifier la valeur de (γ) pour permettre de résoudre le problème.

Pour identifier (γ) en trace le nuage des points qui définissent l'évolution de $F(i)$ en fonction de (Tf) .

- Si le nuage à une forme linéaire γ prend la valeur (0).
- Si le nuage à une forme courbure γ prend la valeur déferant de zéro.

1^{er} cas $\gamma=0$

L'équation (I) prend la forme suivant :

$$\text{Ln}[-\text{Ln}(1 - F)] = \beta \cdot \text{Ln}(t) - \beta \cdot \text{Ln}(\eta) \dots \dots \dots (\text{VI.15})$$

$$\text{➤ } Y = \text{Ln} [- \text{Ln} (1-F)] \dots \dots \dots (\text{VI.16})$$

$$\text{➤ } x = \text{Ln} (t) \dots \dots \dots (\text{VI.17})$$

$$\text{➤ } a = \beta.$$

$$\text{➤ } b = - \beta \text{Ln} (\eta) \dots \dots \dots (\text{VI.18})$$

Par la méthode moindre carre en identifier les coefficients **a, b**.

2^{eme} cas $\gamma \neq 0$:

Pour identifier de (γ) en extrait a partir de diagramme F et Tf, trois temps correspondre a trois F de distance égaux entre eux.

Le programme résoudre cette problème par l'établissement d'un modèle mathématique définir Tf en fonction de F, les choix des 3 valeurs équidistance de F en remplace son valeur dans le modèle et on tire T1, T2, T3 correspond.

Le redressement :

En calcule les nouvelles valeurs de (t) :

- $T_n = t - \gamma / T_n$ c'est sont les nouveaux valeurs des temps.

L'équation (I) prend la forme du :

$$\text{Ln} [- \text{Ln} (1-F)] = \beta \cdot \text{Ln} (T_n) - \beta \cdot \text{Ln} (\eta) \dots \dots \dots (\text{VI.19})$$

$$\text{➤ } Y = \text{Ln} [- \text{Ln} (1-F)] \dots \dots \dots (\text{VI.20})$$

$$\text{➤ } X = \text{Ln} (T_n) \dots \dots \dots (\text{VI.21})$$

$$\text{➤ } a = \beta.$$

$$\text{➤ } b = - \beta \text{Ln} (\eta) \dots \dots \dots (\text{VI.22})$$

VI.3.3 Calcul de MTBF :

VI.3.3.1 Détermination de A :

L'extrait de (A) à partir du tableau de KOLMOGOROV SMIRNOV :

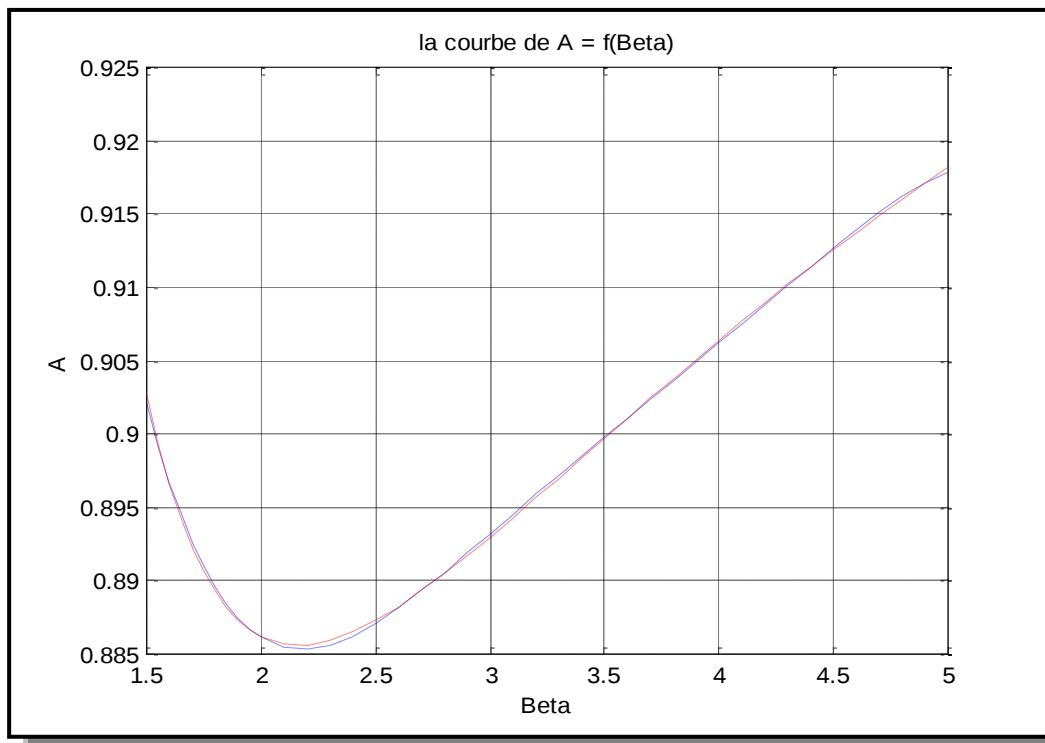
<i>B</i>	<i>A</i>	β	<i>A</i>	β	<i>A</i>	β	<i>A</i>	β	<i>A</i>
0.20	120	1.45	0.9067	2.10	0.8857	3.30	0.8970	4.50	0.9160
0.25	24	1.50	0.9027	2.20	0.8856	3.40	0.8984	4.60	0.9171
0.30	9.26	1.55	0.8994	2.30	0.8859	3.50	0.8997	5.00	0.9182
0.35	5.02	1.60	0.8966	2.40	0.8865	3.60	0.9011	5.10	0.9192
0.40	3.32	1.65	0.8942	2.50	0.8873	3.70	0.9025	5.50	0.9202
0.45	2.47	1.70	0.8922	2.60	0.8882	3.80	0.9038	5.70	0.9213
0.50	2.00	1.75	0.8906	2.70	0.8893	3.90	0.9051	5.90	0.9277
0.55	1.07	1.80	0.8893	2.80	0.8905	4.00	0.9064	6.00	0.9286
0.60	1.50	1.85	0.8882	2.90	0.8917	4.10	0.9102	6.10	0.9274
0.65	1.36	1.90	0.8874	3.00	0.8930	4.20	0.9114	6.50	0.9302
0.70	1.26	1.95	0.8867	3.10	0.8943	4.30	0.9126	6.80	0.9333
0.75	1.19	2.00	0.8862	3.20	0.8957	4.40	0.9137	6.90	0.9347

Le programme fait une corrélation entre β et A, pour à chaque fois identifier par la valeur de β .

Le modèle c'est le suivant :

$a_1(10^{-4})$	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
-1.1908	0.0030	-0.0327	0.1956	-0.7016	1.5161	-1.8244	1.8214

$$A = a_1 \cdot \beta^7 + a_2 \cdot \beta^6 + a_3 \cdot \beta^5 + a_4 \cdot \beta^4 + a_5 \cdot \beta^3 + a_6 \cdot \beta^2 + a_7 \cdot \beta + a_8 \quad \text{.....(VI.23)}$$

Fig.VI.01 La courbe de $A = f(\text{Beta})$

VI.3.3.2 Calcul du MTBF :

1^{er} cas :Pour $\gamma = 0$.

$$MTBF = A \eta \quad \dots\dots\dots(VI.24)$$

2^{eme} cas :Pour $\gamma \neq 0$.

$$MTBF = A \eta + \gamma \quad \dots\dots\dots(VI.25)$$

VI.3.4 Calcul de l'écart-type σ :

VI.3.4.1 Détermination de B :

L'extrait de (B) à partir du tableau de KOLMOGOROV SMIRNOV :

B	B	β	B	β	B	β	B	β	B
0.20	1901	1.45	0.635	2.10	0.443	3.30	0.299	4.50	0.230
0.25	199	1.50	0.613	2.20	0.425	3.40	0.292	4.60	0.226
0.30	50.08	1.55	0.593	2.30	0.409	3.50	0.285	5.00	0.210
0.35	19.98	1.60	0.574	2.40	0.393	3.60	0.278	5.10	0.207
0.40	10.44	1.65	0.556	2.50	0.380	3.70	0.272	5.50	0.194
0.45	6.46	1.70	0.540	2.60	0.367	3.80	0.266	5.70	0.186
0.50	4.47	1.75	0.525	2.70	0.355	3.90	0.260	5.90	0.183
0.55	3.35	1.80	0.511	2.80	0.344	4.00	0.654	6.00	0.180
0.60	2.65	1.85	0.498	2.90	0.334	4.10	0.249	6.10	0.177
0.65	2.18	1.90	0.486	3.00	0.325	4.20	0.244	6.50	0.168
0.70	1.85	1.95	0.474	3.10	0.316	4.30	0.239	6.80	0.161
0.75	1.61	2.00	0.463	3.20	0.307	4.40	0.235	6.90	0.160

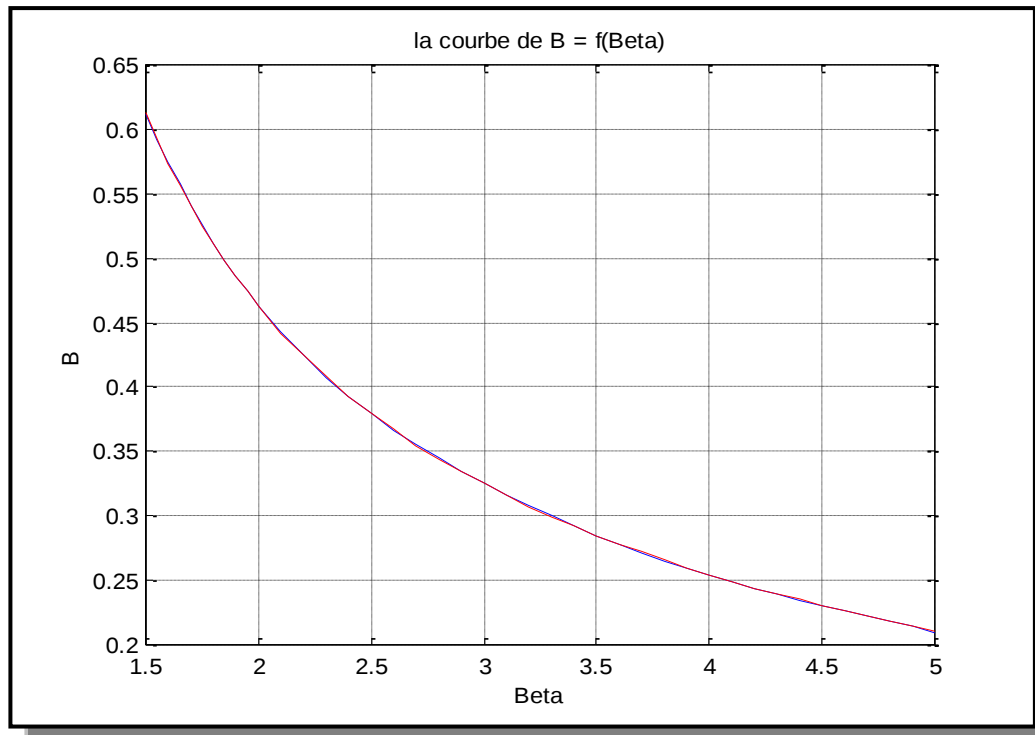
Le programme faire une corrélation entre β et B, pour à chaque fois identifier par la valeur de β .

Le modèle c'est le suivant :

$b_1 (10^{-4})$	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8
-3.8750	0.0095	-0.1002	0.5818	-2.0413	4.3787	-5.5067	3.6224

$$B = b_1 \cdot \beta^7 + b_2 \cdot \beta^6 + b_3 \cdot \beta^5 + b_4 \cdot \beta^4 + b_5 \cdot \beta^3 + b_6 \cdot \beta^2 + b_7 \cdot \beta + b_8$$

...(VI.26)

Fig.VI.02 La courbe de $B = f(\text{Beta})$ VI.3.4.2 Calcule de σ :

$$F(i) = \frac{i}{N}$$

.....(VI.27)

VI.3.5 Test KOLMOGOROV SMIRNOV:

A partir des nombres des données (N) et ($\alpha = 5\%$) :

N	Δ	N	Δ	N	Δ
1	0.975	9	0.432	17	0.318
2	0.842	10	0.410	18	0.309
3	0.708	11	0.391	19	0.301
4	0.624	12	0.375	20	0.264
5	0.565	13	0.361	25	0.24
6	0.521	14	0.349	30	0.23
7	0.486	15	0.338	>30	$1.36/(N)^{0.5}$
8	0.457	16	0.328		

Le programme faire une corrélation entre **N** et Δ , pour à chaque fois identifie par la valeur de **N**.

Le modèle c'est le suivant :

$C_1 (10^{-10})$	$C_2 (10^{-6})$	$C_3 (10^{-6})$	$C_4 (10^{-4})$	C_5	C_6	C_7	C_8
-3.3430	5.6170	-3.8040	1.3519	-0.0027	0.0329	-0.2339	1.1839

$$\Delta = C_1.n^7 + C_2.n^6 + C_3.n^5 + C_4.n^4 + C_5.n^3 + C_6.n^2 + C_7.n + C_8$$

....(VI.28)

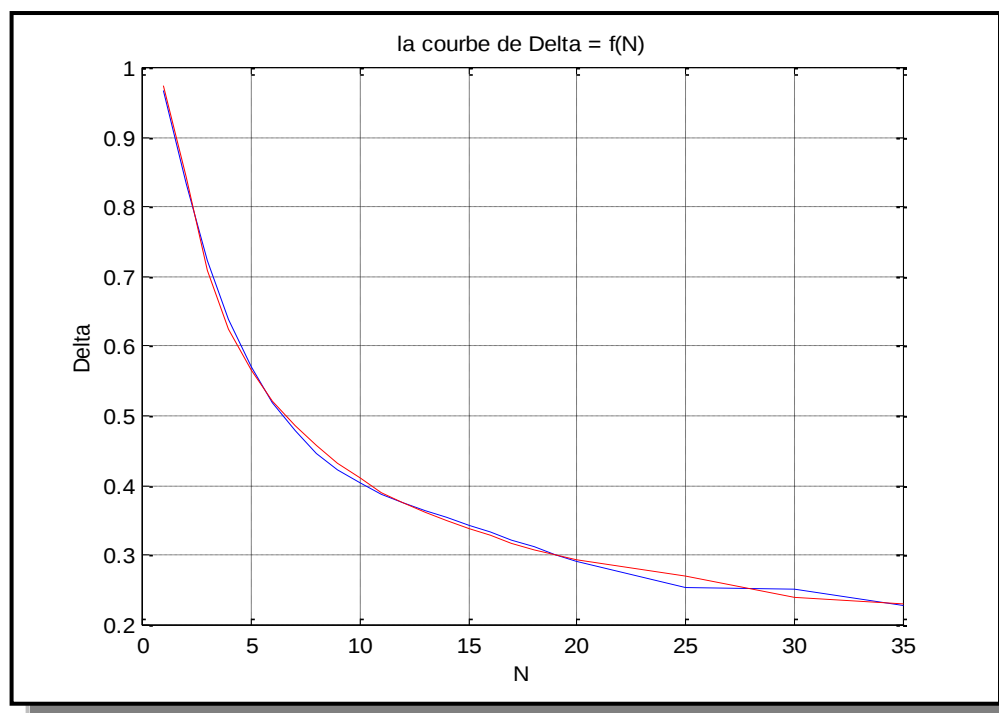


Fig.VI.03 La courbe de Delta = f(N)

VI.3.6 Calcule de MTTR :

VI.3.6.1 préparation du tableau :

Dans le fichier des données EXCEL on prend le temps de forage dans une première colonne et dans les deuxièmes colonnes on prend les métrages réalisés par les outils mais les outils qui terminent la phase en mettent la valeur (0) et pour les autres on met les métrages réels.

Le programme va traiter ces données pour calculer le MTTR, il exclut tous les t_f correspondant à la valeur de métrages (0), il reste seulement les autres enregistrements.

- Calcule de **TTR** par la formule.....(VI.7)
- Calcule de **MTTR** par la formule.....(VI.8)

VI.4 Programme De Calcule De Fiabilité

VI.4.1 D'un Outil De Forage

Toutes les étapes précédentes sont rencontre des erreurs lorsque en résout le problème manuel et aussi prend beaucoup de temps.

Pour cela nous propose un programme en MATLAB pour facilite le travail de fiabilité, et diminue la durée de résolution.

VI.4.2 Le programme :

VI.4.2.1 Les données d'entres :

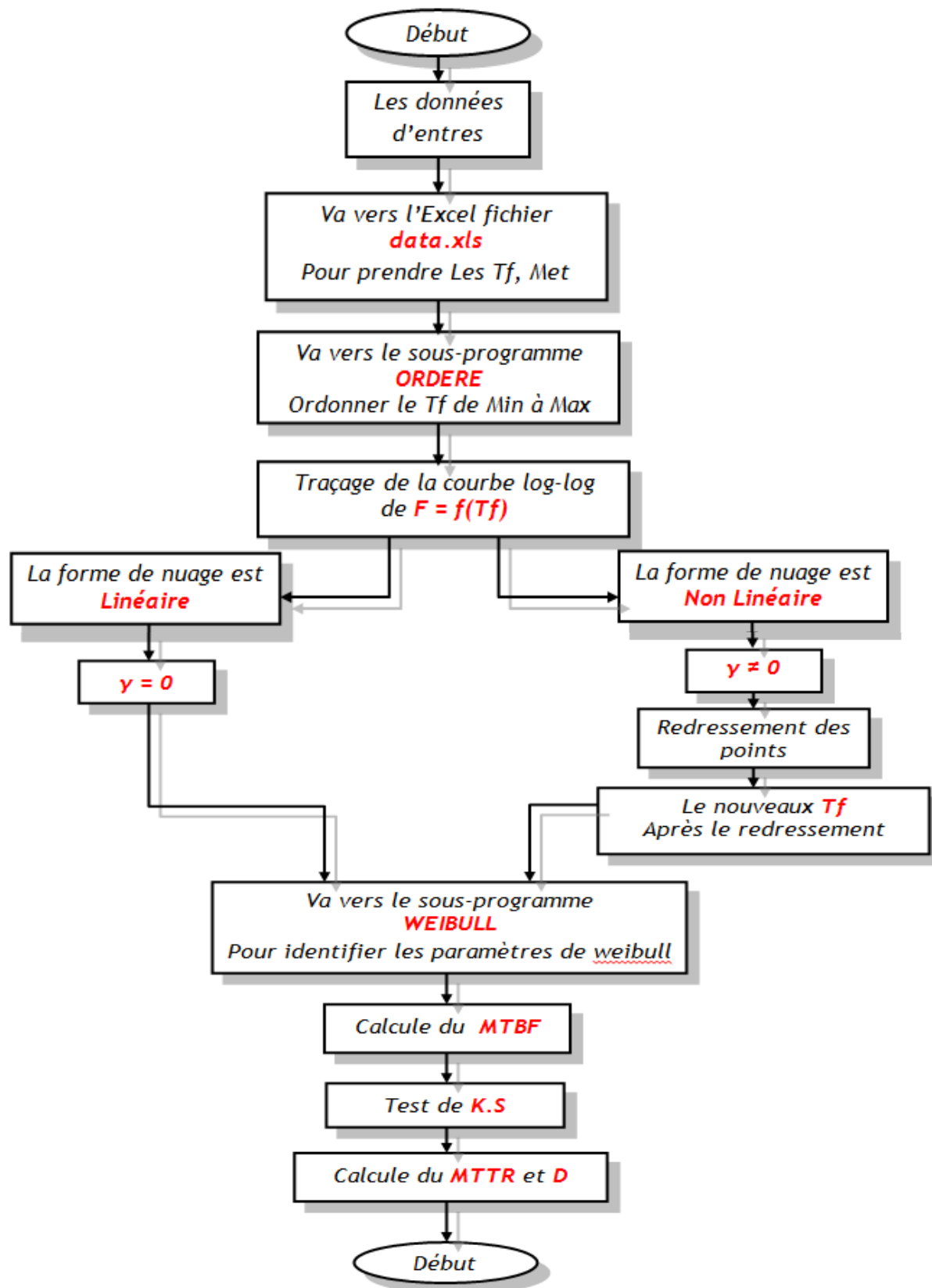
- Le nombre des observations (**N**).
- Le nome de fichiers EXCEL qui contient l'enregistrement des :
 - ✓ Le temps de forage (**tf**).
 - ✓ Le métrage réaliser (**Met**).

VI.4.2.2 Les sorties de programme :

- Le tableau de fiabilité.
- Les paramètres de **WEIBULL**.
- La valeur de le **MTBF**.
- La valeur du **σ** .
- La validité de modèle (test **K.S**).
- Le tableau de le **MTTR**.
- La valeur de le **MTTR**.
- La valeur de la disponibilité **D**.
- La fonction de densité **f(t_f)**.
- Les graphes de : **f = g1(t_f)**, **$\lambda = g2(t_f)$** , **R = g3(t_f)**, **F = g4(t_f)**.

VI.4.2 L'organigramme :

Représenté les étape intéressante du programme.



Application sur l'outil **MF044**

Le tableau de performance de l'outil MF044 dans la phase 16", champ HMD:[4]

<i>Puits</i>	<i>Métrage</i>	<i>ROP</i>	<i>T_f</i>	<i>Remarque</i>
MDZ534	495-2376	11.80	159.4068	TD
MDZ545	498-2280	10.75	165.7674	PR
MDZ553	508-2038	16.08	95.1493	PR
MDZ557	477-2144	16.72	97.9067	PR
OMJZ633	514-742	07.32	31.1475	PR
OMKZ232	495-2162	12.88	129.4255	PR
OMKZ202	484-2301	10.85	167.4654	TD
OMLZ643	571-1562	15.07	69.3431	PR
OMMZ533	504-2388	09.51	198.1073	TD
OMOZ463	514-2315	10.74	167.6909	TD
OMOZ84	462-2237	09.10	195.0549	TD
OMOZ232	438-2344	10.33	180.1549	TD
OMPZ173	520-2280	12.01	146.5445	TD
OMPZ473	489-2291	08.80	204.7727	TD
OMPZ12	1184-1530	18.66	18.5423	PR
OMPZ170	520-2280	12.01	146.5445	TD

Pour calcule le fiabilité de cet outil en exécute le programme de fiabilité et l'affichage de résultat présenter dans les pages suivantes :

Application sur l'outil **DP**

Le tableau de performance de l'outil DP dans la phase 16", champ HMD: [4]

<i>Puits</i>	<i>Métrage</i>	<i>ROP</i>	<i>T_f</i>	<i>Remarque</i>
MDZ534	1614-2328	04.58	155.8952	TD
MDZ544	552-1582	18.99	54.2391	BHA
MDZ594	507-2365	10.31	180.2133	TD
MDZ551	483-2348	11.40	163.5964	TD
MDZ556	505-2085	13.11	120.5186	PR
MDZ532	508-2345	17.38	105.6962	TD
MDZ536	478-2405	14.58	132.1673	TD
OMJZ502	495-2364	14.92	125.2680	TD
OMJZ742	511-2140	13.84	117.7023	PR
OMJZ813	471-2318	13.87	133.1651	TD
OMJZ633	742-2144	13.00	107.8461	PR
OMKZ121	494-1152	11.03	059.6554	PR
OMNZ763	530-2103	12.88	122.1273	PR
OMNZ47	491-1615	15.89	070.7363	PR
OMNZ232	1732-2106	08.13	046.0024	PR\TQ
OMNZ273	641-2125	11.85	125.2320	PR
OMOZ632	490-1483	23.88	041.5829	TW
OMPZ261	501-2288	10.36	172.4903	TD
ONMZ143	476-2215	15.09	115.2418	PP
ONMZ153	492-2276	10.71	166.5732	TD
ONMZ333	467-2265	11.37	158.1354	TD
ONMZ343	488-2264	14.33	124.1090	TD

Pour calcule le fiabilité de cet outil en exécute le programme de fiabilité et l'affichage de résultat présenter dans les pages suivantes :

Application sur l'outil **DSX92**

Le tableau de performance de l'outil DSX92 dans la phase 16", champ HMD: [4]

<i>Puits</i>	<i>Métrage</i>	<i>ROP</i>	<i>T_f</i>	<i>Remarque</i>
<i>ONMz503</i>	<i>500-1804</i>	<i>13,31</i>	<i>122,55</i>	<i>TD</i>
<i>OMKz221</i>	<i>500-1834</i>	<i>13,47</i>	<i>136,20</i>	<i>TD</i>
<i>ONIZ-252</i>	<i>500-1803</i>	<i>11,31</i>	<i>159,36</i>	<i>TD</i>
<i>OMNz-133</i>	<i>500-1693</i>	<i>12,25</i>	<i>138,25</i>	<i>PR</i>
<i>OMNz-153</i>	<i>500-1264</i>	<i>19,98</i>	<i>063,57</i>	<i>PR</i>
<i>MDz-561</i>	<i>500-1897</i>	<i>13,06</i>	<i>145,24</i>	<i>TD</i>
<i>OMLz-322</i>	<i>500-1782</i>	<i>12,22</i>	<i>145,82</i>	<i>TD</i>
<i>OMKz-811</i>	<i>500-1331</i>	<i>14,97</i>	<i>088,91</i>	<i>TD</i>
<i>MDz-552</i>	<i>500-1912</i>	<i>13,76</i>	<i>139,00</i>	<i>TD</i>
<i>OMJz-85</i>	<i>500-1239</i>	<i>12,79</i>	<i>096,86</i>	<i>TQ</i>
<i>OMOz543</i>	<i>500-1741</i>	<i>12,06</i>	<i>144,31</i>	<i>PR</i>
<i>MDz563</i>	<i>500-1868</i>	<i>17,21</i>	<i>108,54</i>	<i>TD</i>
<i>MDz565</i>	<i>500-570</i>	<i>12,81</i>	<i>042,08</i>	<i>PR</i>
<i>MDz565</i>	<i>500-1103</i>	<i>11,20</i>	<i>092,00</i>	<i>PR</i>
<i>MDz554</i>	<i>500-1832</i>	<i>14,70</i>	<i>124,46</i>	<i>PP</i>
<i>OMLz-442</i>	<i>500-1792</i>	<i>17,17</i>	<i>104,34</i>	<i>TD</i>
<i>MDz-560</i>	<i>500-1859</i>	<i>21,00</i>	<i>088,54</i>	<i>TD</i>
<i>OMOz-552</i>	<i>500-1834</i>	<i>19,56</i>	<i>093,76</i>	<i>TD</i>
<i>MDz-573</i>	<i>500-1684</i>	<i>13,10</i>	<i>128,54</i>	<i>PR</i>
<i>OMNz-242</i>	<i>500-1857</i>	<i>19,98</i>	<i>092,96</i>	<i>TD</i>
<i>OMLz632</i>	<i>500-1220</i>	<i>14,89</i>	<i>081,95</i>	<i>PR</i>
<i>MDz564</i>	<i>500-1836</i>	<i>19,83</i>	<i>086,77</i>	<i>PR</i>
<i>OMNz-703</i>	<i>500-1113</i>	<i>17,50</i>	<i>063,50</i>	<i>PR</i>
<i>OMNz-703</i>	<i>500-744</i>	<i>19,70</i>	<i>037,80</i>	<i>TD</i>

Conclusion générale

Conclusion générale

Le but de cette étude est d'essayer de donner une autre explication sur la cause de l'usure de l'outil et aussi la manière de l'évolution de cette usure.

Ces informations fournies par l'étude de fiabilité, chacun des paramètres de fiabilité (β , MTBF, MTTR, D,...) donne une signification sur l'outil pendant leur forage. On peut utiliser ces significations pour corriger les valeurs de plusieurs facteurs influant sur l'outil.

On peut utiliser β comme facteur de correction sur le marge des paramètres supportable par l'outil. Les constructeurs des outils définissent ce marge en point de vue métallurgique c-à-d les poids et la vitesse de rotation maximum portés pour ne pas dépasser la capacité de l'outil. Mais l'étude de fiabilité donne $\beta \in [1,5 \div 2,5]$ c-à-d le problème d'usure toujours par fatigue, pour les constructeurs il faut prendre ce phénomène en considération et corriger les marges par l'utilisation de la valeur de β .

On peut utiliser les valeurs de $R(t = \text{MTBF})$ pour définir le nombre des outils atteindront le temps de bon fonctionnement. Pour les acheteurs cette information donne une idée sur les nombres de chaque type d'outil qu'il faut acheter pour l'année prochaine.

L'identification de l'usure pendant toute la phase est un obstacle pour modéliser l'avancement d'un outil, on peut proposer l'utilisation de la courbe de défaillance pour évaluer l'usure en fonction du temps de forage.

Après les résultats de cette étude on trouve que la fiabilité est riche en informations qui expliquent beaucoup des problèmes comme : la fatigue, l'usure et l'évaluation de l'usure... pour cela on propose de continuer l'application de fiabilité pour tous les équipements de forage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Etude technique de la fiabilité d'un outil de forage ; mémoire fin d'étude .
- [2] Jean Peul Nguyen ; Technique d'exploitation pétrolière ; institut français du pétrole ;1993.
- [3] OuahibaTebbi, Fabrice Guerin et Bernard Duman ; Estimation de la fiabilité des composants mécaniques par les essais accélérés.
- [4] La société de NABORS ; les données des outils de forage.