**3.1 CALCUL DE LA FIABILITE** Pour les produits réparables on retient comme indicateur de fiabilité, la moyenne des temps de bon fonctionnement satisfaisant entre deux défaillances du produit.

On le désigne par " **MTBF**" (**m**ean **t**ime **b**etween **f**ailure = **m**oyenne des **t**emps de **b**on **f**onctionnement).

L’aspect qui nous intéresse pour le calcul de la MTBF :

**Aspect statistique**

La MTBF comme moyenne des temps de bon fonctionnement.



Pour calculer ou même estimer la fiabilité R(t), et pour étudier ou bien estimer le taux de défaillance ƛ de la machine on a besoin de données indispensable comme le temps de bon fonctionnement (TBF) et le nombre de pannes et le temps d’intervention.

**3.2 PROGRAMME DE CHARGE DE LA MACHINE**

Le dossier historique sous forme de programme de charge de la machine pendant 13 ans montrent les données suivantes : (pour plus de détail voir annexe)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ANNEE** | **ƩTBF (h)** | | **Ʃ temps depanne (h)** | | **Ʃ Nb de pannes** | | **Ʃ Temps intervention (h)** | **Ʃ Le cout (DA)** |
| 2002 | 894 | | 10 | | 1 | | 2 | 1885 |
| 2003 | 855 | | 3 :30 | | 1 | | 1 | - |
| 2004 | 1484 | | 12 | | 3 | | 10 :30 | 2929 |
| 2005 | 867 | | 30 | | 2 | | 45 | 20772 |
| 2006 | 864 | | 100 | | 2 | | 44 | 15103.2 |
| 2007 | 735 | | 11 | | 2 | | 82 | 29272 |
| 2008 | 714 | | 6 | | 2 | | 16 | 10376 |
| 2009 | 1235 | | 75 | | 6 | | 70 | 11368 |
| 2010 | 701 | | 7 | | 3 | | 8 :45 | 1479 |
| 2011 | 460 | | 6 | | 3 | | 15 :30 | 1972 |
| 2012 | 439 | | 6 | | 3 | | 2 | 358 |
| 2013 | 469 | | 18 | | 5 | | 14 :30 | 1689 |
| 2014 | 331 | | 8 :30 | | 4 | | 21 | 7192 |
| 2015 | 262 | 34 | | 4 | | 160 | | 19372 |

**Tableau 03 programme de charge de la machine (2002-2015)**

Exemple de la fonction R(t) pour l’année 2002 :

MTBF= **=**  = **447 h**

**ƛ** **= =** = **0.0022**

MTTR**===**2 h

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ANNEE | MTBF (h) | ƛ | MTTR (h) |
| 2002 | 447 | 0,0022 | 2 |
| 2003 | 427.5 | 0,0023 | 1 |
| 2004 | 371 | 0,0026 | 3 :30 |
| 2005 | 289 | 0.0034 | 22 :30 |
| 2006 | 288 | 0,0034 | 22 |
| 2007 | 245 | 0,0040 | 41 |
| 2008 | 238 | 0,0042 | 8 |
| 2009 | 176.42 | 0.0056 | 11 :40 |
| 2010 | 175.25 | 0,0057 | 2 :48 |
| 2011 | 115 | 0,0086 | 5 :10 |
| 2012 | 109.75 | 0,0091 | 66 mn |
| 2013 | 78.16 | 0.012 | 2 :54 |
| 2014 | 66.2 | 0.015 | 5 :15 |
| 2015 | 52.4 | 0.019 | 40 |

**Tableau 04 valeurs de MTBF et ƛ (2002-2015)**

3.3 Le Nuage De Point Estimative De Taux De Défaillance ƛ(T) (2002-2020)

**Fig.15 courbe d’estimation de taux de défaillance**

**Commentaire** Dans la figure précédente (Fig.15) on a repéré les valeurs de ƛ en fonction de temps à partir de l’année 2002 jusqu’à l’année 2015 On a obtenu un nuage de point. Le nuage de point obtenu est sous forme d’une fonction curviligne croissante.

Après avoir le nuage de point à partir de la fonction exponentiel on a eu les valeurs de ƛ(t) (2016, 2017, 2018, 2019,2020) Les valeurs sont les suivants :

|  |  |
| --- | --- |
| ANNEE | ƛ (t) |
| 2016 | 0.024 |
| 2017 | 0.029 |
| 2018 | 0.034 |
| 2019 | 0.039 |
| 2020 | 0.045 |

**Tableau 05 les valeurs de ƛ estimés (2016-2020)**

On remarque que les valeurs trouvées sont croissantes et convergentes.

D’après ces calcules et après la loi statistique on calcule les MTBF :

MTBF **=**

|  |  |
| --- | --- |
| ANNEE | MTBF (h) |
| 2016 | 41.66 |
| 2017 | 34.48 |
| 2018 | 29.41 |
| 2019 | 25.64 |
| 2020 | 22.22 |

**Tableau 06 les valeurs de MTBF estimé (2016-2020)**

On remarque que ces résultats sont décroissants et convergentes.

D’après les valeurs obtenu de moyen de temps de réparation MTTR on déduit que la machine et maintenable et on remarque que le temps de réparation est à peu prés court environ 7 à 8 h.

3.4 LA COURBE EN BAIGNOIRE

est une probabilité de défaillance dont l'allure graphique est donnée par la courbe suivante:



1980 2002 2015 2020

**Fig.16 courbe en baignoire**

Expérimentalement, pour la machine, la courbe représentative du taux de défaillance quand, possède la forme donnée par la figure précédente. Elle est appelée courbe en baignoire et comporte 3 parties distinctes :

🠪**Période de défaillance précose ou période de jeunesse.**

* + Cette zone représente la période de début de fonctionnement,
  + le taux de défaillance décroît avec le temps, car les pannes précoces dues à des défauts de fabrication ou de conception sont de moins en moins ombreuses.

🠪**Période de défaillance à taux constant ou zone de maturité**

* + Cette zone représente la période de maturité, ou vie utile
  + le taux de défaillance reste à peu près constant ; pendant cette période, les pannes qui paraissent sont dues au hasard.

Et pour notre cas le taux de défaillance ƛ (t) est sous forme d’un nuage de point croissant représentée dans la figure par la zone 3

🠪**Période de défaillance par vieillissement ou période de fin de vie ou zone d'usure**

* + - * Cette zone représente la période d’usure
      * le taux de défaillance augmente avec le temps, car les pannes sont dues àl’usure croissante du produit,
      * le long duré de fonctionnement de machine qu’elle touche les 30 ans (1980-2015)

Implique la manifestation des pannes et sa explique la croissance de valeur de taux de défaillance ƛ(t).

D’après le calcule de taux de défaillance ƛ(t) on a constaté que ces valeurs sont croissantes ce qui explique et par relation inverse la décroissance de fiabilité et d’après la courbe en baignoire qui nous a montré que la machine se localise dans la zone 3 (zone de vieillissement) d’après ces résultats on peut que appliquer une maintenance corrective.

3.5 GAMME OPERATOIRE POUR DEPANNAGE (cas : changement pignon intermédiaire)

Lorsqu’une défaillance sera prévue, on déclenche une action demaintenance préventive. Celle-ci est décomposable en plusieurs phases:

**-Détection**: cette phase permet de déceler. Par une surveillance accrue, l’apparition d’une défaillance partielle et d’établir un constat de défaillance.

**-Localisation** : À partir du constat de défaillance et du dossier technique, cette phase permet de rechercher précisément le ou les éléments pouvant entraîner cette défaillance (hypothèses).

**-Diagnostic :** La vérification des hypothèses émises permet d’identifier la ou les causes de la défaillance et de définir les opérations de maintenance préventive à mettre en place.

**-Dépannage :** l’aide au diagnostic est un outil précieux permettant de gagner du temps. Les outils d’aide au diagnostic se présentent sous différentes formes: organigramme de dépannage, tableau causes-effets, logigramme de tests, et tableau de diagnostic *…*

**3.5.1 Détection**

Après la mise en marche de fraiseuse, des vibrations et un bruit sont détectés par l’opérateur au niveau de la partie inferieure de la boite de transmission. Bien que la machine continue de fonctionner, les travaux de fraisage deviennent irréguliers et le mouvement de transmission est de moins en moins bien.

**3.5.2 Localisation**

Suite à la détection de ces deux anomalies (vibration et bruit), il faut procéder à la localisation de leurs lieux. La table de décision pour un diagnostic global de la fraiseuse, nous a permis de dégager se qui suit: S'il y a un bruit au niveau de la partie inferieure de la boite de transmission, l'anomalie peut être d’origine de:

* + Roulement de palier défectueux(ou cassé).
  + Sièges des roulements de palier usés.
  + Pignon intermédiaire défectueux.
  + Clavette défectueuse.
  + Rainures de clavettes usées.
  + Flexion de palier
  + Cisaillement de palier
  + Manque de graissage au niveau des paliers et d’engrenages

**3.5.3 Diagnostic**

Une fois la défaillance localisée au niveau de la boite de transmission, il faut maintenant déterminer exactement son origine en analysant les effets et en définissants précisément sa ou ses causes. L’hypothèse de la défectuosité d'un ou des pignons de la boite de transmission étant avancée , reste maintenant à la confirmer soit à partir de la table de décisions qui englobe la majorité des anomalies qui se rapportent aux défaillances de la machine étudié , soit à partir du diagramme causes-effets d'Ishikawa.

**3.5.4 Dépannage de la défaillance**

**3.5.4.1 Solution** L'étude et l'expérience ont montrées qu’une telle défaillance conduit à :

* Problème de choix de vitesse.
* une flexion de palier.
* une rupture de la denture des pignons*.*

A près avoir détecté et localisé et diagnostiqué notre défaillance, il faut maintenant songer à administrer un remède à la machine. A cet effet, une décision à été prise en optant pour une solution optimal sous forme d’une intervention corrective qui se résume en : **« Une action de maintenance corrective du type dépannage qui se traduit par le changement de pignon intermédiaire de la boite de transmission de la fraiseuse ».**

**3.5.4.2 logigrammes de la démarche**

Début

Détecter l’anomalie

OUI NON

Contrôler le support moteur

Autres anomalies

NON OUI

Serrage ou changement support moteur

Contrôler l’arbre a coté moteur

OUI NON

Fin

Contrôler l’arbre a coté de boite de vitesse

Changement d’arbre

Fin

OUI NON

Contrôle de boite de vitesse

Changement d’arbre

Fin

Fin

Changer le palier

OUI

Autres anomalies

NON

Fin

Changer le roulement

OUI

Autres anomalies

NON

NON

**Autres anomalies**

**Contrôle pignon**

**Changement pignon**

OUI

**Fig.17 logigramme de localisation de panne**

**3.5.4.3 La gamme opératoire**

Étant donné que la problématique est posée pour le cas d'un changement d’un pignon de boite de vitesse, notre intérêt à été centré sur trois principales phases qui constituent l'ossature d'une gamme opératoire dont la nomenclature est la suivante:

Phase 1 : démontage de la boite de transmission.

Phase 2 : changement de pignon.

Phase 3 : Remontage de la boite de transmission.

**Phase 1 : Démontage de boite de vitesse**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Opération | Désignation | Outillage | Temps de l’opération |
| 1.1 | Débrancher de câble de l'alimentation électrique |  | - |
| 1.2 | ouvrir le couvercle de la boite des vitesses | Les clés | 10 mn |
| 1.3 | démonter les couvercles | Tournes vis | 30 mn |
| 1.4 | démonter les flasques | Clé pour ci clips | 45 mn |
| 1.5 | enlever les ci clips | Clé a six pans | 15 mn |
| 1.6 | enlever des clavettes. |  | 15 mn |
| 1.7 | retirer les entretoises |  | 30 mn |
| 1.8 | démonter les roulements. | Barre et marteau | 60 mn |
| 1.9 | démonter le flasque. | Les clés | 30 mn |
| 1.10 | chasser la broche vers.  extérieur avec les roulements,  les bagues et les pignons. | Type en bronze et marteau | 15 mn |
| 1.11 | démonter la petite entretoise |  | 15 mn |
| 1.12 | démonter les pignons. |  | 90 mn |

**Phase 2 : changement pignon intermédiaire**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Opération | Désignation | outillage | Temps de l’opération |
| 2.1 | Changement de pignon |  | 30 mn |

**Phase 3 : Remontage de boite vitesse**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Opération | Désignation | outillage | Temps de l’opération |
| 3.1 | Remonter la petite entretoise | La tourne vise | 10 mn |
| 3.2 | Remettre en place la broche les roulements, les pignons | Clé de broche | 120 mn |
| 3.3 | Remonter les flasques |  | 30 mn |
| 3.4 | Remonter les entretoises | Les clés de ci clips | 45 mn |
| 3.5 | Remonter les clavettes |  | 30 mn |
| 3.7 | Remonter le ci clips |  | 15 mn |
| 3.8 | Remonter le couvercle |  | 15 mn |

**Tableau 07 gamme de démontage d’une boite de vitesse**

3.6 MAINTENANCE ET ENTRETIEN DE LA MACHINE

La valeur importante de la machine et le rôle essentiel de production qu’elle joue nous implique de faire des travaux d’entretien et de maintenance pour qu’elle n’arrêt jamais.

Le tableau suivant représente les travaux journaliers, hebdomadère, semestrielle, et annuelle de maintenance et entretien de la machine.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Travaux d’entretien périodique | journalière hebdo semest | | | annuel |
| 1-Vérifier tous les raccords de flexible. |  | | | × |
| 2-Contrôler le support de frein. | × | | |  |
| 3-Démonter la table universelle, nettoyer les surfaces de blocage. |  | | | × |
| 4-Contrôler s’il ya des détériorations mécanique du raccordement. | × | | |  |
| 5-Contrôler les courroies trapézoïdales de l’entrainement principal et de déplacement rapide. |  |  | × |  |
| 6-Contrôle géométrique de l’ensemble de la machine. |  |  | | × |
| 7-Contrôle visuel de l’état général de la machine. | × | | |  |
| 8-Contrôle visuel des fusibles d’alimentation et des contacteurs. |  | | | × |
| 9-Mise en service après essai de fonctionnement, faire attention aux bruits inhabituels. | × | | |  |
| 10-vidange d’huile. |  | | | × |
| 11- point de graissage. |  | | | × |
| 12-nettoyage de la machine après chaque opération | × |  |  |  |

**Tableau 08 : plan de maintenance**