## **Ministère de l’enseignement supérieur et de la recherche scientifique Université Mohamed Khider de Biskra**



Faculté des sciences et de la Technologie

Département De Génie Electrique

Filière : Automatique

Matière : Maintenance et fiabilité

***CHAPITRE*** *2*

Mécanisme et modes de défaillance

3er Année Licence

Automatique

*2022\_2023*

* 1. **QUELQUES DEFINITIONS** *(Norme NF EN 13306)*

# La défaillance

Cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise.

# La panne

État d'un bien inapte à accomplir une fonction requise, excluant l'inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées ou à un manque de ressources extérieures.

*Remarque* : Après une défaillance, le bien est en panne, totale ou partielle. Une défaillance est un événement à distinguer d'une panne qui est un état.

# Les causes de défaillance

Ce sont les raisons de la défaillance. Les raisons peuvent résulter d'au moins un des facteurs suivants : défaillance due à la conception, à la fabrication, à l'installation, à un mauvais emploi, par fausse manœuvre, à la maintenance.

# Les modes de pannes

Un mode de panne est la façon par laquelle est constatée l'incapacité d'un bien à remplir une fonction requise.

# Le mécanisme de défaillance

Le mécanisme de défaillance correspond aux processus physiques, chimiques ou autres qui conduisent ou ont conduit à une défaillance.

## Principe

L’analyse par arbre de défaillances est une méthode de type déductif. En effet, il s’agit, à partir d’un événement redouté défini a priori, de déterminer les enchaînements d’évènements ou combinaisons d’évènements pouvant finalement conduire à cet événement. Cette analyse permet de remonter de causes en causes jusqu’aux évènements de base susceptibles d’être à l’origine de l’événement redouté.

L’analyse par arbre des défaillances permet d’identifier les successions et les combinaisons d’évènements qui conduisent des évènements de base jusqu’à l’événement indésirable retenu.

Les liens entre les différents évènements identifiés sont réalisés grâce à des portes logiques de type « ET » et « OU » par exemple.

## Construction d'un arbre de défaillance

L'analyse par l'arbre de défaillance se concentre sur un événement particulier qualifie d'indésirable ou de redoutée car on ne souhaite pas le voir se réaliser. Cet événement devient le sommet de l'arbre et l'analyse a pour but d'en déterminer toutes les causes.

La syntaxe des arbres de défaillances est décrite dans la figure 2.1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Evénement/report** | **Dénomination** | **Portes** | | **Dénomination** |
|  | Evénement de base |  | | ET |
|  | Evénement sommet ou événement intermédiaire |  |  | OU |
|  | |
| 1 | Report (Sortie) |  | | OU exclusif |
| Le sous-arbre situé sous ce « drapeau » est à dupliquer  ……. |
| 1 | Report (Entrée)) | K/n | | Combinaison |
| … à l’endroit  indiqué par ce second drapeau |

**Figure 2.1** : Syntaxe des arbres de défaillances

L’analyse par arbre des défaillances d’un événement redouté peut se décomposer en

trois étapes successives :

* + - Définition de l’événement redouté étudié,
    - Elaboration de l’arbre,
    - · Exploitation de l’arbre.

Il convient d’ajouter à ces étapes, une étape préliminaire de connaissance du système. Cette dernière est primordiale pour mener l’analyse et nécessite le plus souvent une connaissance préalable des risques.

Exemple 2.1

La figure 2.2 illustre un circuit électrique comporté des sous-systèmes comme suit :

* système d’alimentation (Batterie) fourni une tension continue vers le moteur ;
* système de protection pour protéger le moteur contre les courts-circuits
* système de commande pour contrôler le temps marche/arrêt du moteur.

Protection

Commande

+

Batterie -

M Moteur

**Figure2.2**: Circuit de commande

L’arbre de défaillance de ce circuit est montré à la figure ci-dessous :

**Moteur défail- lant**

**Le moteur est arrêté et ne démarre pas**

**Puissance non appliqué**

**Batterie vide**

**Figure 2.3** : Arbre de défaillance

**Pas de liaison -**

**/moteur**

**Pas de liaison**

**+/moteur**

**Fil coupé**

**Protect bloquée**

**Fil coupé**

**Cde défail- lante**

## Traitement qualitatif

##### Codage de l’arbre

* + - * Identifier les événements de base identiques sur l'ensemble des EI et leur attribuer le même code.
      * Coder les autres événements de base.
      * Utilisation des lettres de l’alphabet et des chiffres.

(Exemple : A1, B2, etc.)

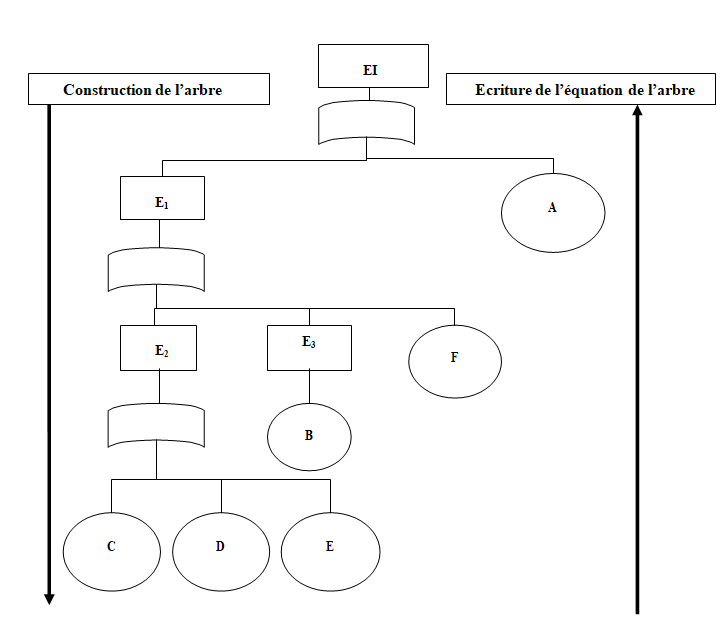
##### Équation booléenne de l'arbre

**E3**

**E2**

**E1**

**F**

****

**Figure 2.4** : Construction et écriture de l’équation de l’arbre

𝐸2 = 𝐶 + 𝐷 + 𝐸

𝐸3 = 𝐵

𝐸1 = 𝐸2 + 𝐸3 + 𝐹 ⟹ 𝐸4 = 𝐶 + 𝐷 + 𝐸 + 𝐵 + 𝐹

Donc : 𝐸𝐼 = 𝐸1 + 𝐴 ⟹

𝐸𝐼 = 𝐴 + 𝐵 + 𝐶 + 𝐷 + 𝐸 + 𝐹

Exemple 2.2

Écrire l’équation booléenne de l’arbre illustré à la figure ci-dessous :

**A**

**B**

**E2**

**E1**

**EI**

**Ecriture de l’équation de l’arbre**

**Construction de l’arbre**

𝐸3 = 𝐶𝐷

**C**

**D**

**E3**

**E**

**F**

**E4**

𝐸4 = 𝐸 + 𝐹

𝐸2 = 𝐸3 + 𝐸4 ⟹ 𝐸2 = (𝐶𝐷) + (𝐸 + 𝐹)

𝐸1 = 𝐵 × 𝐸2 ⟹ 𝐸1 = 𝐵𝐶𝐷 + 𝐵𝐸 + 𝐵𝐹

𝐸𝐼 = 𝐴 + 𝐸1 ⟹ 𝐸𝐼 = 𝐴 + 𝐵𝐶𝐷 + 𝐵𝐸 + 𝐵𝐹

Donc :

𝐸𝐼 = 𝐴 + 𝐵𝐸 + 𝐵𝐹 + 𝐵𝐶𝐷

##### Réduction de l’équation booléenne

Après avoir écrit l'équation booléenne de l'arbre de défaillance nous pouvons réduire cette équation résultante par les propriétés suivantes;

𝐴 × 𝐴 = 𝐴

𝐴 + 𝐴 = 𝐴

𝐴 + 𝐴𝐵 = 𝐴

Exemple 2.3

EI

E1

E2

C

D

C

E

L’équation booléenne :

𝐸1 = 𝐶 + 𝐷

𝐸2 = 𝐶 + 𝐸

𝐸𝐼 = 𝐸1 × 𝐸2 = (𝐶 + 𝐷) × (𝐶 + 𝐸) = 𝐶. 𝐶 + 𝐶. 𝐸 + 𝐶. 𝐷 + 𝐷. 𝐸

Réduction de l’équation :

Après avoir utilisé les propriétés de réduction, on trouve :

𝐸𝐼 = 𝐶 + 𝐶. 𝐸 + 𝐶. 𝐷 + 𝐷. 𝐸 = 𝐶 + 𝐶. 𝐷 + 𝐷. 𝐸 = 𝐶 + 𝐷𝐸

Donc :

𝐸𝐼 = 𝐶 + 𝐷𝐸

##### Coupe minimale

Une coupe d’un arbre de défaillances cohérent est un ensemble de défaillances de composants tel que lorsque ces défaillances sont simultanément présentes, l’événement sommet de l’arbre est réalisé. Plus généralement, la notion de coupe est définie pour l'ensemble des systèmes statiques.

Une « coupe minimale » d’un arbre de défaillances cohérent est une coupe comportant un nombre minimal d'événements défaillants. Autrement dit, dès qu’on enlève une défaillance de la coupe, n’importe laquelle, l’ensemble des défaillances restantes ne suffit plus à provoquer l’événement sommet. Une seconde propriété des coupes minimales est qu'elles ne peuvent contenir aucune autre coupe. La cohérence du système considéré permet alors de garantir que tout ensemble d'événements de base contenant cette coupe minimale est également une coupe. L'ensemble des coupes minimales est suffisant pour représenter la défaillance du système, le calcul de cet ensemble peut être réalisé par minimisation de la fonction EI.

2.4.4.1 Cardinal ou ordre des coupes minimales

Il est particulièrement intéressant de considérer le cardinal (on dit aussi : ordre) des coupes minimales, autrement dit le nombre minimal d’événements élémentaires nécessaires à produire l’événement sommet de l’arbre.

En particulier pour les systèmes critiques, des règles du type « il faut la combinaison d’au moins trois événements indépendants pour créer la situation dangereuse » sont autant, voire plus opérationnelles que des exigences exprimées en probabilités.

Les coupes minimales ayant le plus petit cardinal définissent le nombre minimum d’événements dont l’occurrence simultanée peut provoquer l’événement sommet ; dans un contexte de « défense en profondeur », c’est le nombre de barrières.

Les coupes minimales d’ordre un représentent tous les événements de base qui à eux

seuls produisent l’événement indésirable

Exemple 2.4

Prenons l'exemple précédent (**Exemple 2.2**)

L’équation booléenne est : 𝐸𝐼 = 𝐴 + 𝐵𝐸 + 𝐵𝐹 + 𝐵𝐶𝐷

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Coupe minimale** | | |
| Ordre 1 | Ordre 2 | Ordre 3 |
| 𝐴 | 𝐵𝐸 𝑒𝑡 𝐵𝐹 | 𝐵𝐶𝐷 |

**Tableau 2.2** : Coupe minimale

**Ordre 1** : simple défaillance entraînant l’EI

**Ordre 2** : paire de défaillances qui, se produisent en même temps, entraînent l’EI

## 

## Signification mathématique des portes ET ou OU

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A | B | C |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Symbole**  **graphique** | **Nom** | **Table de vérité** | **Expression**  **booléenne** | **Portes à n entré**  **probabilités de sortie** |
| C  A B | ET |  | 𝐶 = 𝐴. 𝐵 | 𝑛  𝑃 = 𝖦 𝑃𝑖  𝑖=1 |
| C  A B | OU |  | 𝐶 = 𝐴 + 𝐵 | 𝑃 = ∑𝑛 𝑃𝑖 − ∑𝑖<𝑗 𝑃𝑖𝑃𝑗 +  𝑖=1  ∑𝑖<𝑗<𝑘 𝑃𝑖𝑃𝑗𝑃𝑘 − ⋯ + (−1)𝑛−1 ∏𝑛 𝑃𝑖  𝑖=1 |

**Tableau 2.3** : Signification mathématique des portes

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| A | B | C |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 |

Exemple

𝑃(𝐴. 𝐵. 𝐶) = 𝑃(𝐴) × 𝑃(𝐵) × 𝑃(𝐶)

𝑃(𝐴 + 𝐵 + 𝐶) = 𝑃(𝐴) + 𝑃(𝐵) + 𝑃(𝐶) − 𝑃(𝐴) × 𝑃(𝐵) − 𝑃(𝐴) × 𝑃(𝐶) − 𝑃(𝐵) × 𝑃(𝐶)

+ 𝑃(𝐴) × 𝑃(𝐵) × 𝑃(𝐶)

Exemple

La figure ci-dessous représente l'arbre de défaillance d'un système.

(𝐴) = 0.3

EI

A

B

C

D

(𝐵) = 0.5

(𝐶) = 0.1

(𝐷) = 0.2

Calculer (𝐸𝐼)

𝑃(𝐸𝐼) = 𝑃(𝐴 + 𝐵 + 𝐶 + 𝐷)

= 𝑃(𝐴) + 𝑃(𝐵) + 𝑃(𝐶) + 𝑃(𝐷) − 𝑃(𝐴) × 𝑃(𝐵) − 𝑃(𝐴) × 𝑃(𝐶) − 𝑃(𝐴)

× 𝑃(𝐷) − 𝑃(𝐵) × 𝑃(𝐶) − 𝑃(𝐵) × 𝑃(𝐷) − 𝑃(𝐶) × 𝑃(𝐷) + 𝑃(𝐴) × 𝑃(𝐵)

× 𝑃(𝐶) + 𝑃(𝐴) × 𝑃(𝐵) × 𝑃(𝐷) + 𝑃(𝐴) × 𝑃(𝐶) × 𝑃(𝐷) + 𝑃(𝐵) × 𝑃(𝐶)

× 𝑃(𝐷) − 𝑃(𝐴) × 𝑃(𝐵) × 𝑃(𝐶) × 𝑃(𝐷)

(𝐸𝐼) = 0.3 + 0.5 + 0.1 + 0.2 − 0.3 × 0.5 − 0.3 × 0.1 − 0.3 × 0.2 − 0.5 × 0.1 − 0.5 ×

0.2 − 0.1 × 0.2+0.3× 0.5 × 0.1 + 0.3 × 0.5 × 0.2 + 0.3 × 0.1 × 0.2 + 0.5 × 0.1 × 0.2 −

0.3 × 0.5 × 0.1 × 0.2

(𝐸𝐼) = 1.1 − 0.15 − 0.03 − 0.06 − 0.05 − 0.1 − 0.02 + 0.015 + 0.03 + 0.006 + 0.01

− 0.003

Donc :

(𝐸𝐼) = 0.748

**Exemple**

Une machine industrielle comprend trois organes de fonctionnement. Si l’un d’entre eux présente une défaillance, la machine tombe en panne. Les défaillances possibles de ces organes sont indépendantes et les probabilités de défaillance sont respectivement 0,02, 0,05 et 0,10.

Quelle est la probabilité que la machine tombe en panne ? (**Utiliser l'arbre de défaillance**).

Solution

P(𝑂1)=0.02, P(𝑂2) = 0.05, P(𝑂3) = 0.1

𝑂1

𝑂2

𝑂3

Panne

Panne =𝑂1×𝑂2×𝑂3 P(panne)=P(𝑂1×𝑂2×𝑂3)

P(panne)=P(𝑂1)+ P(𝑂2)+ P(𝑂3)- P(𝑂1)× P(𝑂2)-

P(𝑂1)× P(𝑂3)- P(𝑂2)× P(𝑂3)+ P(𝑂1)× P(𝑂2)× P(𝑂3)=**0.1621**

## Défaillance des systèmes

##### Classification des défaillances

Les défaillances peuvent être classées en 4 types :

* + - * perte de fonction (la fonction cesse de se réaliser).
      * dégradation de la fonction (la fonction se réalise avec des performances altérées).
      * pas de fonction ( la fonction ne se réalise pas à l’instant ou on la sollicite ).
      * fonction intempestive (la fonction se réalise lorsqu’elle n’est pas sollicitée).

|  |  |
| --- | --- |
| **Classification des défaillances** | **Exemples de défauts qualités et de mode**  **de défaillance** |
| Défaillance du processus | * Cassure, rayure * Mauvaise dimension, forme * Mauvais état de surface * Déformation * Défaut d’alignement * Défaut de positionnement * Défaut d’assemblage * Absence de pièce |
| Perte de fonction de l’élément | * Rupture * Blocage, grippage, coincement * Obturation * fuite |
| Dégradation de fonction de l’élément | * jeu, mauvais guidage * frottement * usure, fatigue, corrosion * désalignement, excentration * desserrage, désolidarisation * colmatage * contamination |

##### Causes de défaillance

Les causes de défaillance peuvent être liées à la conception, à la fabrication ou à

l’exploitation du système.

Les causes de défaillance peuvent être :

* Internes à l’élément.
* Externes à l’élément

Classification des causes de défaillance

|  |  |
| --- | --- |
| **Classification des causes de défaillance** | **Exemples des causes de défaillance** |
| Conception | * Non-conformité au cahier des charges * Sous-dimensionnement, coefficient de sécurité trop faible * Constituant non fiable * Technologie non adaptée * Erreurs de cotation, tolérance * Mauvais choix de forme, matière.. |

|  |  |
| --- | --- |
| Fabrication et réalisation | * Non respect des plans, matériaux, * Défaut interne matière * Opération mal réalisée * Outil usagé, endommagé * Installation défectueuse * Erreur de manutention |
| Milieu ambiant lors de l’exploitation | * Température * Humidité * Vibrations, chocs, coups de bélier. * Pollution. * Outils, produit traité * Fixation, implantation, assises |
| Exploitation | * Réglage, contrôle défectueux * Utilisation non conforme, sur charge * Défaut de maintenance * Usure naturelle ou accélérée, fatigue * Contraintes mécaniques |
| Autre système | * Source d’énergie * Système en amont, en aval |

##### Effets de la défaillance

Conséquences de la défaillance sur :

* le fonctionnement et l’état matériel du système
* la disponibilité.
* la maintenance du système.
* la sécurité des utilisateurs.
* l’environnement du système.

Classification des effets des défaillances

|  |  |
| --- | --- |
| **Classification des effets des**  **défaillances** | ***Exemples d’effets de defaillance*** |
| Effet sur le fonctionnement et l’état  matériel du système | * Défaut de fonctionnement * Pertes de performance * Dégâts matériels, avaries * Pannes, arrêts |
| Effets sur la disponibilité | * Durée d’arrêt du flux de production * Ralentissement de cadence * allongement du cycle * non-conformité du produit fabriqué * rebut, retouche, déclassement, dérogation |

|  |  |
| --- | --- |
| Effets sur la maintenance | * frais de réparation * coûts directs de maintenance |
| Effets sur la sécurité des utilisateurs et  sur l’environnement du système | * dommages corporels * pollution contamination |
| Effets sur les opérations suivantes | * perturbation du flux * arrêt de production * rebuts, retouches * dégradation du processus * sécurité des opérateurs * environnement |

* + 1. **Criticité de la défaillance**

A chaque défaillance peut être affecté un niveau de criticité élaboré à partir de trois critères indépendants :

* + - * Fréquence.
      * Gravité.
      * Probabilité de non détection.

|  |  |
| --- | --- |
| **Critère** | **Définition** |
| Fréquence | Fréquence (occurrence ou probabilité)  d’apparition d’une défaillance due à une cause  particulière |
| Gravité | Gravité des effets de la défaillance sur le système ou  l’utilisateur |
| Probabilité de non -détection | Risque de ne pas détecter une défaillance avant qu’elle n’atteigne l’utilisateur du système |
| Criticité | déterminée à partir de ses niveaux de fréquence, gravité et probabilité de non -détection |
| Seuil de criticité | Valeur limite (atteinte par la criticité ou par l’un des critères) à partir de laquelle la défaillance est jugée  critique. |

* + - 1. Principe d’évaluation de la criticité

Des grilles de cotation sont utilisées pour faire l’évaluation des critères de fréquence

(F), gravité (G) et probabilité de non-détection (N).

La valeur de la criticité C est obtenue par le produit des 3 critères F, N, G.

L’évaluation concerne chaque association cause - défaillance – effet

* + - 1. Principe des grilles de cotation

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Cotation | Fréquence F | Gravité G | Probabilité de non- détection N |
| 1 | Très faible | Mineure | Détectable à coup sûr |
| 2 | Faible | Significative | Détection possible |
| 3 | Moyenne | Moyenne | Détection improbable |
| 4 | Forte | Majeure | Indétectable |
| 5 |  | Catastrophique |  |

* + - * 1. **Exemple de grille de cotation (fréquence)**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Frequence F*** | **Definition des niveaux** |
| 1 | Défaillance rare : Moins d`une défaillance par an |
| 2 | Défaillance possible : Moins d`une défaillance par trimestre |
| 3 | Défaillance fréquente :  Moins d`une défaillance par semaine |
| 4 | Défaillance très fréquente :  Plusieurs défaillances par semaine |

* + - * 1. Exemple de grille de cotation (gravité)

|  |  |
| --- | --- |
| ***Gravite G*** | **Definition des niveaux** |
| 1 | Défaillance mineure :   * Arrêt de production inférieur à 2 minutes. * Aucune dégradation notable du matériel. |
| 2 | Défaillance significative :   * Arrêt de production de 2 à 20 minutes, au   report possible d’intervention.   * Remise en état de courte durée, ou petite réparation sur place nécessaire * Déclassement du produit |
| 3 | Défaillance moyenne :   * Arrêt de production de 20 à 60 minutes. * Changement du matériel défectueux nécessaire * Retouche de produit nécessaire ou rebut |

|  |  |
| --- | --- |
| 4 | Défaillance majeure :   * Arrêt de production de 1 à 2 heures * Intervention importante sur sous ensemble * Production des pièces non conformes et non détectées. |
| 5 | Défaillance catastrophique :   * Arrêt de production supérieur à 2 heures * Intervention lourde nécessitent des moyens coûteux * Problème de sécurité du personnel ou   d’environnement |

* + - * 1. **Exemple de grille de cotation (probabilité de non-détection)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Probabilite de non-detection**  **N** | **Definition des niveaux** |
| 1 | Défaillance détectable à 100% :   * Détection à coup sûr de la cause de défaillance * Signe avant-coureur évident d’une   dégradation   * Dispositif de détection automatique   d’incident (alarme) |
| 2 | Défaillance détectable :   * Signe avant-coureur de la défaillance facilement décelable mais nécessitant une action particulière de l’opérateur (visite,   contrôle visuel, …) |
| 3 | Défaillance difficilement détectable :   * Signe avant-coureur de la défaillance difficilement décelable, peu exploitable ou nécessitant une action ou des moyens complexes (démontage, appareillage, …) |
| 4 | Défaillance indétectable :   * Aucun Signe avant-coureur décelable de la défaillance |

## Analyse de mode de défaillance et de leur criticité (AMDEC)

C’est une technique d’analyse qualitative de la sûreté de fonctionnement des systèmes industriels par l’analyse des risques de défaillances.

Cette méthode pouvant être mise en œuvre tout au long le cycle de vie du système :

Conception d’un nouveau produit.

* Evolution d’un produit existant.
* Industrialisation, fabrication.
* Exploitation et maintenance.

L’AMDEC c’est une méthode d’analyse inductive, systématique et prévisionnelle :

* Des défaillances d’un système.
* De leurs origines et de leurs conséquences.

Et permettant :

* La mise en évidence des points critiques.
* La définition d’action corrective adaptée.

#### Types d’AMDEC

|  |  |
| --- | --- |
| **Denominations** | **Objectifs vises** |
| AMDEC produit | Assurer la fiabilité d’un produit en  améliorant la conception de celui-ci. |
| AMDEC processus | Assurer la qualité d’un produit en  améliorant les opérations de production de celui-ci. |
| AMDEC moyen de production (AMDEC machine) | Assurer la disponibilité et la sécurité des moyens de production en améliorant la  conception, l’exploitation ou la maintenance  de celui-ci. |

##### Evaluation de la criticité

Affecter un niveau de criticité C à chaque défaillance évaluée à partir de 3 critères de cotation indépendants :

* F : fréquence d’apparition de la défaillance.
* G : gravité des effets de la défaillance.
* N : probabilité de non-détection de la défaillance.

**C = F\*G\*N**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE** | | | | | | | | | | **AMDEC MACHINE** |
| **Système : SYSTEME DE GRAISSAGE DE MACHINE OUTIL**  **Sous-système : POMPAGE DE LUBRIFIANT** | | | | Phase de fonctionnement :  **MACHINE NORMALE** | | Date de l’analyse :  …………………… | | | |  |
| **Elément** | **Fonction** | **Mode de défaillance** | **Cause de la défaillance** | **Effet de la défaillance** | **Détection** | **Criticité** | | | | **Action corrective** |
| **F F** | **G** | **N** | **C C** |
| **Moteur** | Entraîner la pompe | Pas de rotation | Pas d’alimentation | Arrêt machine mano\* |  | 1 |  |  | 8 |  |
| Absence de commande | Arrêt machine mano\* |  | 21 |  |  | 16  8 | MPS : contrôle contacteur |
| Moteur HS | Arrêt machine mano\* |  | 1 | 3 |  | 16  12 | PR : moteur |
| Rotation inversée | Erreur de câblage | Arrêt machine mano\* |  | 1 |  | 2 | 84 | D : consigne opérateur de maintenance |
| **Crépine**  **d’aspiration** | Filtrer le lubrifiant | Colmatag e partiel ou  total | Présence  d’impuretés diverses au  remplissage | Arrêt machine mano\* | Visuel (manomètre) | 1 |  |  | 9 | MR : grille sur bouchon de remplissage |
| Mauvais filtage | Détérioration crépine | Usure pompe |  | 1 |  |  | 6 |  |
| **Pompe** | Débiter le lubrifiant sous  pression | Pas de débit | Rupture accouplement | Arrêt machine mano\* |  | 1 | 3 |  | 16  12 | PR : accouplement |
| Rupture interne / blocage | Arrêt machine mano\* + déterioration  moteur |  | 1 | 3 |  | 16  12 | PR : joints / pompe / moteur  MR : installer thermique |
| Débit insuffisant | Usure interne | Arrêt machine mano\* | Visuel (manomètre) | 1 |  | 2 | 16  8 | MPT : vérifier montée en pression |
| Lubrifiant non conforme | Arrêt machine mano\* | Visuel (manomètre) | 1 |  | 2 | 16  8 | D : formation opérateur |
| **Circuit pompe** | Etablir la liaison  hydraulique entre la pompe et la soupape de décompression | Obturatio n | Impureté dues à  l’usure | Arrêt machine mano\* | Visuel (manomètre) | 1 |  |  | 12 | MPT : vérifier montée en pression |
| Fuite | Raccords desserrées par  vibrations / joints défectueux | Arrêt machine mano\* | Visuel (manomètre) |  |  |  |  | MPT : vérifier montée en pression  MPA : resserrer les raccords  PR : joints, raccords, tuyaux |
| **\*** Cet arrêt machine est commandé par le mano-contact si la pression dans le circuit primaire est insuffisante à la fin du cycle de graissage.  **Légende**  D : divers  MPT : maintenance préventive trimestrielle MPS : maintenance préventive semestrielle MPA : maintenance préventive annuelle MR : modification à réaliser  PR : pièce de rechange | | | | | | | | | | |

**Chapitre 6 :**

***Méthodologie de prévision de fiabilité***

**Exemple 6.1**

81

#### Avantages de l’AMDEC

* + - 1. Avantages

Les avantages indirects :

* + - * 1. augmentation du rendement.
        2. centralisation de la documentation technique.
        3. mise en place de fiches de suivi des visites de l'exploitant.

Impact sur la maintenance

1. optimisation des couples Causes/Conséquences.
2. amélioration de la surveillance et des tests.
3. optimisation de la maintenance.

Impact sur la qualité :

1. meilleure adéquation matériel/fonctionnel.
2. meilleure efficacité en développement/fabrication.
3. meilleure efficacité en utilisation.

b- Quelques erreurs à éviter :

* animateur du groupe de travail non compétent.
* groupe de travail trop important.
* se focaliser sur une défaillance externe à l’étude (sujet mal défini).
* confondre AMDEC Moyen de production avec AMDEC Procédé.
* oublier le client.