

Maintenance Industriel

Table de matière

1. Chapitre I : Généralités et Définitions sur la maintenance	3
1.1. Introduction :	3
1.2. Définition de la maintenance :	3
1.3. Organisation de la maintenance :	3
1.3.1. Situation dans l'entreprise :	3
1.3.2. Organigramme du service maintenance	4
1.3.3. MOYENS MIS EN ŒUVRE	4
2. Chapitre II : Méthodes et techniques de la maintenance	6
2.1. La notion de la défaillance :	6
2.1.1. Fonction requise :	6
2.1.2. Dégradation :	6
2.1.3. Triptyque « faute-défaut-défaillance » :	6
2.1.4. Panne :	7
2.2. Les méthodes de la maintenance :	7
2.2.1. La maintenance corrective :	7
2.2.2. La maintenance préventive :	8
2.2.3. La maintenance améliorative :	10
2.3. Les niveaux de la maintenance :	11
3. Chapitre III : La disponibilité et les concepts F.M.D:	13
3.1. Le concept de fiabilité	13
3.1.1. Définition.....	13
3.1.2. Commentaires.....	13
3.1.3. Cas particulier de l'époque de maturité :	14
3.2. La Maintenabilité.....	14
3.2.1. Définition.....	14
3.2.2. Commentaires.....	14
3.2.3. Calcul de la maintenabilité :	15
3.3. Le concept de disponibilité	15
3.3.1. Définition.....	15
3.3.2. Commentaires.....	15
3.3.3. Quantification de la disponibilité :	16
4. Chapitre IV : Dossier machine et documentation technique :	17
4.1. But de la documentation	17
4.2. Le Dossier Technique	17
4.3. Dossier Machine.....	18
5. Chapitre V : Techniques utilisées en maintenance	20
5.1. L'analyse des défaillances.....	20
5.2. Analyse quantitative des défaillances :	20
5.2.1. Méthode ABC (Diagramme Pareto) :	20
5.2.2. Diagrammes de Pareto en NT :	21
5.3. Analyse qualitative des défaillances	21
5.3.1. Diagnostic et expertise :	21
5.3.2. Conduite d'un diagnostic :	22
5.3.3. Diagramme Cause-Effets :	22

5.4. Analyse prévisionnelle des défaillances : (AMDEC) (Analyse des Modes de Défaillances de leur effet et de leur Criticité).....	22
5.4.1. Définition :	22
5.4.2. Historique :	23
5.4.3. Démarche de la méthode AMDEC :	23
6. Chapitre VI : GMAO	27
6.1. L'aide informatique a la gestion de maintenance : la GMAO :	27
6.1.1. Nécessité de l'aide informatique :	27
6.1.2. Les progiciels de GMAO :	27
6.1.3. Le MAO (Miracle Assisté par Ordinateur) :	27
6.1.4. Les objectifs de la GMAO :	27
6.2. Domaines à gérer :	28
6.2.1. Gestion des activités de maintenance :	28
6.2.2. Gestion des matériels :	28

Cours : Maintenance industriel

1. Chapitre I : Généralités et Définitions sur la maintenance

1.1. Introduction :

Le maintien des équipements de production est un enjeu clé pour la productivité des usines aussi bien que pour la qualité des produits. C'est un défi industriel impliquant la remise en cause des structures figées actuelles et la promotion de méthodes adaptées à la nature nouvelle des matériels.

1.2. Définition de la maintenance :

D'après l'AFNOR (NF X 60-010):

La maintenance est un ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût optimal.

Commentaires:

* **l'ensemble des actions** qui englobent :

a) La conception de la maintenance telle que la formation des agents de maintenance, la notion de maintenabilité, la documentation technique, les équipements adéquats (outillages) et les approvisionnements (pièces de rechange).

b) L'exécution des différentes opérations de la maintenance quelle soit préventive (événement probable) ou corrective (événement certain).

c) le suivi concernant :

- La qualité et la fiabilité des matériels.
- La gestion de l'outil de maintenance.
- La durabilité des matériels (rénovation, réemploi, etc.).

* **Maintenir** : contient la notion de «prévention» sur un système en fonctionnement.

* **Rétablir** : contient la notion de «correction» consécutive à une perte de fonction.

* **État spécifié** ou service déterminé : implique la prédétermination d'objectif à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques.

* **Coût optimal** qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité.

1.3. Organisation de la maintenance :

1.3.1. Situation dans l'entreprise :

Il existe deux tendances quant au positionnement de la maintenance dans l'entreprise :

Tendance 1 : La centralisation où toute la maintenance est assurée par un service. D'où les avantages sont

- Standardisation des méthodes, des procédures et des moyens de communication.
- Possibilité d'investir dans du matériel onéreux grâce au regroupement.
- Vision globale de l'état du parc du matériel à gérer.
- Gestion plus aisée et plus souple des moyens en personnels.

- Rationalisation des moyens matériels et optimisation de leur usage (amortissement plus rapide).
- Diminution des quantités de pièces de rechange disponibles.
- Communication simplifiée avec les autres services grâce à sa situation centralisée.

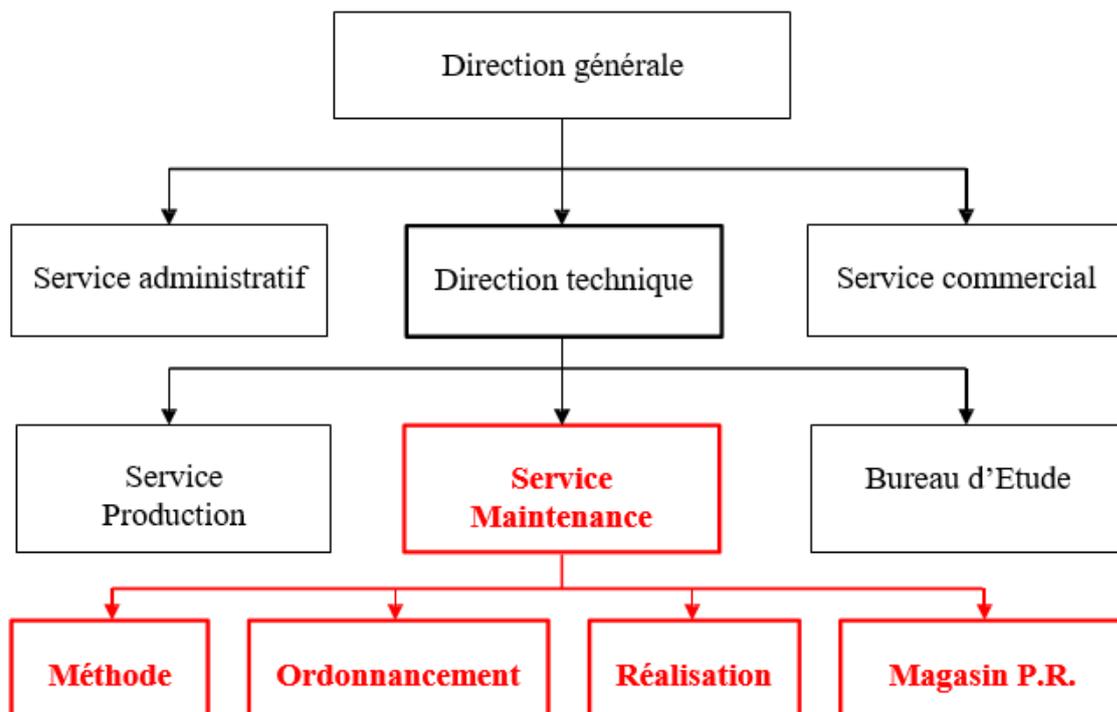
Tendance 2 : La décentralisation, où la maintenance est confiée à plusieurs services, de dimension proportionnellement plus modeste, et liés à chacun des services de l'entreprise.

D'où les avantages sont :

- Meilleures communications et relations avec le service responsable et l'utilisateur du parc à maintenir.
- Effectifs moins importants dans les différentes antennes.
- Réactivité accrue face à un problème.
- Meilleure connaissance du matériel.
- Gestion administrative allégée.

1.3.2. Organigramme du service maintenance

Il s'agit d'une représentation schématique de la structure d'une entreprise (d'un service) mettant en évidence les domaines de responsabilité de chaque élément composant



1.3.3. MOYENS MIS EN ŒUVRE

✓ Moyens matériels

Pour les besoins matériels nécessaires à un service maintenance, nous retenir successivement les trois points essentiels suivants :

- L'outillage : Deux types d'outillage sont nécessaires :
 - l'outillage ordinaire consommable qui fera l'objet d'un budget de consommation annuelle.
 - l'outillage spécifique et de précision ; il est généralement assez cher

- Les équipements supports: Ce sont des équipements indispensables pour le maintien des installations de production qui nécessitent eux-mêmes une gestion propre. Ils se traduisent par l'ensemble des moyens supports tels que les équipements d'atelier (machines, outils, banc d'essai, instruments de mesure, etc.), les moyens de manutention et de transport, les engins, etc
- La pièce de rechange: La gestion des pièces de rechange est un volet indissociable de la fonction maintenance.

✓ **Moyens de gestion**

Il s'agit de moyens nécessaires et indispensables à la gestion de toutes les actions. Ce sont les différents imprimés ou documents employés pour gérer les diverses opérations de maintenance. Parmi ces documents nous pouvons citer : la fiche de préparation, la demande de travaux, l'ordre de travail, le planning journalier, le calendrier hebdomadaire la fiche historique, etc.

✓ **Moyens techniques**

les sont constitués principalement de toute la documentation technique des équipements et installations contenant les divers plans mécaniques et électriques, les différentes instructions, les listes des pièces de rechange, etc. En plus, ces moyens englobent aussi des gammes de maintenance, des gammes de réparation et des check-lists.

✓ **Moyens humains**

En maintenance, les tâches sont très précises, d'où la nécessité d'avoir une main d'œuvre quantifiable qui soit de qualité parce que les standards sont difficilement déterminés. Pour avoir les moyens humains adéquats, il suffit :

- d'avoir une politique de besoins humains,
- de déterminer les structures (organigramme, hiérarchie, notion de spécialiste),
- de déterminer le niveau des effectifs,
- d'assurer la formation nécessaire.

2. Chapitre II : Méthodes et techniques de la maintenance

2.1. La notion de la défaillance :

Définition de la défaillance selon la norme NF X 60 – 011 : « altération ou cessation d'un bien à accomplir sa fonction requise ».

Synonymes usuels non normalisés : « failure » (anglais), dysfonctionnement, dommages, dégâts, anomalies, avaries, incidents, défauts, pannes, détériorations.

Une défaillance peut être :

Partielle : s'il y a altération d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.

Complète : s'il y a cessation d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.

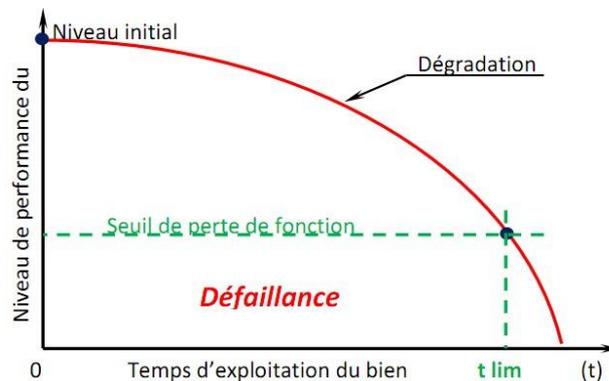


Fig. Dégradation du bien et durée de vie

NB : t_{lim} indique le moment d'apparition de la défaillance.

2.1.1. Fonction requise :

Fonction d'un produit dont l'accomplissement est nécessaire pour la fourniture d'un service donné. Une fonction requise pourra être une fonction seule ou un ensemble de fonctions. La notion du service pourra recouvrir une mission, c'est à dire une succession de phases par lesquelles doit passer le produit sur un intervalle du temps donné.

2.1.2. Dégradation :

État d'une entité présentant une perte de performances d'une des fonctions assurées par celle-ci ou alors un sous-ensemble lui-même dégradé, voire défaillant, sans conséquence fonctionnelle sur l'ensemble. On peut aussi parler de dérive.

2.1.3. Triptyque « faute-défaut-défaillance » :

La défaillance est la conséquence d'un défaut, dont la cause est une faute.



Faute : elle peut être physique (interne ou externe) ou due à l'utilisateur. C'est la notion de 5M : Matières, Matériel, Milieu, Moyens et Main d'œuvre. Elle entraîne une erreur.

Défaut : au départ, il est latent, car on ne s'en aperçoit pas tout de suite. Il devient ensuite effectif. Le défaut peut être :

Soudain : s'il était imprévisible.

Catalectique : s'il est soudain et irréversible.

Progressif : s'il était prévisible et éventuellement réversible (exemples : organe qui rouille, fuite sur une soupape).

Précoce : s'il se manifeste en début de vie de l'équipement.

D'usure : s'il se manifeste en fin de vie de l'équipement.

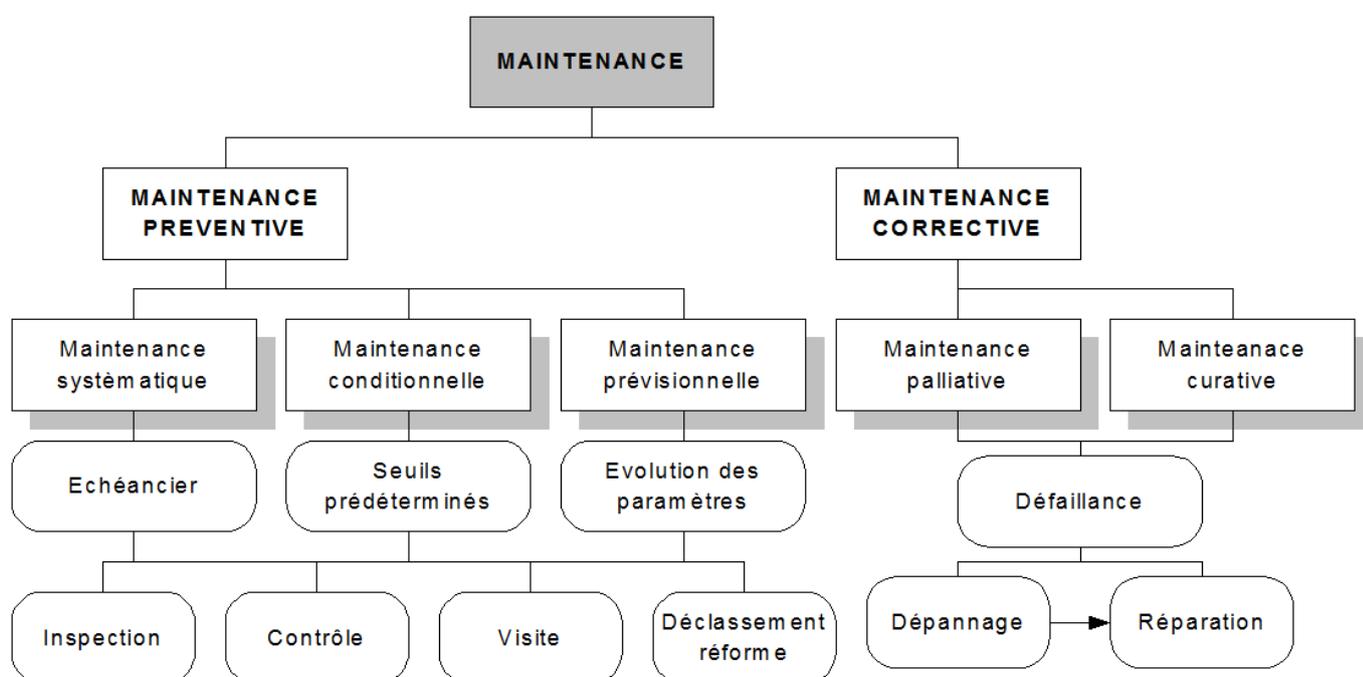
2.1.4. Panne :

État d'un produit le rendant inapte à accomplir une fonction requise dans des conditions données d'utilisation : c'est un état. Elle résulte toujours d'une défaillance.

2.2. Les méthodes de la maintenance :

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Pour choisir, il faut donc connaître :

- Les objectifs de la direction.
- Les directions politiques de maintenance.
- Le fonctionnement et les caractéristiques du matériel.
- Le comportement du matériel en exploitation.
- Les conditions d'application de chaque méthode.
- Les coûts de maintenance.
- Les coûts de perte de production.



2.2.1. La maintenance corrective :

Définition AFNOR (norme X 60-010) : «Opération de maintenance effectuée après défaillance ».

La maintenance corrective correspond à une attitude de défense (**subir**) dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel.

Opérations de la maintenance corrective :

Après apparition d'une défaillance, le maintenancier doit mettre en œuvre un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre) :

test : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.

détection ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.

localisation ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.

Diagnostic ou identification et analyse des causes de la défaillance.

Dépannage, réparation ou remise en état (avec ou sans modification).

contrôle du bon fonctionnement après intervention.

amélioration éventuelle : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.

historique ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

Le temps en maintenance corrective :

Les actions de maintenance corrective étant très diverses, il est toujours difficile de prévoir la durée d'intervention :

- Elle peut être faible (de quelques secondes pour réarmer un disjoncteur ou changer un fusible à quelques minutes pour changer un joint qui fuit).
- Elle peut être très importante (de 0,5 à plusieurs heures) dans le cas du changement de plusieurs organes simultanément (moteur noyé par une inondation).
- Elle peut être majeure en cas de mort d'homme (plusieurs jours si enquête de police).

2.2.2. La maintenance préventive :

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

Elle doit permettre d'éviter les défaillances du matériel en cours d'utilisation.

L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

Objectifs de la maintenance préventive :

- Augmenter la durée de vie du matériel.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc....
- Améliorer les conditions du travail du personnel de production.

- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves.

a) La maintenance préventive systématique :

C'est la Maintenance préventive effectuée selon un échancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage.

Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité, la longueur et la masse des produits fabriqués, la distance parcourue, le nombre de cycles effectués, etc.

Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

Cette méthode nécessite de connaître :

- Le comportement du matériel.
- Les modes de dégradation.
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre 2 avaries.

Cas d'application :

- Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc....
- Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : tout matériel assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc....
- Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
- Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc....

b) La maintenance préventive conditionnelle :

On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé). C'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc...).

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Elle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

Tout le matériel est concerné ; cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité du matériel électrique.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.

- Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis, il est rentabilisé rapidement.

c) Opérations de la maintenance préventive :

Ces opérations trouvent leurs définitions dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306.

Inspection : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien ; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).

Contrôle : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.

Visite : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.

Test : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.

Echange standard : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.

Révision : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel du bien. Le terme révision ne doit donc pas être confondu avec surveillance. Une révision est une action de maintenance de niveau 4.

Les trois premières opérations sont encore appelées « **opérations de surveillance** ». Elles caractérisent parfaitement la phase d'apprentissage et sont absolument nécessaires si on veut maîtriser l'évolution de l'état réel d'un bien. On accepte donc de payer pour savoir puis pour prévenir. Elles sont effectuées de manière continue ou à intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou sur le nombre d'unités d'usage.

2.2.3. La maintenance améliorative :

- L'amélioration des biens d'équipement est un « ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise » (norme NF EN 13306). On apporte donc des modifications à la conception d'origine dans le but d'augmenter la durée de vie des composants, de les standardiser, de réduire la consommation d'énergie, d'améliorer la maintenabilité, etc.. C'est une aide importante si l'on décide ensuite de construire un équipement effectuant le même travail mais à la technologie moderne : on n'y retrouvera plus les mêmes problèmes.

a) Objectifs de la maintenance améliorative :

La maintenance améliorative est un état d'esprit nécessitant un pouvoir d'observation critique et une attitude créative. Un projet d'amélioration passe obligatoirement par une étude économique sérieuse : l'amélioration doit être rentable. Tout le matériel est concerné, sauf bien sûr, le matériel proche de la réforme. Les objectifs de la maintenance améliorative d'un bien sont :

- L'augmentation des performances de production.
- L'augmentation de la fiabilité.
- L'amélioration de la maintenabilité.

- La standardisation de certains éléments ou sous-ensemble,
- L'augmentation de la sécurité des utilisateurs.

b) Opérations de la maintenance améliorative :

- ❖ **Rénovation** : C'est l'inspection complète de tous les organes, la reprise dimensionnelle complète ou le remplacement des pièces déformées, la vérification des caractéristiques et éventuellement, la réparation des pièces et sous-ensembles défectueux. C'est donc une suite possible à une révision générale. Une rénovation peut donner lieu à un échange standard.
- ❖ **Reconstruction** : « Action suivant le démontage du bien principal et remplacement des biens qui approchent de la fin de leur durée de vie et/ou devraient être systématiquement remplacés ». La reconstruction diffère de la révision en ce qu'elle peut inclure des modifications et/ou améliorations. L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine. La reconstruction impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes. La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications. Les modifications peuvent apporter un plus en terme de disponibilité (redondance), d'efficacité, de sécurité, etc.... Attention toutefois à une forme particulière de reconstruction : c'est la « cannibalisation » qui consiste à récupérer, sur le matériel mis au rebut (casse), des éléments en bon état, de durée de vie espérée inconnue, et de les utiliser en rechanges ou en pièces de rénovation. Est-ce une bonne solution ?...
- ❖ **Modernisation** : C'est le remplacement d'équipements, d'accessoires, des logiciels par des sous-ensembles apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien. Une modernisation peut intervenir dans les opérations de rénovation ou de reconstruction.

2.3. Les niveaux de la maintenance :

c) 1^{er} niveau :

Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc....

Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock des pièces consommables nécessaires est très faible.

d) 2^{ième} niveau :

Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement.

Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions.

On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation.

e) 3^{ième} niveau :

Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réaligement des appareils de mesure.

Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

f) 4^{ième} niveau :

Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons du travail par les organismes spécialisés.

Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé.

g) 5^{ième} niveau :

Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure.

Par définition, ce type de travaux est donc effectué par le constructeur, ou par le reconstruteur, avec des moyens définis par le constructeur et donc proches de la fabrication.

3. Chapitre III : La disponibilité et les concepts F.M.D:

3.1. Le concept de fiabilité

3.1.1. Définition

Aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné (NF EN 13306) ou « caractéristique d'un bien exprimée par la probabilité qu'il accomplisse une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné » (NF X 60-500).

La notion de temps peut prendre la forme :

- De nombre de cycles effectués ϕ machine automatique
- De distance parcourue ϕ matériel roulant
- De tonnage produit ϕ équipement de production

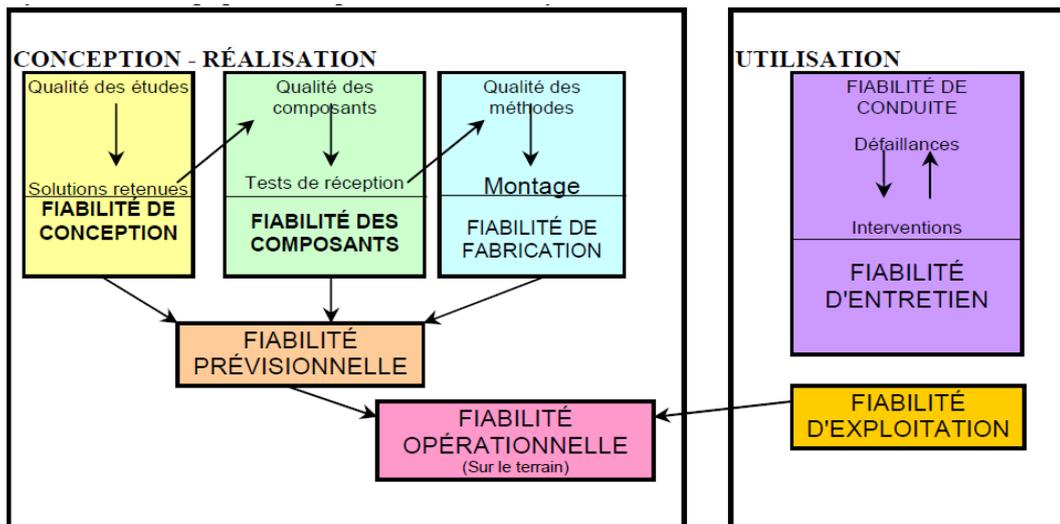
3.1.2. Commentaires

Un équipement est fiable s'il subit peu d'arrêts pour pannes. La notion de fiabilité s'applique :

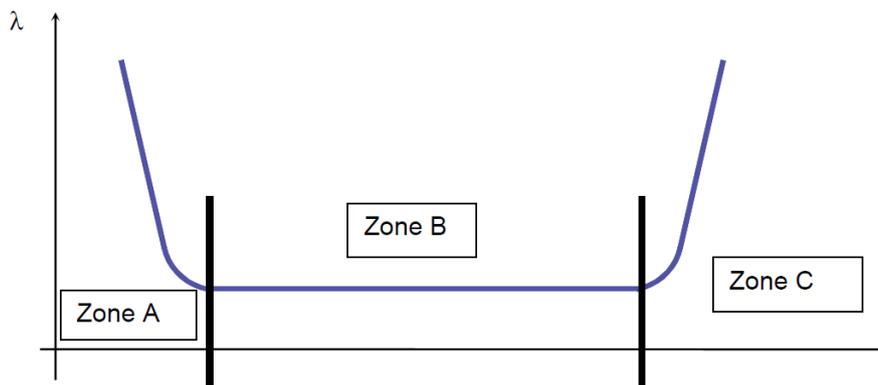
- A du système réparable : équipement industriel ou domestique.
- A des systèmes non réparables : lampes, composants donc jetables

La fiabilité se caractérise par sa courbe $R(t)$ appelée également « loi de survie » (R : reliability) et son taux de défaillance $\lambda(t)$.

La fiabilité d'un équipement dépend de nombreux facteurs



L'évolution de la durée de vie d'un équipement peut être tracée selon une courbe appelée courbe en baignoire. Selon que l'équipement, soit de type électronique ou mécanique, les allures du taux de défaillance sont différentes.



Zone A: Epoque de jeunesse

Zone B: Epoque de maturité, fonctionnement normal, défaillance aléatoire indépendante du temps.

Zone C: Epoque d'obsolescence, défaillances d'usure ou pannes de vieillesse.

Le taux de défaillance, noté $\lambda(t)$, est un indicateur de la fiabilité. Il représente une proportion de dispositifs survivants à un instant.

3.1.3. Cas particulier de l'époque de maturité :

Dans cette période, le taux de défaillance est sensiblement constant et est égal à l'unité d'usage sur la MTBF. Les calculs qui suivent ne sont donc valables que pour cette période.

MTBF : Mean Time Between Failure : moyenne des temps de bon fonctionnement entre défaillances consécutives.

Calcul de la MTBF :

$$MTBF = \frac{\text{Temps de Bon Fonctionnement (TBF)}}{\text{Nombre de pannes}}$$

Calcul du taux de défaillance λ :

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

Exemple :

Dans cette partie, on s'intéresse aux temps de bon fonctionnement (TBF) d'une presse. A chaque panne, on associe le nombre d'heures de bon fonctionnement ayant précédé de cette panne.

Les observations se sont déroulées sur une période de 4 ans et ont donné les résultats suivants :

Rang de la panne	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TBF ayant précédé la panne (en jours)	55	26	13	80	14	21	124	35	18	26

Calculer au jour près par défaut, le temps moyen de bon fonctionnement entre deux pannes :

$$MTBF = \frac{55+26+13+80+14+21+124+35+18+26}{10} = \frac{412}{10} = 41,2 \approx 41 \text{ jours}$$

3.2. La Maintenabilité

3.2.1. Définition

« Dans les conditions d'utilisation données pour lesquelles il a été conçu, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits. » (NF EN 13306).

3.2.2. Commentaires

La maintenabilité caractérise la facilité à remettre ou de maintenir un bien en bon état de fonctionnement. Cette notion ne peut s'appliquer qu'à du matériel maintenable, donc réparable.

« Les moyens prescrits » englobent des notions très diverses : moyens en personnel, appareillages, outillages, etc.

La maintenabilité d'un équipement dépend de nombreux facteurs :

Facteurs liés à l' EQUIPEMENT	Facteurs liés au CONSTRUCTEUR	Facteurs liés à la MAINTENANCE
- documentation - aptitude au démontage - facilité d'utilisation	- conception - qualité du service après-vente - facilité d'obtention des pièces de rechange - coût des pièces de rechange	- préparation et formation des personnels - moyens adéquats - études d'améliorations (maintenance améliorative)

Remarques : on peut améliorer la maintenabilité en :

- Développant les documents d'aide à l'intervention
- Améliorant l'aptitude de la machine au démontage (modifications risquant de coûter cher)
- Améliorant l'interchangeabilité des pièces et sous ensemble.

3.2.3. Calcul de la maintenabilité :

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR.

MTTR : (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation.

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour n pannes}}{\text{Nombre de pannes (n)}}$$

Taux de réparation μ

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

3.3. Le concept de disponibilité

3.3.1. Définition

Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée. Cette aptitude dépend de la combinaison de la fiabilité, de la maintenabilité et de la logistique de maintenance.

Les moyens extérieurs nécessaires autres que la logistique de maintenance n'affectent pas la disponibilité du bien (NF EN 13306).

3.3.2. Commentaires

Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- Avoir le moins possible d'arrêts de production
- Etre rapidement remis en bon état s'il tombe en panne

La disponibilité d'un équipement dépend de nombreux facteurs :

✓ **Facteurs liés à sa CONSTRUCTION**

FIABILITÉ - Nombre d'arrêts pour pannes

MAINTENABILITE -Facilité de remise en état

✓ **Facteurs liés à son UTILISATION**

MAINTENANCE

- Moyens
- Méthodes

- Efficacité

PRODUCTION :- Organisation des fabrications - Situation de l'équipement

La disponibilité allie donc les notions de fiabilité et de maintenabilité. Augmenter la disponibilité passe par

- L'allongement de la MTBF (action sur la fiabilité)
- La notion de le MTTR (action sur la maintenance)

3.3.3. Quantification de la disponibilité :

La disponibilité moyenne sur un intervalle de temps donné peut être évaluée par le rapport :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

4. Chapitre IV : Dossier machine et documentation technique :

4.1. But de la documentation

L'homme de maintenance doit connaître parfaitement ses équipements en nature et dans le temps. De ce fait il est obligé de créer un système documentaire et/ou l'organiser. Ce système doit répondre à deux préoccupations :

- L'interrogation suivant le profil de l'information recherchée,
- L'archivage du passé.

Un système documentaire doit contenir les documents de base suivants :

- les manuels de description générale pour connaître le matériel et l'identifier ;
- les manuels d'exploitation ;
- les manuels des principes de fonctionnement ;
- les manuels de maintenance préconisée ;
- les plans comme construit ou " As Built ".

En outre, les documents de maintenance doivent comprendre pour chaque type d'équipement :

- la description exacte du démontage et du remontage de l'équipement ;
- les différentes procédures de réglage ;
- les dessins techniques normalisés et à l'échelle ;
- la nomenclature des pièces de rechange constituant l'équipement avec toutes les références du constructeur ainsi que les nuances des matériaux de fabrication et les repères des pièces sur les plans et croquis ;
- les réquisitions et notices d'essais en usine et sur site de l'équipement en question ;

4.2. Le Dossier Technique

Ce dossier doit fournir les renseignements nécessaires dans le cadre de la préparation des interventions. Les informations doivent être soigneusement triées et particulièrement adaptées aux besoins des techniciens et agents de maintenance. Trop d'informations nuisent à l'efficacité du dossier. Une insuffisance d'informations rend le dossier inutilisable. Le dossier technique s'appuie sur les documents fournis par le constructeur. Ces documents comprennent les éléments suivants :

a- La fiche signalétique spécifiant :

- Constructeur (nom, adresse).
- Type, n° de série.
- Date de fabrication.

b- Les instructions d'installation comportant :

- Les informations nécessaires à la manutention et l'installation (plans).
- Le poids.
- L'encombrement.
- Les capacités maximales (vitesse, charge, production, etc.).

c- Les conditions d'achat incluant :

- Les conditions de réception.
- Les conditions de garantie.

- Les spécifications techniques.

d- Les plans :

- d'ensembles, nomenclature.
- de détails.
- Chaînes cinématiques.
- Schémas (électriques, électroniques, de régulation, etc.).

e- Les notices :

- de graissage,
- de réglage avec indications des limites d'usure,
- de nettoyage,
- de maintenance,
- de sécurité,
- de mise en fonctionnement et d'arrêt.

f- La liste des pièces de rechange spécifiant :

- Les références.
- Les quantités.
- Les indications particulières de remplacement.

4.3. Dossier Machine

La documentation technique (plans, manuels, notices d'exploitation et entretien, etc.), base élémentaire de tout acte de maintenance, aussi bien correctif que préventif, fait très souvent défaut. Autrement elle est soit incomplète, soit difficilement utilisable. Elle peut être rédigée dans une langue étrangère au milieu, donc non choisie et exigée, ou selon une mauvaise traduction. Elle peut aussi comporter des manques importants au niveau des représentations graphiques telles que les vues éclatées ou les perspectives et surtout dans la standardisation ou la normalisation.

Une déficience dans la documentation technique a toujours des conséquences néfastes et cela à plusieurs niveaux. Elle provoque une perte de temps énorme pour la recherche des pannes et leurs réparations, met en cause la sécurité des installations et entrave l'approvisionnement ou la confection des pièces de rechange.

Cependant, pour pallier aux défauts énumérés et pour qu'il y ait de l'efficacité dans la recherche et l'exploitation, en temps réel, de la documentation technique, les services de maintenance doivent élaborer et tenir à jour des dossiers machines.

Le dossier machine comprend en plus du dossier technique, la fiche historique de l'équipement en question. Chaque dossier doit refléter la vie réelle de l'équipement depuis sa naissance jusqu'à sa totale obsolescence. C'est pourquoi un dossier machine doit impérativement inclure :

- La fiche technique.
- Le plan d'ensemble.
- La fiche d'entretien.
- La fiche de lubrification.
- Les prospectus (les feuillets distribués dans un but publicitaire).

- Les fondations et l'installation.
- Les instructions de transport et de manutention.
- Instructions de montage.
- Le fonctionnement, la mise en route ou en service.
- Les plans avec leur nomenclature.
- Les schémas électriques avec leur nomenclature.
- Les schémas hydrauliques avec leur nomenclature.
- Les schémas pneumatiques avec leur nomenclature.
- Les schémas d'autres fluides avec leur nomenclature.
- La liste des pièces de rechange préconisées.
- Les procès verbaux et certificats de contrôle.
- La fiche historique.
- Divers (dessins techniques, perspectives, vues éclatées, modes opératoires de démontage et de remontage, diagrammes de dépannage, tableaux des pannes et causes probables, etc.).

5. Chapitre V : Techniques utilisées en maintenance

5.1. L'analyse des défaillances

L'analyse des défaillances peut s'effectuer :

- Soit de manière quantitative puis qualitative en exploitant l'historique de l'équipement et les données qualitatives du diagnostic et de l'expertise des défaillances
- Soit de manière prévisionnelle en phase de conception ou a posteriori, après retour d'expérience.

Tout le problème pour l'homme de maintenance est de savoir quelles défaillances traiter en priorité, certaines n'ayant que peu d'importance en termes d'effets et de coûts.

Il est clair que le choix des types de défaillance est important : une défaillance intrinsèque (propre au matériel) n'a rien à voir avec une défaillance extrinsèque (liée à l'environnement), et en tout état de cause, ne peut s'analyser de la même manière, même si on apporte par la suite un correctif.

5.2. Analyse quantitative des défaillances :

L'analyse quantitative d'un historique va permettre de dégager des actions d'amélioration, donc d'identifier les défaillances à approfondir afin de les corriger et les prévenir. Analyser quantitativement les résultats des diagnostics constitue ainsi un axe de progrès. Les données chiffrées à saisir doivent être les suivantes :

- Dates des interventions correctives (jours, heures) et nombre N de défaillances ; ces éléments permettront de calculer les périodes de bon fonctionnement (UT = Up Time), les intervalles de temps entre deux défaillances consécutives (TBF = Time Between Failures) et leur moyenne (MTBF) ; ces données permettront de caractériser la fiabilité des équipements ;

- Temps d'arrêt de production (DT = Down Time) consécutifs à des défaillances, y compris ceux des « micro-défaillances » ; tous les événements sont systématiquement consignés, même les plus anodins ; il est toujours plus simple de se rappeler d'une grosse panne que d'une micro-défaillance répétitive qui engendrera à terme une défaillance grave ; l'expérience montre que son oubli fausse complètement une étude de fiabilité ultérieure. Il est prouvé aussi que les micro-défaillances, qui appartiennent à la routine, donc qu'on oublie facilement, sont génératrices de perte de disponibilité, donc de productivité moindre et bien sûr de non qualité ; ces données permettront donc de caractériser la disponibilité des équipements ;

- Durées d'intervention maintenance (TTR = Time To Repair) et leur moyenne (MTTR) ; ces données permettront de caractériser la maintenabilité des équipements.

Chacune des données précédentes est ensuite associée aux familles de défaillance définies dans le chapitre précédent :

- Localisation des éléments sensibles à partir de la décomposition structurelle,
- Modes de défaillances observés le plus fréquemment.

5.2.1. Méthode ABC (Diagramme Pareto) :

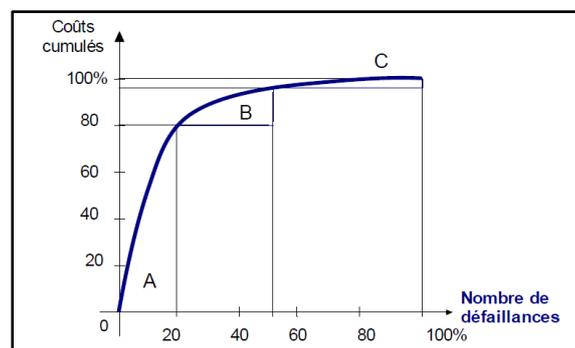
Parmi la multitude de préoccupations qui se posent à un responsable maintenance, il lui faut décider quelles défaillances doivent être étudiées et/ou améliorées en premier. Pour cela, il faut déceler celles qui sont les plus importantes et dont la résolution ou l'amélioration serait le plus rentable, en particulier en terme de coûts d'indisponibilité. La difficulté réside dans le fait que ce qui « est important » et que ce qu'il « l'est moins » ne se distinguent pas toujours de façon claire.

La méthode ABC apporte une réponse. Elle permet l'investigation qui met en évidence les éléments les plus importants d'un problème afin de faciliter les choix et les priorités. On classe les événements (pannes par

exemple) par ordre décroissant de coûts (temps d'arrêts, coût financier, nombre, etc..), chaque événement se rapportant à une entité. On établit ensuite un graphique faisant correspondre les pourcentages de coûts cumulés aux pourcentages de types de pannes ou de défaillances cumulés. Sur le schéma, on observe trois zones.

1. Zone A : 20% des pannes occasionnent 80% des coûts ;
2. Zone B : les 30% de pannes supplémentaires ne coûtent que 15% supplémentaires ;
3. Zone C : les 50% de pannes restantes ne concernent que 5% du coût global.

Conclusion : il est évident que la préparation des travaux de maintenance doit porter sur les pannes de la zone A.



En maintenance cette méthode est très utile pour déterminer les urgences ou les tâches les plus rentables, par exemple :

- S'attacher particulièrement à la préparation des interventions sur les défaillances les plus fréquentes et/ou les plus coûteuses (documentation, gammes opératoires, contrats, ordonnancement, etc..),
- Rechercher les causes et les améliorations possibles pour ces mêmes défaillances,
- Organiser un magasin en fonction des fréquences de sortie des pièces (nombre de pièces et emplacement),
- Décider de la politique de maintenance à appliquer sur certains équipements en fonction des heures et des coûts de maintenance.

Attention toutefois : cette méthode ne résout pas les problèmes, mais elle attire l'attention du technicien sur les groupes d'éléments à étudier en priorité.

5.2.2. Diagrammes de Pareto en NT :

Le service maintenance peut exploiter cette méthode en allant beaucoup plus loin :

- On dresse un tableau regroupant les sous-ensembles, le nombre de défaillances N, les temps d'arrêt par sous-ensemble Nt et la moyenne des temps d'arrêt t ;
- On élabore les diagrammes en bâtons N, Nt et t ; ils permettront de déterminer la priorité de prise en charge des sous-ensembles par le service maintenance,
- Le graphe en N oriente vers l'amélioration de la fiabilité ;
- Le graphe en Nt est un indicateur de disponibilité, car Nt estime la perte de disponibilité de chaque sous-ensemble ;
- Le graphe en t oriente vers la maintenabilité, c'est à dire l'amélioration de l'aptitude à la maintenance.

5.3. Analyse qualitative des défaillances

5.3.1. Diagnostic et expertise :

Le diagnostic est « l'identification de la cause probable de défaillance à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test ». La norme NF EN 13306 va plus loin, puisqu'elle indique que le diagnostic d'une panne est « l'ensemble des actions menées pour la détection de la panne, sa localisation et l'identification de la cause ». On va donc jusqu'à l'expertise de la défaillance.

Localisation de panne est l'ensemble des actions menées en vue d'identifier l'équipement en panne au niveau de l'arborescence approuvée.

5.3.2. Conduite d'un diagnostic :

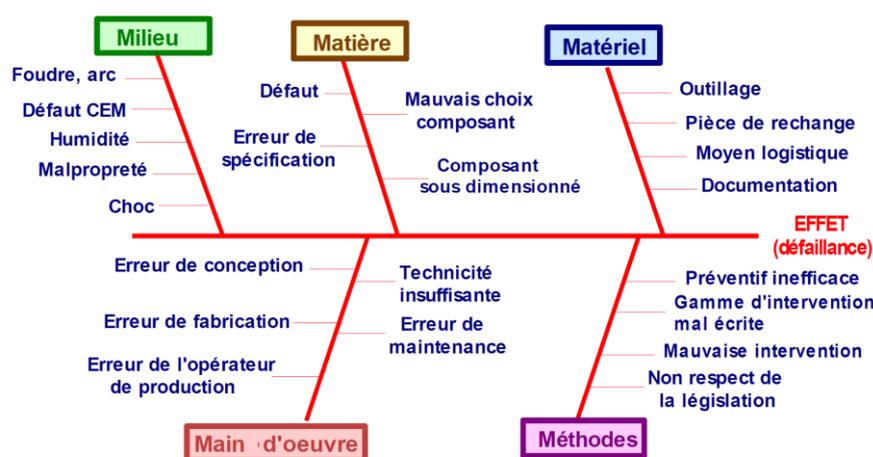
Elle nécessite un grand nombre d'informations recueillies :

- Auprès des utilisateurs (détection, manifestation et symptômes)
- Dans les documents constructeurs et/ou dans les documents du service maintenance.

Mais il y a aussi l'expérience du terrain et le savoir-faire.

5.3.3. Diagramme Cause-Effets :

Cet outil a été créé par Ishikawa, professeur à l'Université de la TOKYO dans les années 60 et concepteur d'une méthode de management de la qualité totale. Le diagramme causes-effet est une représentation graphique du classement par familles de toutes les causes possibles pouvant influencer un processus. Ces familles de causes au nombre de 5 engendrent la non qualité dans un processus de fabrication. Leur nom commence par la lettre M d'où l'appellation 5M. Ishikawa a proposé une représentation graphique en « arête de poisson »



Le diagramme Causes-Effet est donc l'image des causes identifiées d'un dysfonctionnement potentiel pouvant survenir sur un système.

5.4. Analyse prévisionnelle des défaillances : (AMDEC) (Analyse des Modes de Défaillances de leur effet et de leur Criticité)

5.4.1. Définition :

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse préventive de la sûreté de fonctionnement des produits et des équipements. Ce principe de la prévention repose sur le recensement systématique et l'évaluation des risques potentiels d'erreurs susceptibles de se produire à toutes les phases de réalisation d'un produit. C'est une méthode précieuse qui permet à l'entreprise de valider, tout au long de la construction du produit, sa qualité et sa fiabilité :

- Elle identifie les modes de défaillance des composants, en évalue les effets sur l'ensemble des fonctions et en analyse les causes.
- Elle évalue l'impact, ou criticité, de ces modes de défaillances sur la sûreté de fonctionnement.
- En phase de conception, elle est associée à l'Analyse Fonctionnelle, pour la recherche des modes de défaillances spécifiques à chaque fonction ou contrainte des composants.
- Dans le cas d'analyse sur des procédures ou chaînes de fabrication, elle permet de localiser les opérations pouvant conduire à élaborer un produit ne respectant pas le cahier des charges, ce qui permettra par la suite de limiter les rebuts.

- Appliquée à un groupe de travail pluridisciplinaire, elle est recommandée pour la résolution de problèmes mineurs dont on veut identifier les causes et les effets ; elle contribue donc à la construction et à l'amélioration de la qualité.

Il existe plusieurs types d'AMDEC dont les deux suivantes :

- AMDEC machine (ou moyen de production) : on identifie les défaillances du moyen de production dont les effets agissent directement sur la productivité de l'entreprise. Il s'agit donc de l'analyse des pannes et de l'optimisation de la maintenance.

- AMDEC procédé : on identifie les défaillances du procédé de fabrication dont les effets agissent directement sur la qualité du produit fabriqué (les pannes ne sont pas prises en compte).

5.4.2. Historique :

Elle trouve son origine dans les années 1950, sous le nom de FMEA (Failures Modes and Effects Analysis). Utilisée exclusivement aux USA et au Japon pour améliorer la fiabilité des produits de haute technicité (armement, avionique, spatial), elle fait son apparition en Europe en 1970 dans l'industrie nucléaire (du militaire vers le civil).

Le grand essor de l'AMDEC est dû à sa mise en œuvre généralisée dans l'industrie automobile (à partir de 1979 chez Ford et 1982 chez les constructeurs français) ; tous les sous-traitants ont dû suivre. Conformément au QS 9000 (équivalent de l'ISO 9000 pour l'automobile), les fournisseurs automobiles devaient utiliser la planification qualité du procédé (APQP), incluant l'outil AMDEC et développant les plans de contrôle. Les industries électroniques, puis les industries mécaniques se sont inscrites ensuite dans cette démarche (apparition de la notion de sécurité des biens et des personnes).

5.4.3. Démarche de la méthode AMDEC :

L'AMDEC est une technique d'analyse exhaustive et rigoureuse de travail en groupe : chacun y met en commun son expérience et sa compétence. Mais, pour la réussir, il faut bien connaître le fonctionnement du système qui est analysé ou avoir les moyens de se procurer l'information auprès de ceux qui la détiennent. Elle comporte cinq étapes :

- Etape 1 : préparer l'étude.
- Etape 2 : réaliser l'analyse fonctionnelle.
- Etape 3 : réaliser l'analyse qualitative des défaillances.
- Etape 4 : évaluer la criticité.
- Etape 5 : définir et suivre un plan d'actions correctives et préventives.

a. Etape 1 : Préparation de l'étude

Lors de la première étape de préparation, il faudra d'abord valider l'objectif de l'étude : pourquoi effectue-t-on cette étude ? L'objectif va dépendre du contexte de l'étude :

- Amélioration de la fiabilité du produit,
- Amélioration de la disponibilité du moyen de production,
- Amélioration de la disponibilité du service.

On commence tout d'abord par constituer le groupe de travail. L'AMDEC fait appel à l'expérience, pour rassembler toutes les informations que détiennent les uns et les autres, mais aussi pour faire évoluer les conclusions que chacun en tire et éviter que tous restent sur leur a priori. Les méthodes de travail en groupe doivent être connues et pratiquées afin d'assurer une efficacité optimale en groupe. C'est un critère de réussite essentiel.

A – Les acteurs de la méthode

1. Le demandeur (ou pilote) : c'est la personne ou le service qui prend l'initiative de déclencher l'étude. Il est responsable de celle-ci jusqu'à son aboutissement. Il en définit le sujet, les critères et les objectifs. Il ne doit pas être le concepteur pour garantir l'indépendance des jugements.

2. Le décideur : c'est la personne responsable dans l'entreprise du sujet étudié, et qui, en dernier recours et à défaut de consensus, exerce le choix définitif. Il est responsable et décideur des coûts, de la qualité et des délais.

3. L'animateur : c'est le garant de la méthode, l'organisateur de la vie du groupe. Il précise l'ordre du jour des réunions, conduit les réunions, assure le secrétariat, assure le suivi de l'étude. Très souvent, c'est un intervenant extérieur, ou du moins extérieur au service de façon à pouvoir jouer les candides.

4. Le groupe de travail : 2 à 5 personnes en général, responsables et compétentes, ayant la connaissance du système à étudier et pouvant apporter les informations nécessaires à l'analyse (on ne peut bien parler que de ce que l'on connaît bien). Selon l'étude (produit, procédé ou moyen de production), ce seront des représentants du design, du marketing, du bureau d'études, du service qualité, du service achat, de la production, de la maintenance ou des experts du domaine étudié.

B - Planification des réunions

Comme il est difficile de réunir 5 à 8 personnes d'un certain niveau (elles sont souvent peu disponibles), on planifie les cinq phases, de la « préparation » jusqu'aux « actions menées » en respectant une fréquence d'une demi-journée tous les 15 jours en général.

C – Limitations de l'étude

Il est nécessaire de limiter le champ et la durée de l'étude. Un champ d'étude trop important conduira à un exercice harassant pour un résultat médiocre. Une durée d'étude de 2 à 3 mois est tout à fait raisonnable.

D – Constitution du dossier AMDEC

Dans cette phase, on effectue la collecte des données nécessaires à l'étude :

- Cahier des charges ou spécifications du produit,
- Plans, nomenclature, gammes de fabrication, spécifications,
- Calculs et leur vérification (chaîne de cotes),
- Contraintes de fabrication,
- Défaillances observées (retours clients, rebut de production),
- Essais de fiabilité, résultats de test,
- Relevés statistiques d'exploitation, historiques des pannes,
- Probabilités de défaillances liées à la technologie,
- Objectifs qualité.

E - Fin de l'étape 1 : fiche de synthèse

Cette fiche (ANNEXE 6) accompagne l'étude tout au long de sa durée. On y retrouve toute la phase d'initialisation ainsi que le suivi de l'étude. Elle est à remplir par l'animateur lors d'un entretien avec le demandeur et complétée avec le décideur. Son but est de formaliser sur un document les points clés de l'étude AMDEC.

b. Etape 2 : Analyse fonctionnelle

L'objectif final de l'étape 2 est la réalisation d'un dossier complet sur le système étudié. Ce dossier comprend :

- la feuille de synthèse de l'état actuel de l'étude AMDEC,
- ce que l'on connaît sur les fonctions à étudier,
- ce que l'on connaît sur l'environnement du système,
- les objectifs de qualité et de fiabilité (conception), le TRS (en production), etc..
- l'analyse fonctionnelle,
- les historiques (lien GMAO-AMDEC),
- le plan de maintenance préventive,
- le conditionnement du produit (marketing).

c. Etape 3 : Analyse qualitative des modes de défaillance

A partir de l'analyse fonctionnelle, la démarche consiste en :

- Une recherche des modes de défaillance (par exemple perte de fonction, dégradation d'une fonction, pas de fonction, fonction intempestive),
- Une recherche des causes (choix pouvant être guidé par la gravité des conséquences),
- Une étude des effets.

A – Recensement des modes de défaillance

Exemples : perte de fonction, dégradation d'une fonction, pas de fonction, fonction intempestive.

B – Recherche des causes de défaillances

Une cause est l'anomalie initiale pouvant entraîner le mode de défaillance. Dans cette phase, il faut chercher de manière exhaustive les causes pouvant déclencher l'apparition potentielle du mode de défaillance. Le diagramme d'Ishikawa est l'outil de recensement par excellence.

C – Etude des effets

Un effet est une conséquence défavorable que le client pourrait subir (mécontentement, défaut qualité, arrêt de production). Selon le type d'AMDEC réalisée, le client est l'utilisateur final ou toute opération postérieure à celle exécutée au moment de l'apparition de l'effet. Chaque mode de défaillance provoque un effet, c'est à dire qu'il y a une conséquence sur la fonction, le niveau supérieur, sur l'étape suivante ou sur le système environnant. En fait, il est souvent difficile de différencier mode, effet et cause de défaillance. Il vaut mieux raisonner par niveau d'analyse

D – Fin de l'étape 3 : la grille AMDEC

Un des moyens de rassembler les idées du groupe de travail est la grille AMDEC. Elle concrétise l'analyse sous la forme d'un tableau faisant apparaître, pour chaque élément traité, ses modes de défaillance, leurs causes, leurs effets et les moyens de les détecter.

La grille AMDEC typique comprend 7 colonnes : le nom de l'élément ou du composant, la fonction, le mode de défaillance, la cause de la défaillance, son effet, sa non-détection, la cotation de la criticité. Elle peut être complétée par une colonne indiquant les actions préventives pouvant être apportées.

On différencie souvent les modes, causes et effets par des couleurs afin de bien les mettre en évidence. L'ordre « mode, cause, effet » est volontaire. Les effets du mode ainsi que la non-détection seront ressentis directement par l'utilisateur. La cotation de la fréquence, de la gravité et de la non-détection va permettre une hiérarchisation des différentes défaillances.

d. Etape 4 : Evaluation de la criticité

A – Notion de criticité

La criticité permet de quantifier la notion de risque. Dans une étude AMDEC, elle est évaluée à partir de la fréquence de la défaillance, de sa gravité et de sa probabilité de non- détection. Elle détermine le choix des actions correctives et préventives à entreprendre et fixe la priorité entre ces actions. C'est un critère pour le suivi de la fiabilité prévisionnelle de l'équipement.

La cotation de la criticité permet une hiérarchisation des différentes défaillances et donc de planifier les recherches d'amélioration en commençant par celles qui ont la criticité la plus élevée. On prend alors les décisions qui s'imposent et on met en œuvre ces améliorations. Un programme de suivi est ensuite nécessaire si l'on veut pouvoir évaluer l'efficacité des améliorations : nouvelle mesure de la criticité et comparaison avec la valeur antérieure.

B – Cotation de la criticité

La cotation s'effectue sur la base de trois critères : la fréquence F d'apparition de la cause de défaillance, la gravité G de ses effets et sa non-détection N.

- Fréquence F d'apparition de la cause de défaillance : La cause de défaillance peut apparaître à l'utilisation, à la fabrication ou à la conception d'un produit. C'est la probabilité P pour que la cause se produise et qu'elle entraîne le mode de défaillance concerné. On écrit que $P = P1 \times P2$ avec P1 = probabilité que la cause de défaillance survienne et P2 = probabilité que la défaillance survienne lorsque la cause est présente.

- Gravité G des effets de la défaillance : La gravité est une évaluation de l'importance des effets de la défaillance potentielle sur le client. La cause n'a pas d'incidence sur la gravité de la défaillance.

- Non-détection N de la défaillance : Ce critère rend compte de la probabilité qu'a la défaillance de ne pas être détectée par l'utilisateur lors de contrôles (lors de la conception d'un produit, de sa fabrication ou de son exploitation) alors que la cause et le mode sont apparus.

* Cotation des critères :

Pour évaluer ces trois critères, on utilise des grilles de cotation qui peuvent être définies par l'entreprise ou alors reprises dans certains ouvrages spécialisés.

* Expression de la criticité

On obtient la criticité C par la formule :

$$C = G \times F \times N$$

e. Etape 5 : Définir et suivre un plan d'action préventive

Dans ce plan d'action vont figurer les actions préventives à mener pour diminuer le coefficient de criticité. Une diminution de la criticité pourra être obtenue en jouant sur un (ou plusieurs) terme(s) du produit (F x G x N).

Les actions seront d'ordre préventif ou correctif selon le cas. Elles visent à supprimer les causes de défaillance. L'essentiel de l'action doit porter sur la prévention d'une part et la diminution de la fréquence d'autre part. Pour suivre la mise en place des actions, on utilise un tableau AMDEC appelé aussi fiche de synthèse de l'AMDEC (ANNEXE 6). Après la mise en place des actions, on évaluera la nouvelle criticité des défaillances. Si la criticité n'est toujours pas satisfaisante, on définira d'autres actions préventives.

6. Chapitre VI : GMAO

6.1. L'aide informatique à la gestion de maintenance : la GMAO :

6.1.1. Nécessité de l'aide informatique :

La Masse des informations quotidiennes disponibles dans un service maintenance implique des moyens de saisie, de stockage et de traitement que seul l'outil informatique permet.

C'est l'objet des progiciels (logiciels à caractère professionnel) développés sous le nom de GMAO : Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur.

6.1.2. Les progiciels de GMAO :

« Un système informatique de management de la maintenance est un progiciel organisé autour d'une base de données permettant de programmer et de suivre sous 3 aspects (technique, budgétaire, organisationnel), toutes les activités d'un service de maintenance et les objets de cette activité (services, lignes ateliers, machines, équipements, sous-ensembles, pièces, etc.) à partir de terminaux disséminés dans les bureaux techniques, ateliers, magasins et bureaux d'approvisionnement. »

6.1.3. Le MAO (Miracle Assisté par Ordinateur) :

De nombreuses entreprises investissent dans un logiciel de GMAO avec certaines attentes. Cependant, le résultat est souvent un échec car on espère que la GMAO sera l'outil miracle qui résoudra tous les problèmes liés à la gestion de maintenance. Il y a souvent échec :

- Là où il n'y a pas d'organisation rationnelle de la maintenance
- Là où les besoins à satisfaire n'ont pas été clairement identifiés
- Là il n'y a ni méthodes, ni ordonnancement efficace
- Là où les gens ne sont pas motivés, ou pas compétents, ou mis devant un écran sans préparation et formation
- Là où il n'y a pas de démarche consensuelle d'introduction de l'outil GMAO

Il faut bien voir les 2 aspects de la GMAO :

- GM : gestion de maintenance : c'est avant tout la compétence de l'utilisateur qui doit parfaitement définir ses besoins.
- AO : assistance informatique : c'est la compétence du vendeur qui connaît la maintenance, mais pas l'entreprise.

Une GMAO est une valise « pleine d'informatique » et « vide de maintenance ». Il s'agit donc de remplir cette valise puis de la faire vivre à l'intérieur d'une organisation préalablement éprouvée.

6.1.4. Les objectifs de la GMAO :

⇒ Objectifs à caractère économique :

- Réduire les prix de revient par diminution des coûts de maintenance
- Gérer les parcs de matériels
- Gérer les pièces de rechange
- Permettre la gestion prévisionnelle de la maintenance

⇒ Objectifs à caractère technique :

- Réduire les temps de maintenance
- Faciliter la maintenance des systèmes complexes
- Améliorer la disponibilité du parc
- Augmenter la qualité de la maintenance
- Prolonger la durabilité des équipements
- Faciliter le suivi de l'activité de maintenance : déclencher et suivre des opérations de maintenance préventive, recenser et connaître la situation des travaux à réaliser avec les éléments de programmation (quand, où, par qui, avec quoi et comment)
- Améliorer la gestion de la documentation de maintenance. Rendre accessible à tous la documentation technique opérationnelle (nomenclatures, fiches techniques, etc.), élaborer et

améliorer progressivement cette documentation, réduire les temps de recherche et de classement.

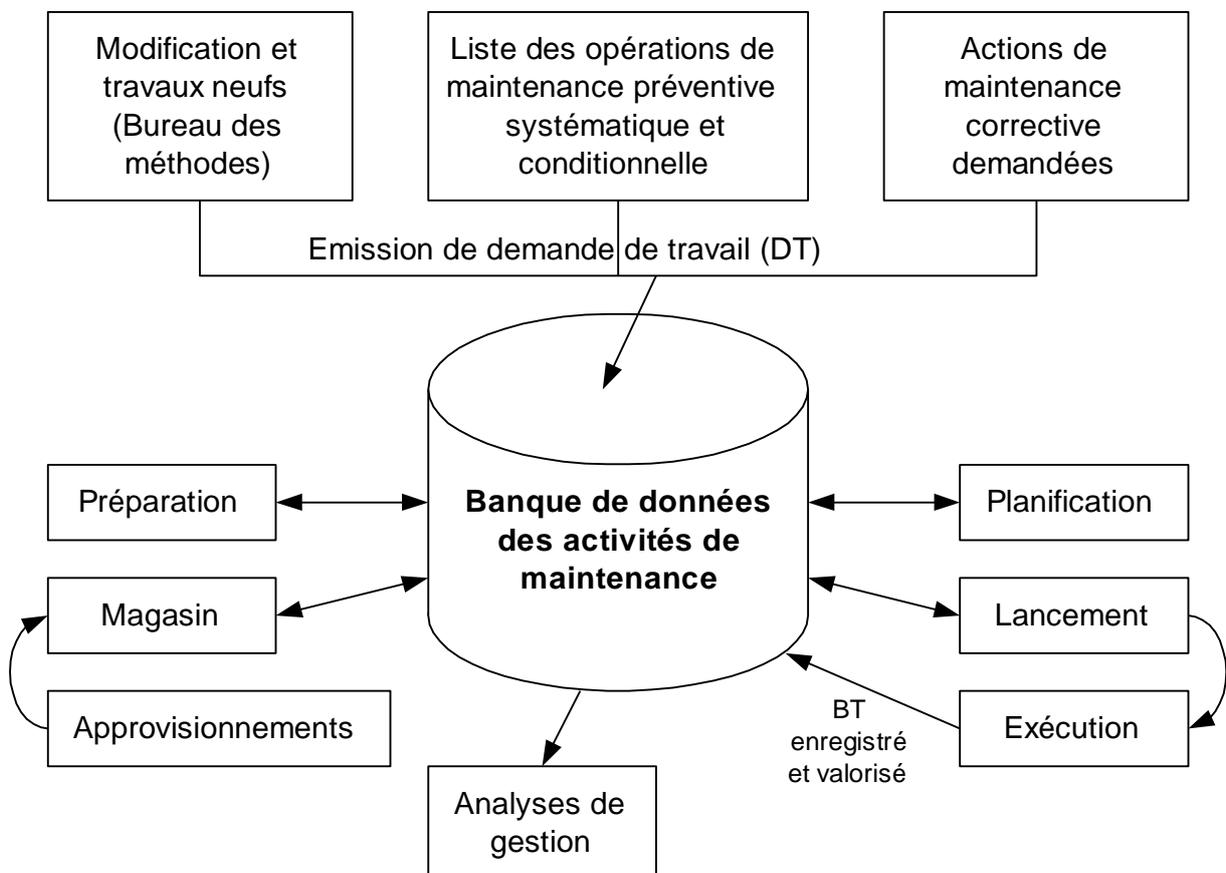
⇒ Objectifs à caractère humain :

- Libérer le technicien de certaines tâches offrant peu d'intérêt : éviter les temps passés par l'encadrement de maintenance à des travaux administratifs au détriment de ses objectifs de gestion technique
- Accroître la rigueur dans l'analyse et dans le report des informations

6.2. Domaines à gérer :

6.2.1. Gestion des activités de maintenance :

Le développement du modèle informatisé de gestion des interventions va se faire à partir du modèle suivant : toute intervention ou toute activité d'un agent de maintenance fait l'objet d'un Ordre de Travail (OT) : l'OT comprend une demande de travail (DT) et un bon de travail (BT).



Si la procédure impose la valorisation de chaque OT (coûts pièces et main d'œuvre), c'est pour permettre à l'analyse de gestion de :

- Répartir et suivre l'évolution des activités en temps
- Répartir et suivre l'évolution des dépenses

Ceci permet une gestion simultanée des activités et des coûts directs. La richesse d'un tel module est grande car tous les éléments figurant sur l'OT sont susceptibles de « mise en famille ». L'OT pourra être affecté à :

- Un atelier, un équipement, un type de machine, etc.
- Un type de maintenance, un type d'activité, etc.
- Un corps de métier, une qualification d'agent, une équipe, etc.

6.2.2. Gestion des matériels :

Les informations à saisir pour assurer le suivi des matériels sont les suivantes :

- Classement suivant l'état de la machine
- Relevé des unités d'usage
- Mesure de la dérive des performances
- Résultats des rondes de surveillance
- Historiques des défaillances
- Fiches d'analyse des défaillances
- Liste de rechanges consommés
- Consommation en lubrifiants et énergies
- Mesure de nuisances industrielles