

Chapitre 4 :

La disponibilité et les concepts F.M.D

4.1 Généralités

4.2 La fiabilité

4.3 La maintenabilité

4.4 La disponibilité

4.5 Notions de F.M.D

4.6 Coûts et analyse d'une politique F.M.D

4.7 L'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

4.1 Généralités :

Le concepteur d'équipement est fréquemment une société qui n'exploite pas les installations qu'elle conçoit. Elle aura de ce fait forcément des difficultés à tenir compte dans sa conception des conditions d'exploitation particulières d'exploitation des clients. Généralement le concepteur attache peu d'attention à la maintenabilité des installations. Les cahiers des charges ainsi que les contrats devraient impérativement mentionner outre les objectifs de production, les critères fondamentaux de la maintenance en partant du principe général que toute installation destinée à l'exploitation doivent être forcément entretenue. La sûreté de fonctionnement d'une machine en tenant compte de l'aspect sécurité et les critères visant à éviter un entretien fréquent, difficile et coûteux se résument en trois points connus sous la notion F.M.D. que le concepteur devrait tenir compte lors des études d'engineering : Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité.

4.2 La Fiabilité :

Définition 1 : La fiabilité représente " l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné ".

On dit qu'un équipement est fiable s'il subit peu d'arrêts pour pannes. La notion de fiabilité s'applique à :

- Du matériel réparable (équipements industriels ou domestiques)
- Du matériel non réparable (composants, lampes...)

Définition 2 : C'est une caractéristique d'un bien exprimée par la probabilité qu'il accomplisse une fonction requise dans des conditions données, pendant une période donnée.

La notion de temps ou de période peut prendre la forme : du nombre de cycles effectués; de la distance parcourue ou du tonnage produit etc..... La période donnée est limitée, soit

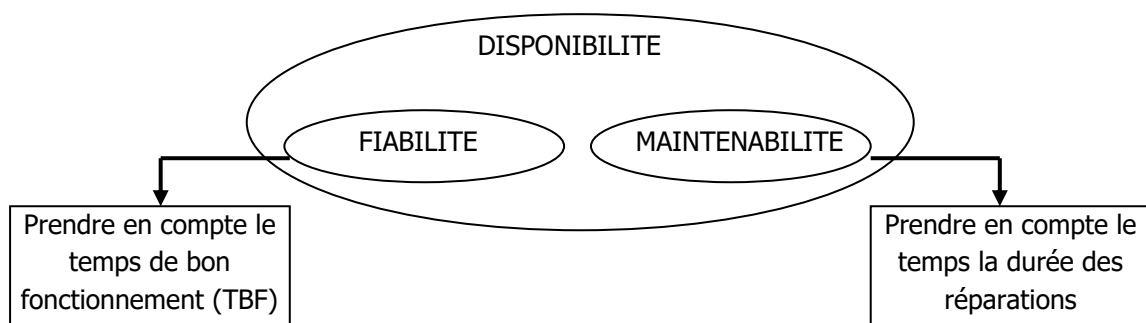
- Situation 1 : Avant la première défaillance ;
- Situation 2 : Après une intervention qui a permis d'éliminer une défaillance

Dans chaque situation, il faut :

1. Etudier comment une telle probabilité peut être obtenue ;
2. Quelles sont les informations qu'elle peut apporter ?

Une telle étude est maintenant devenue très importante, notamment dans les secteurs où se posent des problèmes de sécurité ou lorsque les réparations sont impossibles.

La fiabilité se situe aujourd'hui dans le cadre plus général de la DISPONIBILITE. En faisant intervenir le calcul de probabilité pour un produit, non seulement on prend en compte le Temps de Bon Fonctionnement (c'est l'objet de LA FIABILITE), mais aussi la durée des réparations (c'est l'objet de la MAINTENABILITE)



Quantification de la fiabilité (MTBF) :

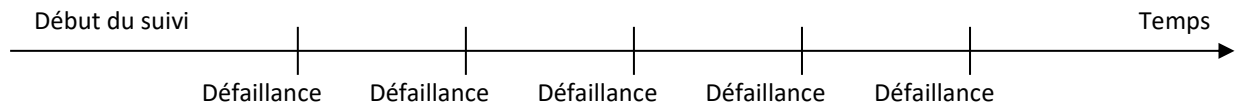
On retient généralement comme indicateur de fiabilité, pour les produit réparables, la moyenne des temps de bon fonctionnement satisfaisant entre deux défaillances du produit. On le désigne par " **MTBF**" (**M**ean **T**ime **B**etween **F**ailure = **M**oyenne des **T**emps de **B**on **F**onctionnement).

On appelle MTBF l'espérance mathématique de la variable aléatoire T (Une variable aléatoire qui fait associer le temps de bon fonctionnement (ou durée de vie avant défaillance) à chaque produit tiré au hasard de la population) .

$$MTBF = \frac{\sum \text{des temps de fonctionnement satisfaisant}}{\text{Nombre de périodes de bon fonctionnement}}$$

Exemple : Le MTBF, pour une pompe de traitement des eaux usées à partir de son fichier de suivi de défaillances.

Temps de suivi [h]	Temps total de maintenance [h]	Nombre de défaillances	Temps de fonctionnement satisfaisant. [h]
28 080	6.5	5	$28\,080 - 6 = 28\,073.5$



Le nombre de période de bon fonctionnement est égal, comme l'indique la figure ci-dessus, au nombre de défaillances plus 1. Donc :

$$MTBF = \frac{\sum \text{des temps de fonctionnement satisfaisant}}{\text{Nombre de périodes de bon fonctionnement}} = \frac{28\,073.5}{6} = 4\,678[h]$$

4.3 La maintenabilité :

Définition : "La maintenabilité c'est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut remplir sa fonction, lorsque sa maintenance est accomplie dans les conditions d'utilisation données pour lesquelles il a été conçu et avec des procédures et des moyens prescrits".

La maintenabilité caractérise la facilité à remettre ou à maintenir un bien en bon état de fonctionnement. Elle dépend de nombreux facteurs, tels que :

- Ceux liés à l'équipement : documentation, aptitude au démontage, facilité d'utilisation...
- Ceux liés au constructeur : qualité du service après-vente, facilité d'obtention de pièces de rechange, coût des pièces de rechange...
- Ceux liés à la maintenance : préparation et formation du personnel, outillages adéquats, études d'améliorations...

Quantification de la maintenabilité (MTTR) :

Si la fiabilité correspond à la probabilité de bon fonctionnement d'un produit, la maintenabilité correspond à une probabilité attachée à sa durée de réparation. On retient généralement comme indicateur de maintenabilité la moyenne des temps techniques de réparation. On le désigne par "MTTR" (**M**ean **T**ime **T**o **R**epair).

$$MTTR = \frac{\sum \text{des temps de réparation}}{\text{Nombre de réparations}}$$

Exemple : Le MTTR, pour une pompe de traitement des eaux usées à partir de son fichier de suivi de défaillances.

Temps de suivi [h]	Temps total de maintenance [h]	Nombre de défaillances	Temps de fonctionnement satisfaisant. [h]
28 080	6.5	5	28 080-6 = 28 073.5

La détermination de l'indicateur de maintenabilité MTTR s'effectue comme suit :

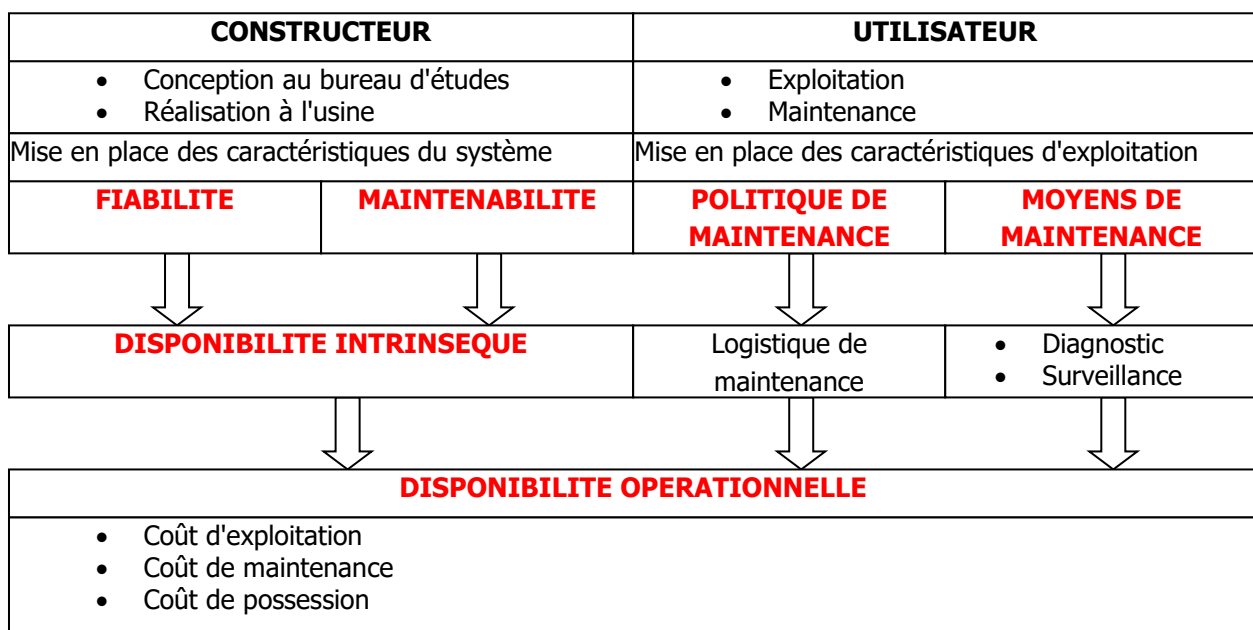
$$MTTR = \frac{\sum \text{des temps de réparation}}{\text{Nombre de réparations}} = \frac{6.5}{5} = 1.3 [h]$$

4.4 La disponibilité :

Définition : "La disponibilité c'est l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, de sa maintenabilité et de l'organisation de maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées".

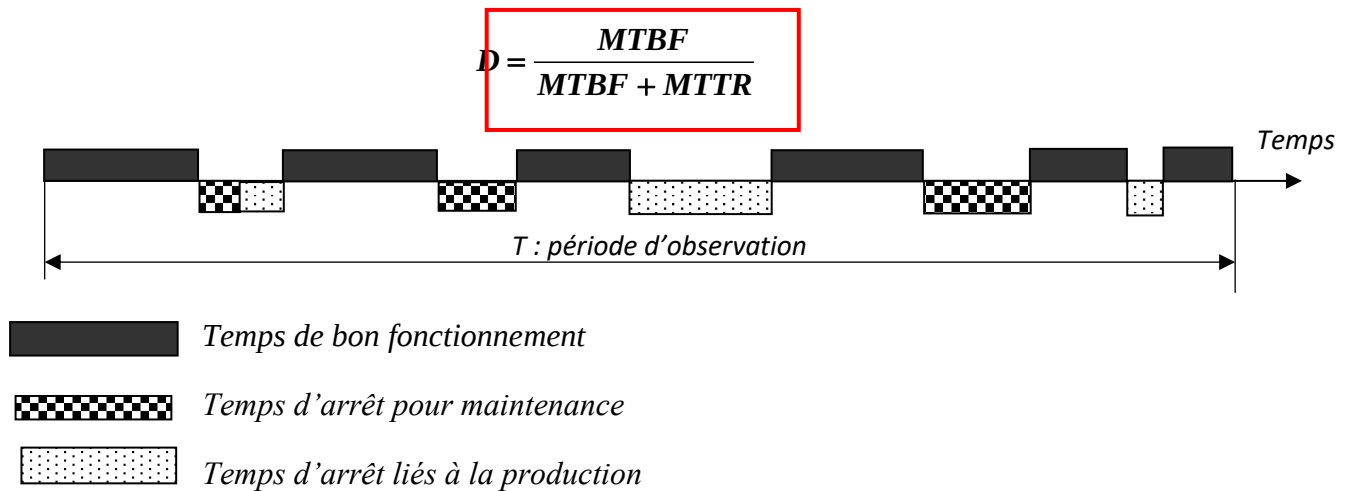
Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- Avoir le moins possible d'arrêts de production.
- Etre rapidement remis en état s'il tombe en panne.
- La disponibilité d'un équipement est donc liée à la fiabilité et à la maintenabilité.



Quantification de la disponibilité (D) :

La prise en compte simultanée des indicateurs de fiabilité et de maintenabilité permet de définir la disponibilité moyenne "D" d'un produit qui correspond au pourcentage du temps pendant lequel ce produit remplit effectivement les fonctions attendues par l'utilisateur.



- **Disponibilité vue de la maintenance :**

$$D = \frac{T - \sum \text{Temps arret maintenance}}{T}$$

- **Disponibilité opérationnelle :**

$$D = \frac{T - \sum \text{Tout les temps arret}}{T}$$

Exemple : La disponibilité, pour une pompe de traitement des eaux usées à partir de son fichier de suivi de défaillances.

Temps de suivi [h]	Temps total de maintenance [h]	Nombre de défaillances	Temps de fonctionnement satisfaisant. [h]
28 080	6.5	5	$28\,080 - 6 = 28\,073.5$

La disponibilité moyenne observée s'obtient de la manière suivante :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{4\,679}{4\,679 + 1.3} = 0.9997$$

Cette valeur correspond à une caractéristique de disponibilité particulièrement élevée.

4.5 Notions de F.M.D :

Les expressions Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité sont bien connues dans les domaines aéronautiques, spatiaux, nucléaires et chimiques où elles ont été imposées et développées pour des raisons de sécurité des personnes et des biens. Bien spécifier le niveau de disponibilité, bien le contrôler, agir sur les facteurs permettant son optimisation sont des actions du ressort tout à la fois des concepteurs de la machine et des hommes de la maintenance. Des outils et des méthodes leur assurent une démarche rationnelle et structurée comme :

- Les moyens statistiques pour les modèles de calcul de la fiabilité.
- Les moyens techniques comme l'instrumentation et la mesure pour la collecte des données.
- Les outils méthodologiques comme l'Analyse de Modes de Défaillance, de leur Effets et de leur Criticité dite AMDEC ou FMECA

L'AMDEC sera faite par un groupe de travail fonctionnant sur le principe des cercles de qualité et comprenant les concepteurs, les personnes des services après-vente, des spécialistes de fiabilité et les personnes de maintenance de l'utilisateur. Chaque sous-système remplira sa mission propre et constitue une composante de la mission globale de l'ensemble. Et à partir de la fiabilité de chacun d'eux, on pourra obtenir la fiabilité de l'ensemble.

4.6 Coûts et analyse d'une politique F.M.D :

Les suppléments d'études sont traduits par l'investissement dans un système de recueil de données donc considérés comme charges supplémentaires liées au recueil et au traitement des données.

Avantages :

- Économie de mise au point de l'installation (à productivité égale) moins de modifications et meilleure identification de ces modifications.
- Atteinte plus rapide, mieux garantie, de l'objectif de production, avançant d'autant le début de la période d'amortissement.
- Atteindre une productivité supérieure à celle qui aurait été obtenue finalement sans études de fiabilité.
- Meilleure optimisation des stocks des pièces de rechange.
- Meilleure planification de la maintenance et réduction des pannes.
- Possession de données de base constituant de bons atouts pour la conception de l'installation suivante (nouvellement ou remplacement).

4.7 L'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) :

Définition : L'AMDEC est une méthode inductive permettant, pour chaque composant d'un système, de recenser son mode de défaillance et son effet sur le fonctionnement ou la sécurité du système.

Aspects quantitatifs :

L'analyse quantitative de l'AMDEC va permettre d'une part, d'approfondir la notion de criticité des défaillances, et d'autre part de mieux comprendre les processus de propagation des défaillances grâce à l'utilisation d'arbres de défaillance.

Notion de criticité

$$C = G \times F \times D$$

F: indice de fréquence,

G: indice de gravité,

D: indice de détection.

Equipement	Fonction	Modes de défaillances	Effets	Causes	F	D	G	C
Moteur M1	Mélange du produit Acide B4	Vibrations (3)	Mauvais mélange	Vis desserrée	1/3mois	Détection moyenne	Produit à rebuter	

- La **probabilité** d'apparition d'un mode de défaillance.
- La **gravité** ou sévérité (client) : importance de ses effets.
- La **détection** : le mode de détection est la manière par laquelle un utilisateur est susceptible de détecter la présence de la défaillance avant que l'effet de la défaillance ne puisse se produire. Ex : détection visuelle, température, odeur, bruits, ...

CRTICITE : est une évaluation quantitative du risque

$$\text{Criticité} = \text{Probabilité} \times \text{Gravité} \times \text{Détection}$$
$$C = P \times G \times D$$

Avantages de l'AMDEC :

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.

Les limites de la méthode AMDEC :

Bien que d'un usage généralisé, il serait inexact de prétendre que l'AMDEC est un outil universel. En fait l'AMDEC présente quelques limitations :

- elle est tributaire d'une bonne analyse fonctionnelle ;
- elle impose des travaux et une méthodologie demandant une préparation, une rigueur et parfois des moyens importants pour l'entreprise.
- même si sa vocation est le traitement préventif des défaillances, elle doit s'appuyer sur un savoir-faire existant dans l'entreprise et à partir duquel le groupe de travail peut extrapoler ses recherches.