

# **Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité**

## **(AMDEC)**

### **1. Généralités :**

L'analyse des modes de défaillance et de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances dont les conséquences affectent le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée.

En règle générale, toute défaillance ou tout mode de défaillance d'un composant altère le fonctionnement du système. L'étude de fiabilité, de la sécurité et de la disponibilité d'un système fait appel à deux types d'analyse complémentaires : l'analyse qualitative et l'analyse quantitative. L'analyse quantitative permet de calculer ou de prévoir les indices de performance du système pendant qu'il remplit une tâche spécifique ou lorsqu'il doit fonctionner sur une longue période dans des conditions particulières. Les indices classiques caractérisent la fiabilité, la sécurité, la disponibilité, les taux de défaillance, le temps moyen jusqu'à défaillance (MTTF), etc.

L'AMDEC commence au niveau – composant ou sous-ensemble – pour lequel on dispose d'informations de base sur les défaillances (modes de défaillances premières). Partant des caractéristiques fondamentales des défaillances des éléments et de la structure fonctionnelle du système, l'AMDEC permet de dégager la relation qui existe entre les défaillances des éléments et les défaillances, les dysfonctionnements, les contraintes opérationnelles et la dégradation du fonctionnement ou de l'intégrité du système. Pour pouvoir étudier les défaillances secondaires ou d'un niveau plus élevé de système ou de sous-système, il est parfois nécessaire d'examiner également la suite chronologique des événements.

### **2. Définition :**

L'AMDEC est une méthode qualitative et inductive (qui définit une règle ou une loi à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles contenues dans un avant-projet de produit ou de système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser (norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986.)

### **3. Principe de base**

L'AMDEC est une technique d'analyse exhaustive et rigoureuse de travail en groupe, très efficace par la mise en commun de l'expérience et de la compétence de chaque participant du groupe de travail. Cette méthode fait ressortir les actions correctives à mettre en place.

- Analyse exhaustive : On part des éléments pour déterminer les triplets Cause-Mode-Effet.
- Rigoureuse : On verra plus loin que les causes sont hiérarchisées et un graphe permet de ne pas oublier les moins évidentes. C'est une différence entre l'AMDEC et la méthode MBF.
- Travail en groupe : Il y aura mise en commun lors des réunions et capitalisation des résultats.
- Expérience et compétence : Différence entre groupe de travail AMDEC et cercle de qualité : ce ne sont pas des volontaires mais des connaisseurs qui font partie du groupe.
- Actions correctives : Le système a ou aura des défaillances, l'AMDEC mettra en place des actions correctives pour les corriger.

## **4. Déroulement de la méthode**

Pour réaliser une AMDEC, 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.

Pour cela, la méthode AMDEC est divisée en 5 étapes :

- Initialisation
- Analyse fonctionnelle
- Analyse des défaillances
- Cotation des défaillances
- Actions correctives menées

### **4.1. Etape 1 : Initialisation**

Lors de la première phase d'initialisation, il faudra d'abord valider le besoin : Pourquoi fait-on cette étude ?

#### **Délimitation de l'étude**

Puis il faudra délimiter cette étude : suivant que l'on soit en conception ou en opérationnel, deux opérations n'auront pas la même valeur.

C'est une description précise du produit, de la phase du projet et des possibilités de remise en cause par l'analyse.

## **Composition du 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. On a très souvent intérêt à faire cette analyse en groupe de travail.

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.

### **Acteurs de la méthode :**

- Le demandeur : C'est la personne ou le service qui prend l'initiative de déclencher l'étude. Il choisit l'étude.
- Le décideur : C'est la personne responsable dans l'entreprise, du sujet étudié, 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.  
Ces deux premières personnes n'ont généralement aucune compétence technique pointue.
- L'animateur : C'est le garant de la méthodologie, 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.
- Le groupe de travail : 2 à 5 personnes, responsables et compétentes, ayant la connaissance du système à étudier et pouvant apporter les informations nécessaires à l'analyse.

Selon l'étude ce sera :

- des hommes de maintenance
- des hommes du service qualité
- des hommes de la production
- le bureau d'étude
- des experts du domaine étudié.

Au total : 5 à 8 personnes

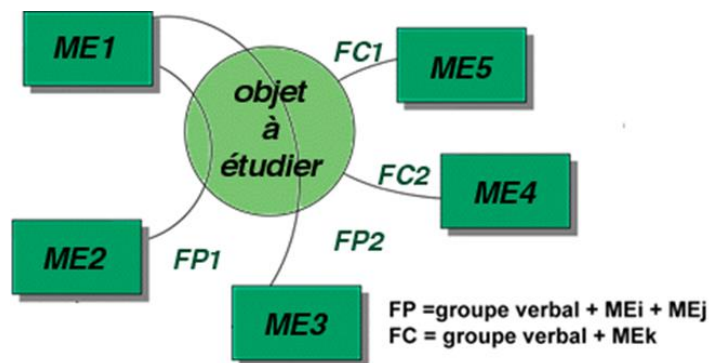
## **4.2. Etape 2 : Analyse fonctionnelle**

Pour analyser les défaillances d'un système, il est nécessaire auparavant de bien identifier à quoi doit servir ce système : c'est à dire de bien identifier toutes les fonctions que ce système doit remplir durant sa vie de fonctionnement et de stockage.

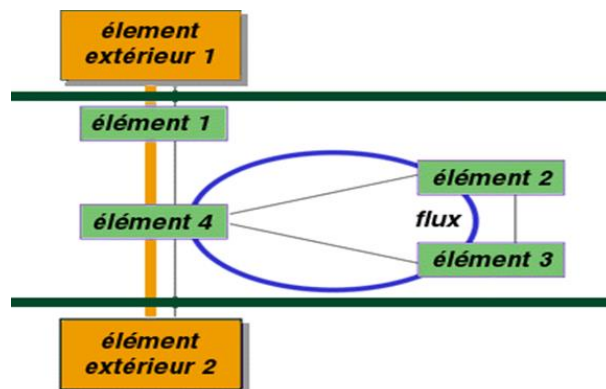
### 4.2.1. Analyse fonctionnelle externe

Principe de construction :

1. Objet à étudier
2. Milieux extérieurs en contact avec le sujet (contact physique, mécanique,...)
3. Identifier à quel(s) milieu(x) extérieur(s) le sujet rend service. Et Identifier sur quel(s) milieu(x) extérieur(s) le sujet agit.
  - a. Fonction principale :  $FP = \text{groupe verbal} + ME1 + ME2$
  - b. Fonction contrainte :  $FC = \text{groupe verbal} + ME4$
4. Identifier tous les critères de valeur associés à chaque FC et à chaque FP, le cahier des charges fonctionnel doit contenir les :
  - a. FP
  - b. FC
  - c. Critères de valeur



### 4.2.2 Analyse fonctionnelle interne



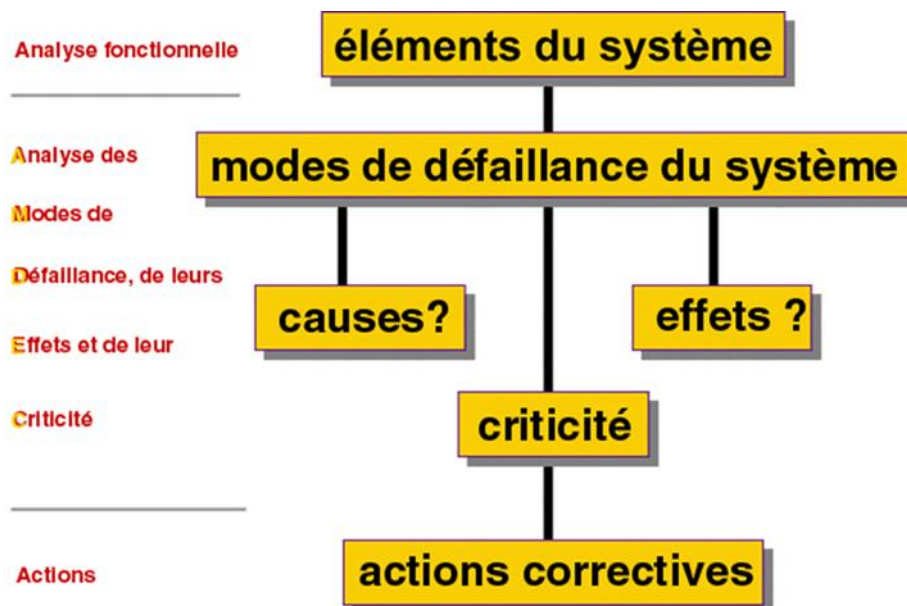
- On détaille les différents éléments qui vont être analysés dans l'AMDEC ainsi que leur participation dans la ou les fonctions principales.
- Pour cela, on définit les limites du système étudié (traits verts foncés), on schématise chaque composant ou sous-ensemble par un bloc.
- On représente les flux principaux (Transferts d'énergie au sein de l'équipement - trait orange) et les flux bouclés (Consommation d'énergie lors de l'assemblage de l'équipement - Cheminement d'une fonction de conception qui existe pour les besoins de la conception choisie - trait bleu).

### 4.3. Etape 3 : Analyse des défaillances

#### 4.3.1. La démarche AMDEC

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

- des modes de défaillance (par ex: perte de fonction, dégradation d'une fonction, pas de fonction, fonction intempestive)
- des effets, au niveau supérieur, pouvant être complétés par une recherche des causes (choix pouvant être guidé par la gravité des conséquences)
- de la criticité. Il s'agit d'une cotation et non d'une quantification des défaillances

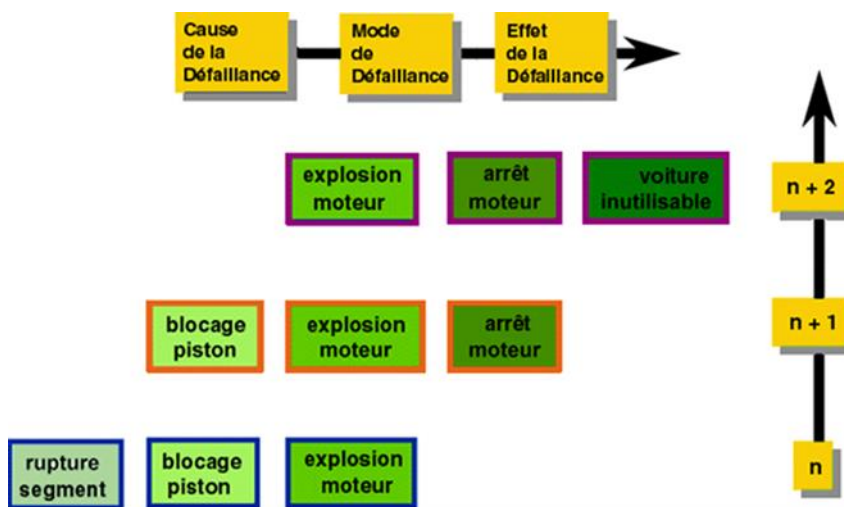


#### Vocabulaire

- Mode de défaillance : manière dont la défaillance apparaît
- Cause de défaillance : événement initiateur
- Effet de la défaillance : conséquence sur l'utilisateur
- Mode de détection : comment on met en évidence le mode de défaillance

### 4.3.2. Les niveaux d'analyse

- Il n'existe pas de niveau standard de décomposition du matériel, il est dès lors nécessaire de préciser le niveau de détail auquel on descend dans l'arborescence matérielle pour procéder à l'analyse
- Les notions de cause- mode- effet sont contrastées.
- Elles peuvent facilement être confondues. Pour éviter cela , il faut se donner un nombre maximal de niveaux et surtout ne prendre qu'un niveau unique de référence.
- Cause-Mode-Effet ne veulent rien dire si on ne définit pas un système.
- Dans l'exemple n sera le niveau de référence; en changeant de référence, on s'aperçoit que l'événement explosion du moteur passe d'effet à mode puis à cause de défaillance.

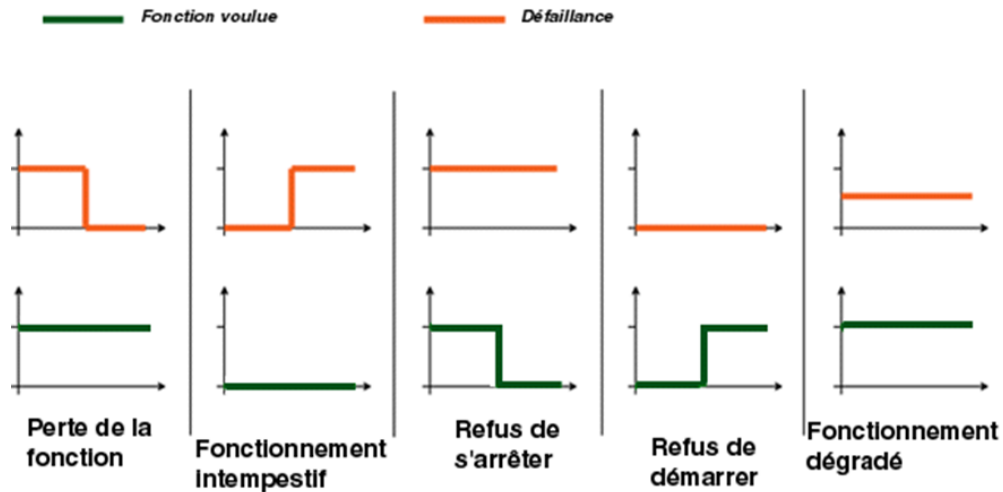


### 4.3.3. Mode de défaillance

Le mode de défaillance est :

- Relatif à une fonction
- Il s'exprime par la manière dont un système vient à ne plus remplir sa fonction.
- Il s'exprime en termes physiques :
  - ✓ Rupture
  - ✓ Desserrage
  - ✓ Coincement
  - ✓ Court circuit

Modes génériques de défaillance



Il existe 5 modes génériques de défaillance :

- perte de la fonction
- fonctionnement intempestif
- refus de s'arrêter
- refus de démarrer
- fonctionnement dégradé

#### 4.3.4. Cause de la défaillance

La cause de la défaillance :

- Est une anomalie initiale susceptible de conduire au mode de défaillance
- Elle s'exprime en terme d'écart par rapport à la norme
  - Sous dimensionnement
  - Absence de joint d'écrou
  - manque de lubrifiant
- Elle se répartit dans les domaines suivants (par exemple) :
  - Les hommes
  - Le milieu
  - La documentation
  - L'organisation
  - La technique

Le diagramme Cause-Effets, c'est l'image des causes identifiées d'un dysfonctionnement potentiel pouvant survenir sur un système.

### 4.3.5. Effet de la défaillance

L'effet de la défaillance :

Concrétise la conséquence, est relatif à un mode de défaillance et dépend du type d'AMDEC réalisé:

- mécontentement
- sécurité des opérateurs
- arrêt du flux de production

### 4.3.6. Fin Etape3 : La grille AMDEC

Sur un tableur, il faut définir les « lignes » (les composants) et les « colonnes » nécessaires (AMDEC) réparties en quatre grandes familles : analyse fonctionnelle, analyse de défaillance potentielle, estimation de la criticité et mesures à appliquer. Prenons un exemple standard de feuille AMDEC (tableau 1).

Analyse Fonctionnelle		Analyse de défaillance					Estimation de criticité			Mesures	
Composant		Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effet local	Effet système	Gravité	Occurrence	Non détection	Criticité (indice)	Mesures envisagées
Nom	Rep										
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tableau 1. Exemple de feuille AMDEC

## 4.4. Etape 4 : Cotation de la criticité

### 4.4.1. Notion de criticité

La criticité :

- est évaluée à partir de la fréquence de la défaillance et de sa gravité ;
- détermine le choix des actions correctives ;



- fixe la priorité entre les actions à entreprendre ;
- est un critère pour le suivi de la fiabilité prévisionnelle de l'équipement ;
- La cotation de la criticité permet une hiérarchisation des différentes défaillances.

#### 4.4.2. Cotation de la criticité

La criticité est exprimée par la relation suivante :

$$C = G \times O \times D$$

- **G** est l'indice de gravité. Il s'évalue à partir des effets (colonne 6) par une note estimée de 1 (mineur) à 5 (catastrophique). Suivant les systèmes, la gravité « relative » peut s'estimer sur plusieurs critères : sécurité des personnes, des biens, défauts de qualité, perte de disponibilité, pénalisation de la production, etc.
- **O (ou F)** est l'indice d'occurrence. Il s'évalue à partir des probabilités des causes (colonne 4) par une note estimée de 1 (improbable) à 5 (fréquent). Il est parfois possible de faire correspondre ces indices à des valeurs chiffrées. Par exemple, estimer O en fonction du taux de défaillance  $\lambda$  exprimé en panne/heure suivant le tableau 2.
- **D (ou N)** est l'indice de non-défectabilité. Il s'évalue à partir du mode de défaillance (colonne 3) par une note estimée allant de 1 (la dégradation « qui prévient ») à 4 (défaillance soudaine).

Valeur du taux de défaillance $\lambda$ En	$\lambda < 10^{-6}$	$10^{-6} < \lambda < 10^{-5}$	$10^{-5} < \lambda < 10^{-4}$	$10^{-4} < \lambda < 10^{-3}$	$\lambda > 10^{-3}$
Estimation de l'indice d'occurrence	1	2	3	4	5
Appréciation qualitative	Improbable	Très rare	Assez rare	Peu fréquent	Fréquent

Tableau 2. Indices d'occurrence

Dans notre cas, C sera compris entre  $1 \times 1 \times 1 = 1$  et  $5 \times 5 \times 4 = 100$ . L'indice de criticité permet d'établir l'ordre de priorité des actions correctives à entreprendre.

Il tombe sous le sens que pour des défaillances apparaissant critiques ( $C > 75$ ) une remise en cause de la conception est nécessaire. A l'opposé, il est possible de négliger certaines défaillances

envisagées, mais qui ne sont ni probables ni graves ( $C < 20$ ). Entre les deux, des mesures correctives doivent être proposées.

#### **4.5. Etape 5 : Actions correctives menées**

Elle est souvent décomposée suivant les rubriques possibles :

- modifications de conception,
- moyens de détection ou consignes de surveillance ou inspections périodiques,
- dispositif de remplacement, reconfiguration, repli,
- observations, recommandations.

Il appartient au groupe de travail de tirer le maximum de préconisations du travail long et fastidieux, mais riche d'enseignements qu'est une AMDEC - moyens de production.