II-1. Introduction :

Une analyse prévisionnelle de sûreté de fonctionnement est un processus d'étude d'un système réel de façon à produire un modèle abstrait du système relatif à une caractéristique de sûreté de fonctionnement (fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité). Les éléments de ce modèle seront des événements susceptibles de se produire dans le système et son environnement. Plusieurs méthodes d'analyse ont été mises au point.

II-2. Méthodes qualitatives :

Toutes ces méthodes qualitatives sont basées sur la nomenclature des dangers et risques, de leurs origines et causes. Elles utilisent des tableaux standards permettant de classer les données et les évènements.

II-2-1. Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) :

Cette méthode permet l'étude systématique des causes et des effets de défaillances (mode de défaillance et effets), qui affectent les composants d'un système. Elle comprend quatre étapes et se caractérise par une présentation sous forme de tableaux.

1- *Définition du système, de ses fonctions et de ses composants*
2- *Établissement des modes de défaillance des composants et de leurs causes*
3- *Etude des effets des modes de défaillances*
4- *Conclusions, recommandations*

II-3. Méthodes mixtes et quantitatives

On distingue trois types d'approches suivant l'aspect du support diagramme utilisé (arbre de causes ou de défaillances)

1- Approche structurelle (MDF, MTV, MDS)
2- Approche arborescente (MAC, MAD)
3- Approche par graphe des Etats (MEE)

II-3.1. Méthode du Diagramme de Fiabilité ou de Succès (MDF/MDS)

Cette méthode consiste à construire un diagramme composé de blocs (composants, sous systèmes,…) reliés par des lignes orientées indiquant les dépendances des entités entre elles. La figure suivante montre un diagramme de fiabilité.

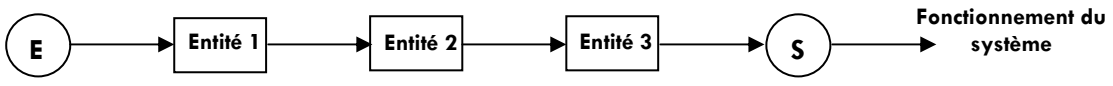


Fig. II.1 Diagramme de Fiabilité

On suppose qu'un signal est émis en E et est transmis par les lignes jusqu'à la sortie S.

II-3.1.1. Définitions :

1- **Système série :** Un système est dit en série si son fonctionnement est soumis au fonctionnement simultané de tous ses composants. Si un seul composant est en panne, alors tout le système est en panne.
2- **Système parallèle :** Un système est dit en parallèle si son fonctionnement est assuré si au moins un des composants est en bon état. Le système est en panne si et seulement si tous les composants sont en panne.
3- **Redondance :** Existence, dans une entité de plus d'un moyen pour accomplir une fonction requise
a- **Redondance active :** Redondance selon laquelle tous les moyens d'accomplir une fonction requise sont mis en œuvre simultanément
b- **Redondance passive :** Redondance où les différents moyens d'accomplir une fonction donnée ne sont pas mis en œuvre avant que ce ne soit nécessaire

II-3.1.2. Association série et parallèle

1- Série

Soit S un système formé de n composants C_k de loi de fiabilité $R_k(t)$. Le système cesse de fonctionner si un des composants tombe en panne. On a donc :

$$R(t) = \prod_{k=1}^{n} R_k(t) \tag{II.1}$$

2- Parallèle

Soit S un système formé de n composants C_k de loi de fiabilité $R_k(t)$. Le système cesse de fonctionner si tous les composants tombent en panne. On a donc :

$$R(t) = 1 - \prod_{k=1}^{n} (1 - R_k(t)) \tag{II.2}$$

3- Système série-parallèle et parallèle-série

a- Série-parallèle

La fiabilité d'un système série-parallèle (P branches en séries, de longueur Nj , mises en parallèle) est donnée par :

$$R = 1 - \prod_{i=1}^{P} \left(1 - \prod_{j=1}^{N_i} r_{ij} \right) \tag{II.3}$$

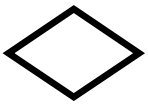
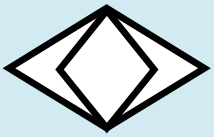
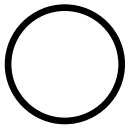
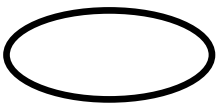
b- Parallèle-série

La fiabilité d'un système parallèle-série (N étages, de hauteur Pj , parallèles mise en série) est donnée par :

$$R = \prod_{j=1}^{N} \left(1 - \prod_{i=1}^{P_j} (1 - r_{ij}) \right) \qquad \text{(II.4)}$$

II-3.2. Méthode de l'arbre des causes ou de défaillance (MAC/MAD)

Cette méthode consiste donc à considérer une défaillance donnée du système et à construire d'une manière arborescente (descendante) l'ensemble des combinaisons de défaillances des composants mis en jeu (comportement binaire des événements élémentaires). L'événement indésirable ou non souhaité est au sommet de l'arbre. Une branche se termine toujours par un événement de base. Le tableau suivant représente les symboles les plus utilisés pour construire un arbre de défaillance.

Symbole des événements	Signification	Explication
	Rectangle	*Evénement résultant de la combinaison d'autres événements par l'intermédiaire d'une porte logique*
	losange	*Evénement qui ne peut être considéré comme élémentaire mais dont les causes ne seront pas développées*
	Double losange	*Evénement dont les causes ne sont pas encore développées mais le seront ultérieurement*
	Cercle	*Evénement élémentaire qui ne nécessite pas d'être développé*
	Maison	*Evénement de base qui se produit normalement pendant le fonctionnement du système*
	ovale	*Evénement conditionnel, utilisé avec certaines portes logiques telles que OU.*

	*Triangle*	*La partie de l'arbre qui suit le premier symbole se retrouve identique, sans être répétée, à l'endroit indiqué par le second symbole*
	*Triangle inversé*	*La partie de l'arbre qui suit le premier symbole se retrouve semblable mais non identique à l'endroit indiqué par le second symbole.*
	*Porte OU*	*Porte indiquant que l'existence d'une des causes à son entrée suffit pour avoir la conséquence en sortie.*
	*Porte ET*	*Porte indiquant que l'existence de toutes les causes à son entrée est nécessaire à l'obtention de la conséquence en sortie.*

Tableau II.1 Symboles utilisés pour construire un arbre de défaillance.

II-3.3. Méthodes de l'Arbre de Conséquences ou Arbres d'Evènements (MACQ ou MAE)

Cette méthode est dérivée de la méthode des arbres de décision (analyse de décision) et est principalement utilisée dans l'industrie nucléaire. Une séquence d'événements est constituée d'un événement initiateur et d'une combinaison de défaillances et fonctionnements des systèmes de sûreté. La Figure suivante représente un arbre d'événements que l'on parcourt de gauche à droite et en retenant la branche supérieure si le système est dans un état opérationnel quand il est sollicité.

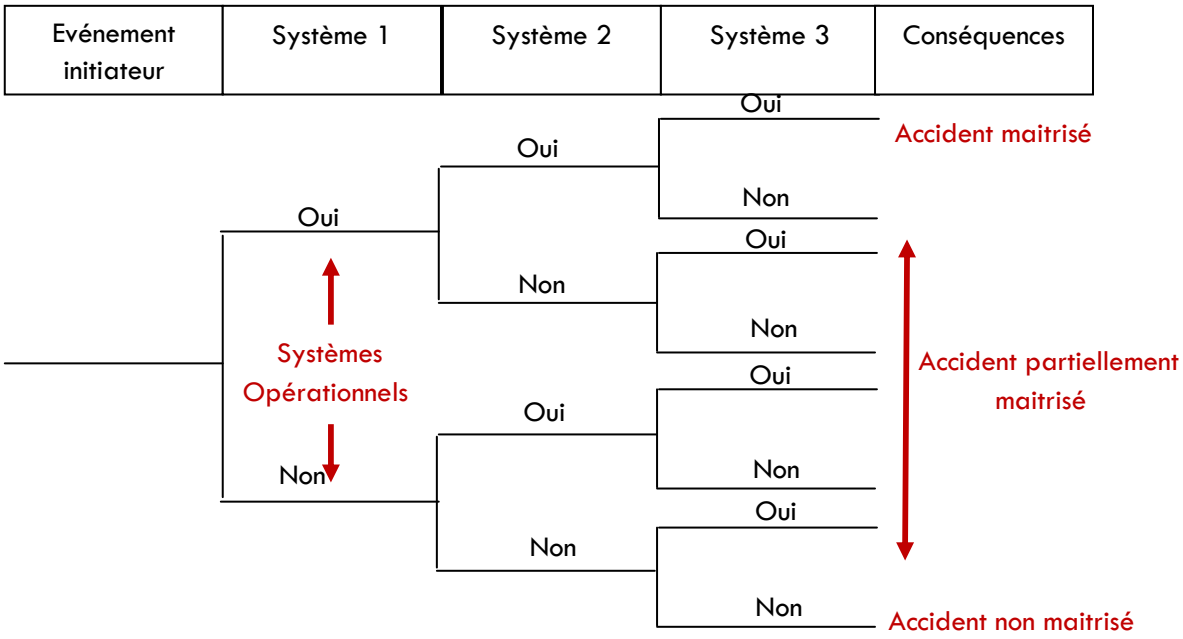


Fig. II.2 Arbre d'événement