

### III.1 Introduction:

Le but de base de chaque production d'énergie électrique est de répondre à l'exigence de demande d'énergie pour le consommateur au plus bas coût possible, tout en maintenant les niveaux acceptables de la qualité et la continuité d'alimentation.

La capacité d'un réseau d'énergie électrique de fournir une alimentation raisonnable en énergie électrique est habituellement indiquée par le terme fiabilité des systèmes électriques [14].

Cette fiabilité peut être définie, d'une façon générale, comme, probabilité d'un dispositif exécutant une fonction prévue au cours de la période prévue dans les conditions de fonctionnement. Le concept de la fiabilité d'un système (réseau) électrique est extrêmement large et couvre tous les aspects de la capacité du système de répondre aux exigences des clients. L'évaluation de la fiabilité d'un système électrique, que ce soit déterministe ou probabiliste, peut être divisée en deux aspects de base (voir figure III.1.):

- ✓ Aspect d'Adéquation ou de concordance,
- ✓ Aspect de Sécurité,



**Figure III.1** division de fiabilité de système

L'aspect d'adéquation est relié à l'existence des équipements de puissance suffisants dans le système pour satisfaire à la demande des charges du consommateur. L'adéquation des systèmes inclut donc les équipements nécessaires pour produire de l'énergie suffisante ainsi que les équipements associés au transport et à la distribution de l'énergie aux points de charge du consommateur [14].

L'aspect de la sécurité est relié à la capacité du système de répondre aux perturbations surgissant dans ce système. La sécurité est donc associée à la réponse du système aux perturbations.

La plupart des techniques probabilistiques actuellement disponibles pour l'évaluation de la fiabilité du système d'énergie appartiennent au domaine de l'adéquation. La technique présentée dans ce thème est également dans ce domaine.

### III.2 Définitions des indices de performance:

Dans l'évaluation de la fiabilité des systèmes de distribution, la mesure de l'efficacité du service s'avère un problème de base [15].

La solution est de condenser les effets des interruptions de service dans des indices de performance qui seront employés pour prendre des décisions dans le fonctionnement des systèmes. C'est indices sont généralement des valeurs moyennes annuelles de fréquence ou de durée d'interruption.

**SAIDI**: (System Average Interruption Duration Index) est la durée moyenne d'interruption par client servi. Il est déterminé en divisant la somme de toutes les durées d'interruption de client pendant une année par le nombre de clients servies.

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{somme de durée d'interruption}}{\text{nombre de clients servis}} \quad (\text{III.1})$$

**CAIDI**: Customer Average Interruption Duration Index est la durée moyenne d'interruption pour ces clients interrompus pendant une année. Il est déterminé en divisant la somme de toutes les durées d'interruption de client par le nombre de clients éprouvant une ou plusieurs interruptions pendant une période d'une année.

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{somme de durée d'interruption}}{\text{nombre de clients interruptions}} \quad (\text{III.2})$$

Ces deux indices de performance expriment des statistiques d'interruption en termes de clients du système. Un client ici peut être un particulier, ferme, organisation. Si le service est fourni à un client à plus d'un endroit, chaque endroit sera compté en tant que client séparé.

### III.3 Comparaison des différentes conceptions des systèmes :

L'intérêt primordial pour n'importe quelle étude de fiabilité c'est d'assurer une bonne qualité de service aux clients qui est définis comme une combinaison de la disponibilité de l'alimentation en énergie électrique et la qualité de cette énergie disponible aux clients.

Dans ce qui suit, nous allons discuter la fiabilité d'alimentation en énergie électrique pour deux configurations [14] :

#### III.3.1 Réseau de distribution radial simple:

Le réseau radial est la forme la plus simple, les lignes se développent en antenne en partant de la centrale ou de la station de transformation. A chaque accès (nœud) du réseau peuvent être reliés des consommateurs.

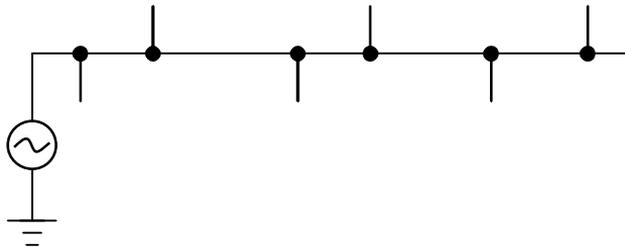
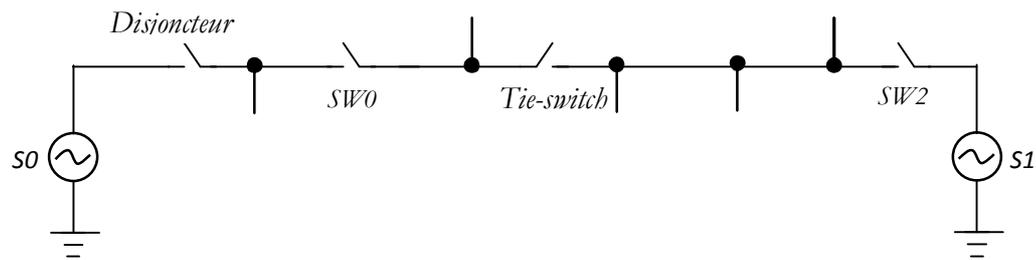


Figure III.2 Réseau radial simple.

Les dépenses pour la protection de ce type de réseau sont minimales, grâce à sa structure simple. La sécurité par contre est rudimentaire, puisque une avarie sur une ligne et l'ouverture du disjoncteur concerné entraîne une interruption de service pour tous les usagers en aval. La tenue de la tension peut également devenir difficile au bout d'une longue antenne.

#### III.3.2 Réseau de distribution radial avec double sources :

Dans ce type de réseau, pour plus de fiabilité en alimentation d'énergie, une deuxième source d'alimentation est placée à l'autre bout de la ligne. Sur la figure III.3 est représenté cet arrangement du système d'alimentation. Une partie de la charge est reliée à l'une des deux sources (par exemple la source S0) et l'autre partie de la charge est reliée à l'autre source d'énergie (S1).



**Figure III.3** système avec double alimentation

Le réseau radial (branche principale) est divisé en deux parties par un disjoncteur d'interconnexion appelé « tie switch ». La première partie est alimentée par S0, et l'autre partie est alimentée par S1, sachant que le disjoncteur d'interconnexion est ouvert en fonctionnement normal.

L'appareillage électrique est conçu pour s'adapter à 100% de sa charge. Par exemple, quand un échec se produit dans la source S0, après que le défaut ne soit isolé par le disjoncteur de la source, le disjoncteur d'interconnexion sera fermé pour permettre l'alimentation de l'ensemble du réseau à partir d'une seule source (S1) jusqu'à ce que l'avarie soit rétablie. La plupart des clients peuvent être alimentés immédiatement et ne doivent pas attendre jusqu'à ce que la source S0 soit rétablie.

### III.4 Les opérations de commutation :

Il est important de noter que les opérations de commutation, aussi, mènent à une exploitation plus fiable et plus rentable ; il est à préciser que le temps d'opération du commutateur doit être moindre que le temps de réparation ; ainsi les charges qui ont été coupées de la source, peuvent être réalimentées plus rapidement par des opérations appropriées de commutation.

Il y a deux genres d'opérations de commutation [14,17].

v On isole le point d'échec ou de défaut de sorte que le point de charge, qui a perdu l'alimentation puisse être réalimenté par la source originale. Autrement dit on isole le point de défaut et après réparation du défaut, on réalimente le point de charge à partir de cette même source. Par exemple, dans la figure III.4, si un défaut se produit dans le composant 5, le commutateur SW4 sera ouvert pour isoler le composant 5 du reste du système. La source originale S0 peut encore assurer l'alimentation à tous les clients, excepté ceux en aval du commutateur SW4.

On isole le point d'échec de sorte que le point de charge, qui a perdu l'alimentation puisse être réalimenté à partir d'une autre source ; si cette source est disponible. Donc il s'agit d'isoler le point en défaut qui cause l'interruption de la source originale et utiliser une autre source d'alimentation. Par exemple, si le composant 2 dans la figure III.4, avait un défaut permanent, SB1 et SW14 peuvent isoler le défaut. Au cas où il n'y a aucune source supplémentaire, tous segments en aval de la zone en défaut, peuvent être alimentés seulement après que le défaut soit réparé. Par contre la présence de la source supplémentaire S1 (supposant que S1 peut assurer l'alimentation), en aval de SW14 peut être utilisée par fermeture du disjoncteur normalement ouvert SW25. Le temps de rétablissement pour la présente partie est plus court avec les opérations de commutation comparé avec l'opération de réparation.

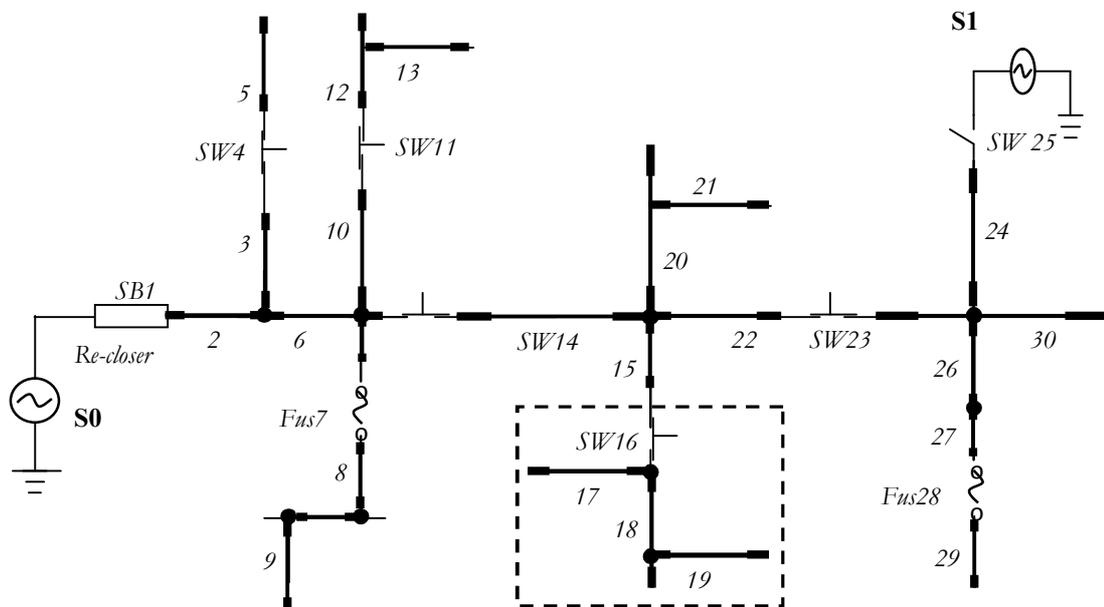


Figure III.4.Circuit d'exemple

### **III.5 Les composants d'analyse de la fiabilité:**

Du point de vue fiabilité, un réseau électrique de distribution, est supposé diviser en deux configurations superposés [15,16,17].

La première configuration est celle qui se compose de lignes, de transformateurs, ainsi que des composants qui sont directement responsables du transport de la puissance à partir de la source ou des sous-stations de distribution vers les consommateurs (clients).

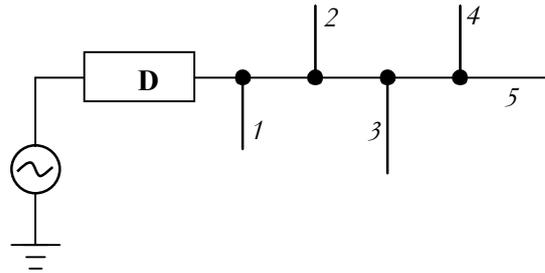
La seconde configuration est celle qui se compose de fusibles, de sectionneurs, de disjoncteurs, d'interrupteurs, etc. Ce sont les composants qui représentent le système de protection. Ce dernier est conçu d'une part, pour la détection des anomalies d'un système électrique ; et d'autre part pour isoler du reste du réseau les parties du système qui sont responsables de ces anomalies.

L'endroit des composants de protection ou d'isolement dans le système de distribution et leur réponse aux échecs peut avoir un impact important sur les indices de fiabilité. Le système de distribution est découpé dans des segments par les composants de protection et d'isolement. Dans la suite de notre travail, le système électrique n'est pas modélisé en termes de composants mais en termes de segments [16,17].

### **III.6 Notion de segments:**

Un segment est un groupe de composants, dont le composant d'entrée est un commutateur ou un dispositif de protection. Ce dispositif de coupure (des fusibles, des sectionneurs, des disjoncteurs ... etc.) isole des groupes de composants dans les sections indivisibles. Chaque segment a seulement un commutateur ou un dispositif de protection.

Dans la figure III.5, la seule protection sur le segment est le disjoncteur « D » de la source. L'échec d'un des composants dans le segment peut causer une interruption au point de la charge1. Ceci est pareil pour les autres points de charge (2, 3, 4, et 5). Aucune restauration provisoire n'est possible. Pour cette configuration, la fiabilité de toutes les charges (1,2, 3, 4, et 5) est identique.



**Figure.III.5-Simple Segment**

Le nom d'un segment est identique à celui de son dispositif de protection (fusibles, sectionneurs, disjoncteurs etc.), dans notre cas et sur la figure III.5, il y a seulement un segment, donc c'est le segment D (disjoncteurs D), par ailleurs, les composants 1, 2, 3, 4, et 5 appartiennent donc tous au segment D.

La modélisation de notre système d'alimentation en termes de segments accélère les calculs des indices de fiabilité. L'algorithme programmé répondra plus rapidement puisque seulement les dispositifs de protection sont traités, sans les composants intermédiaires.

### III.7 Ensembles d'analyse de la fiabilité :

Dans l'analyse de la fiabilité, l'échec de l'un des éléments qui peuvent causer une perte de service en un point de charge particulier doit être considéré [14,17]. (Ce point de charge sera représenté en termes de segment, qui est le segment d'intérêt S). L'échec de l'un des composants du système, qui sont placés le long du feeder entre la source et le segment d'intérêt, peut causer une interruption au point de charge.

L'échec de l'un des composants qui ne sont pas placés le long du feeder (chemin d'alimentation) peut également causer une interruption au point de charge, à moins que le composant soit séparé du chemin par un dispositif de protection qui répond automatiquement à l'échec du composant.

L'ensemble « L », représenté sur la figure III.6, contient tous les segments dans un circuit dont l'échec de l'un d'eux peut causer la perte de puissance au segment d'intérêt S. l'ensemble « L » inclut tous les segments qui ne sont pas séparés du chemin continu entre la source (sous-station, générateur, etc.) et le segment d'intérêt S par un dispositif automatique de protection.

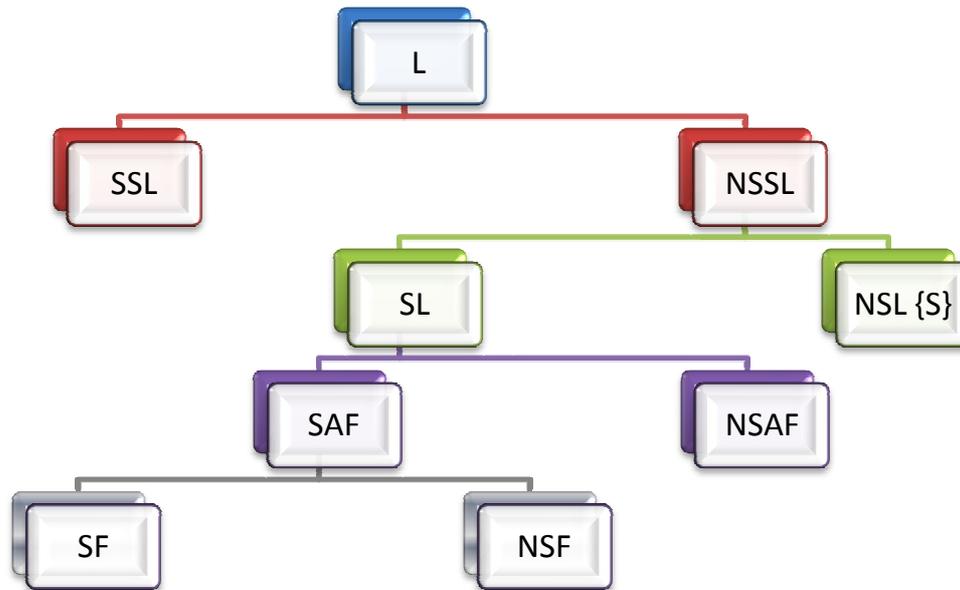


Figure III.6 Analyse de la fiabilité

Maintenant l'ensemble « L » est divisé en deux sous ensembles « SSL » et « NSSL » :

- ❖ SSL est un ensemble qui contient les segments qui peuvent être isolés du chemin continu entre S et la source originale.
- ❖ NSSL est l'ensemble qui contient les segments qui ne peuvent pas être isolés du chemin continu entre S et la source originale (segments qui n'ont pas d'influence sur le chemin d'alimentation de l'ensemble S).

L'ensemble « SSL » contient tous les segments qui peuvent être séparés du chemin continu par les commutateurs manuels. Si n'importe quel élément de cet ensemble est défaillant, le segment d'intérêt S peut être temporairement alimenté de la source originale avant que le composant défaillant soit réparé ou remplacé.

L'ensemble « NSSL » peut être partagé en deux sous ensembles « SL » et « NSL » :

- ❖ SL comprend les segments qui peuvent être isolés du segment d'intérêt S, ainsi si un échec se produit au niveau de l'ensemble « SL », l'ensemble « S » peut être alimenté par une autre source.
- ❖ NSL est un ensemble qui ne comprend qu'un seul segment qui n'a pas d'influence sur l'alimentation du segment d'intérêt « S », parce que l'ouverture ou la fermeture de ce segment reste toujours en amont, donc n'as aucune influence sur le chemin d'alimentation du segment S.

L'ensemble SL lui aussi peut être divisé en deux sous ensembles SAF et NSAF:

- ❖ SAF, L'ensemble des segments qui étant en panne, ne prive en aucun cas l'alimentation temporaire de la source de secours.
- ❖ NSAF, L'ensemble des segments qui étant en panne, prive d'alimentation temporaire le segment S à partir de la source de secours.

L'ensemble SAF peut être divisé en deux sous ensembles SF et NSF:

- ❖ SF est l'ensemble qui se compose des segments qui peuvent isoler le segment S de la source, mais permettent par ailleurs l'alimentation du segment S à partir de la source de secours.
- ❖ NSF est l'ensemble qui se compose des segments qui peuvent isoler le segment S de la source, et ne permettent pas l'alimentation du segment S à partir de la source de secours en raison de violation des contraintes de système.

Donc :

$$L = SSL \cup NSSL \quad (III.3)$$

$$L = SL \cup \{S\} \quad (III.4)$$

$$SL = SAF \cup NSAF \quad (III.5)$$

$$SAF = SF \cup NSF \quad (III.6)$$

Équations (III.3)-(III.6) rendement.

$$L = SSL \cup SF \cup \{S\} \cup NSAF \cup NSF. \quad (III.7)$$

### III.8 Indices de fiabilité:

Cette analyse se fonde sur deux classes générales d'information pour estimer la fiabilité ; les paramètres de fiabilité et la structure (composants) du système [15]. En utilisant la structure du système et les données de performance des composants, la fiabilité des points de charge spécifiques ou le système entier de distribution peut être évaluée. L'information de la structure est obtenue par les traces de circuit présentées précédemment. Dans les paragraphes suivants les données de performance sont discutées.

Les techniques prédictives de fiabilité souffrent des difficultés pour collecter les données.

### III.8.1 LES paramètres de fonctionnement:

Chaque élément est caractérisé par les paramètres de fonctionnement suivant [14,15]:

- ❖ Taux d'échec annuel = la fréquence moyenne annuelle de l'échec,
- ❖ Temps de panne annuel = la durée annuelle de panne sentie à un point de charge.

Le taux d'échec pour le segment  $i$ ,  $FR_i$  (failure rate), et la somme des taux d'échec de tous composants contenu dans le segment  $i$  comme donné ci après.

$$FR_i = \sum_{j=1}^n FR_j \quad (III.8)$$

Où :  $FR_j$  = le taux d'échec pour le composant  $j$ ,

$n$  = le nombre de composants dans le segment  $i$ .

Le temps de réparation moyen pour un segment  $i$ ,  $REP_i$ , qui peut être calculé par :

$$REP_i = \sum_{j=1}^n (FR_j \times REP_j) \quad (III.9)$$

$FR_j$  = le taux d'échec pour le composant  $j$ ,

$REP_j$  = le temps de réparation moyen pour le composant  $j$ , et

$n$  = le nombre de composants dans le segment  $i$ .

Ces indices sont calculés pour chaque segment dans le système électrique. On suppose dans notre algorithme que tous les charges dans un segment ont le même taux d'échec et seront affectées par le même temps de panne.

Dans le programme d'analyse de fiabilité, les taux d'échec et les temps de réparation des données de champ sont choisis. Quand ces données ne sont pas disponibles, des valeurs par défaut sont recherchées dans une base de données relationnelle, qui a des taux d'échec et des temps de réparation moyens génériques pour chaque type de dispositif.

### III.8.2 Calcul des indices de fiabilité :

Après que les ensembles de fiabilité sont déterminés pour le segment d'intérêts  $S$ , les indices de fiabilité peuvent être calculés pour s'en assuré qu'il n'y a qu'un seul défaut dans le système. Le temps d'indisponibilité sera pour le segment  $S$  :

$$DT_S = \sum_{\substack{i \in NSL \\ NSAF \\ NSF}} (FR_i * REP_i) + \sum_{\substack{i \in SSL \\ SF}} (FR_i * SOT)_i \quad (III.10)$$

Ou : sot : Switch opération time (temps d'opération de commutation)

### III.9 Conclusion :

Dans cette partie de notre mémoire, nous avons donné la définition de la fiabilité, en expliquant les différentes parties de notre algorithme de calcul, afin de l'introduire dans notre application en mettant l'accent sur la fiabilité sachant que cette dernière est la partie qui demande le plus de données détaillées et ceci dans le but de valider notre générateur de données.

Par ailleurs nous avons donné les définitions des différentes matrices qui peuvent analyser et calculer la fiabilité et ses différents indices.