الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Universite Yahia Fares De Medea
FACULTE ET DE LA TECHNOLOGIE
Département du Génie Électrique

MÉMOIRE DE PROJET FIN D'ÉTUDE EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MASTER
Présenté pour l'obtention du Diplôme
De Master en Génie Électrique

Spécialité : Réseaux électriques

Thème

Classification et localisation des défauts dans les lignes de transport d'énergie électrique

Proposé et dirigé par :

Dr. GACEMI A

Préparé et présenté par :

BENAISSA Nadia

AIDOUD Fethia

Année Universitaire 2016-2017

Remerciement

Tout d’abord, nous remercions Allah, le tout puissant, le miséricordieux, de m’avoir appris ce que J’ignorais, de m’avoir donné la santé et tout dont je nécessitais pour L’accomplissement de cette thèse.

Nous adressons de chaleureux remerciements à notre encadreur M. GACEMI Abderrezak, Docteur à l’université Yahia Farés de Médéa pour son encadrement, ses directives et sa disponibilité. Aussi, je le remercie pour ses encouragements, son indulgence, et sa sympathie tout au long des années de travail, . Nous remercions les membres du jury pour la pertinence de leurs remarques avisées, qui vont permettre l’amélioration de la qualité du manuscrit et l’essor vers de nouvelles perspectives.

Nous remercions également tous les enseignants de département d’électrotechnique de l’université Yahia Fares de Médéa qui ont participé à notre formation pendant tout le cycle universitaire.

Enfin, nous ne pouvons oublier de remercier nos familles pour leur soutien au cours de ces Cinq années et sans lesquelles nous n'en serais pas là aujourd'hui.

Dédicaces

Grâce au dieu le tout puissant, qui m'a donné la volonté et qui m'a éclairé vers le bon chemin.

Je dédie ce travail :

À mes chers parents qui ont tout sacrifié pour moi. Grace à eux que je suis là.

À mes sœurs :sakhria, mahdia, hanane, siham, khadidja et hibat allah.

À mon frère : Mohammed

À mon mari : Nadji.

À mes chères(e) amis(e) : Nadia, Selma, Samia, torkia, marwa,Halima, khawla, fatima

À mes enseignants(e).

AIDOUD Fethia

Dédicaces

Grâce au dieu le tout puissant, qui m'a donné la volonté et qui m'a éclairé vers le bon chemin.

Je dédie ce travail :

À mon grand père et ma grande mère

À mon père et ma mère

À mes frères

À mes Cousins

À mes tantes et oncles

À mes amis et collègues

À mes enseignants

BENAISSA Nadia

Liste de figure

Figure 1: Disposition de base des lignes de transport d'énergie électrique…..….(1)

Figure I-1 Différentes types de défauts..……(6)

Figure I-2 Allure d'un défaut réamorçant…….….(7)

Figure I-3 : Cycle de ré-enclenchements d'un disjoncteur de départ..……(10)

Figure I.4: défaut monophasé. …….(11)

Figure 1.5: circulation des courants pour un défaut monophasé.…….(13)

Figure II.1 : constitution d'un IPD…….(27)

Figure II.2: IPD non directionnel ……..(29)

Figure II.3: IPD directionnel …….(29)

Figure II.4: signalisation des IPD non directionnel s lors d'un défaut polyphasé……...(29)

Figure II.5: signalisation des IPD directionnels lors d'un défaut monophasé-terre……..(30)

Figure II.6: modélisation du défaut phase-terre……..(33)

Figure II.7: modélisation d'un seul tronçon de la ligne de réseau de distribution avant le défaut……(37)

Figure II.8: modélisation d'un seul tronçon de ligne de réseau de distribution après le défaut…….(38)

Figure II.9: modélisation de défaut pour les trois phases…….(39)

Figure III.1: La détection des défauts dans lignes de transport d'énergie électrique……..(42)

Figure III.2: Le schéma unifilaire du réseau étudié…….(43)

Figure III.3 : Réseau de simulation avec défaut sur la ligne……...…….(44)

Figure III.4: Signale des tensions et des courants sans défaut……(45)

Figures III.5: schéma représente défaut phase-terre……...……(46)

Figure III.6 **:** Signale des tensions et des courants de défaut monophasé à la terre..(46)

Figures III.7 : schéma représente défaut biphasé-terre…….(47)

Figure III.8 : Signale des tensions et des courants de défaut biphasé à la terre…..(47)

Figures III.9 : schéma représente défaut triphasés-terre…….....(48)

Figure III.10 : Signale des tensions et des courants de défaut triphasé à la terre..…(48)

Sommaire

Introduction général ……1

1-1 Importance de la localisation des défauts……3

Chapitre I : Généralité sur les défauts dans les lignes de transport d'énergie électrique

I.1 Introduction……..5

I.2.Types et caractéristiques des défauts. ……6

I.2.1) Types des défauts ……..……6

I.1.2) Caractéristiques des défauts……...……7

I.1.2.a) Caractéristiques des défauts monophasés……7

I.2.3) Caractéristiques des défauts polyphasés ……...……8

I.3. Cycles d'élimination et nature des défauts ……..……8

I.3.1.) Les automatismes d'élimination des défauts ……9

I.3.1.a) Disjoncteur shunt ……9

I.3.1.b) Cycle rapide……..9

I.3.1.c) Cycle lent……..9

I.3.1.d) Déclenchement définitif……10

I.3.2) Nature des défauts……10

I.4) Etude théorique d'un défaut monophasé…….……10

I. 5) Les effets des défauts……..…….……14

I.5.1) Le bon fonctionnement des réseaux…….….15

I. 5.2) La tenue diélectrique des matériels……..….15

I.5.3) La qualité de la tension…….…15

I.5.4) Les circuits de télécommunication……..…..16

I.5.5) La sécurité des personnes…….…….16

I.6) Classification des défauts dans les lignes de transport……...…..16

I.6.1) Décomposition en composante symétrique……16

I.6.2) Les différentes méthodes de classification des défauts……...….19

I.6.2.1) Méthode1 : Utilisation des composantes symétrique……..……19

I.6.2.1.a) Les defaults monophasés……..……20

I.1.6.2.1.b) Défauts biphasés sans terre……...…21

I.1.6.2.1.c) Défauts biphasés avec terre……...……21

I.6.2.1.d) Défaut triphasé……...…..21

I.6.2.2.a) Les défauts monophasés……...……21

I.6.2.2.b) Les défauts biphasés sans terre……..……...21

I.6.2.2.c) Les défauts biphasés à la terre…….…..…21

I.6.2.2.c) Défaut triphasé …….……21

I.6.2.2) Méthode 2: Utilisation de la composante fondamentale des signaux….22

I.6.2.2.a) Les défauts monophasés……..22

I.6.2.2.b) Les défauts biphasés sans terre……22

I.6.2.2.c) Les défauts biphasés à la terre…….22

I.6.2.2.d) Défaut triphasé…….23

I.7) conclusion……..23

Chapitre II : Détection et localisation des défauts

II.1) Introduction …..……...24

II.2) généralité sur les différentes techniques de détection des défauts …….....24

II.3) Méthodes de détection des défauts ……..…...…25

II.3.1) Courant de phase …….…....….25

II.3.2) Tension neutre terre …….……26

II.3.3) Tension résiduelle et courant résiduel …….26

II.4) Méthodes de localisation des défauts …….26

II.4.1) La méthode pratique…….26

II.4.1.1) Reconfiguration du réseau…….……..26

II.4.2) Les méthodes théoriques…..……..……...31

II.4.2.1) calcul de la distance ……..…….……31

II.4.2.1.a) Les méthodes déterministes …..……..……..….31

II.4.2.1.b) Les méthodes heuristiques…….……..……32

II.4.2.2) Méthodes de localisation……..…...…..32

II.4.1.2) La méthode itérative classique …….……32

II.4.1.3) Méthode basée sur la chute de tension ……..…...……37

II.5) Conclusion…….…….....……41

Chapitre III : Simulation de défaut dans les lignes électriques

III.1)- Introduction …….……..…..….42

III.2) Méthodes utilisées dans la détection des défauts Dans les lignes de transport de l'énergie électriques ……...….42

III.2.1)- Circuit de simulation…….….43

III.2.2)-Les signaux des tensions et des courants obtenus……45

II.2.3.1 Analyse des résultats…….45

I.7) Conclusion……..49

Conclusion générale……..50

Bibliographiques……..……..51

ملخص

خطوط نقل الطاقة الكهربائية هي العناصر الأساسية في نظام الطاقة من اجل توفيرها و توصيلها من محطات توليد الطاقة الكهربائية للزبائن النهائيين. و غالبا ما تتعرض هذه الخطوط إلى أعطاب, و لحسن سير نقل الطاقة الكهربائية اللازمة يجب توفير الحد الأدنى من انقطاع الكهرباء للمستهلكين.

و الهدف من هذه الدراسة هو كشف وتصنيف الأعطاب التي يمكن أن تصيب خطوط نقل الطاقة الكهربائية في الشبكة. تم اختبار هذه الدراسة المقترحة من خلال المحاكاة العددية باستخدام برمجية MATLAB.

Résumé

Les lignes de transport d'énergie électrique sont des éléments essentiels dans le système d'alimentation pour fournir l'électricité des centrales aux clients finaux. Ils sont souvent exposés aux défauts. Le bon fonctionnement des lignes de transmission d'énergie électrique est essentiel pour fournir une alimentation électrique minimale son interruption aux consommateurs.

L'objectif de ce travail est d'étudier la détection et la classification des défauts qui affectent les lignes de transport d'énergie électrique dans les réseaux électriques. L'approche proposée a été testé par simulation numérique en utilisant logiciel MATLAB.

Abstract

Power transmission lines are the main elements of the power system to be supplied and connecting from production plants to customers. These lines are often exposed to defects, the smooth operation of power transmission lines is essential to provide minimal power supply to its interruption to consumers.

The aim of this work is to study the detection and classification of defects affecting electric power transmission lines in electrical networks. The proposed approach was tested by numerical simulation using MATLAB.

Introduction Générale

Les lignes de transmission aériennes sont le moyen le plus commode pour le transport de l'énergie électrique des sources de production aux réseaux de distribution afin de rendre possible une consommation d'énergie. Une représentation graphique de leur utilisation est représentée à la figure 1.

La déréglementation du marché de l'énergie électrique, les exigences économiques et environnementales ont poussé les services de la production de l'énergie électrique à exploiter les lignes proches de leurs limites maximales. Le fonctionnement fluide des lignes de transmission d'énergie électrique est essentiel pour fournir une alimentation électrique minimale son interruption aux consommateurs, qui sont devenus de plus en plus sensibles aux pannes de courant avec la croissance de la technologie mondiale. Cela nécessite un fonctionnement fiable des équipements électriques et la satisfaction des consommateurs. Les ingénieurs sont donc poussés à concevoir des réseaux avec des systèmes de protection pour détecter et isoler de manière fiable les défauts pour garantir la sécurité du système électrique.

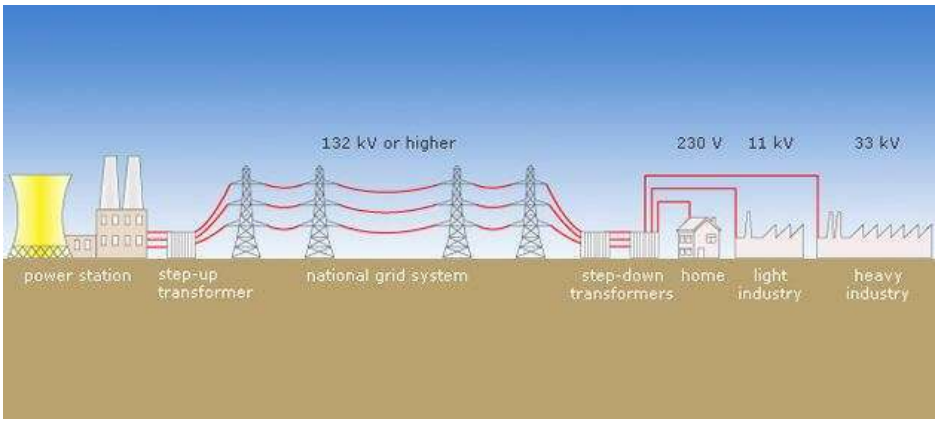


Figure 1: Disposition de base des lignes de transport d'énergie électrique

Les défauts dans les lignes de transport et de distribution par expérience ils sont provoqués par la nature telle que les tempêtes, la foudre, la neige, la pluie, les pannes de l'isolation ainsi que les défauts de court-circuit causé par les oiseaux, des branches d'arbres et d'autres objets extérieurs. Dans la plupart des cas, les défauts électriques se manifestent comme des dommages mécaniques, qui doivent être réparés avant de rendre la ligne au service.

Tout défaut, s'il n'est pas détecté et isolé rapidement, se transformera en une perturbation du système provoquant des pannes généralisées et même un blackout.

Lorsqu'un défaut se produit dans un système d'alimentation, les pertes financières peuvent être réduites et le service de maintenance peut intervenir rapidement si l'emplacement du défaut peut être déterminé avec précision, en particulier lorsque la production, le transport et la distribution se font sur une distance importante.

1-1 Importance de la localisation des défauts :

Les lignes de transport et de distribution d'énergie électrique connaissent des défauts temporaires et permanents. Les défauts temporaires sont principalement autorisés et les défauts permanents peuvent être détectés et atténués à l'aide d'équipements qui sont principalement les relais de protection traditionnellement utilisables. Lorsqu'une ligne est hors service en raison de défauts, les charges connectées ne sont pas alimentés et parfois, d'autres lignes sont obligées de fournir de l'énergie électrique à ces charges connectées à la ligne défectueuse. Il est également possible qu'une série de déclenchements en cascade des relais de protection se produisent, coupant successivement des parties plus importantes du système, ce qui entraîne des pannes de courant de grande puissance. Un exemple d'une telle situation est la récente panne de courant dans le réseau nordique des Pays-Bas, ce qui à provoqué une coupure d'alimentation en électricité pour une grande partie du pays des néerlandais [1].

La mise en fonction de l'alimentation après les défauts permanents peut être effectuée qu'après le feu vert de l'équipe responsable de maintenance après la réparation des dommages provoqués par le défaut. Pour cela, la position de défaut doit être connue, sinon la ligne entière doit être inspectée pour trouver l'origine du dommage. Cette tâche devient encore plus pénible, surtout les lignes de transport à haute tension peuvent attendre des centaines de kilomètres. Les lignes souterraines et les câbles doivent être découverts sous le sol, nécessitant plus de main-d'œuvre et de machines, et dans le cas des zones peuplées, les routes et les passages doivent être bloqués pour creusés.

Ainsi, il est important que l'emplacement d'un défaut soit connu ou peut être estimé avec une précision raisonnable. Cela permet d'économiser de l'argent et du temps pour les travaux d'inspection et de réparation et aide à améliorer les services publics en raison de la possibilité d'une restauration plus rapide de l'alimentation électrique.

Ce travail est divisé en trois chapitres, le premier chapitre est consacrée à l'étude théorique est la caractérisation des différents types de défauts dans les ligne de transport d'énergie électrique nécessaire à la compréhension du travail qui va suivre, puis un aperçu sur la détection et la localisation des défauts dans les lignes de transport avec l'intégration des relais.

Le troisième chapitre sera l'application pour la détection des différents défauts qui trace notre démarche par l'intermédiaire de la simulation numérique en utilisant le logiciel « MATLAB-SIMULINK »

Enfin Nous terminons par une conclusion générale permettant de faire le point sur ce que nous avons accompli dans ce mémoire.

Chapitre I

1 Introduction

Les lignes de transport d'énergie électrique sont des éléments très importants dans les réseaux électriques qui assurent le transport. Ces lignes sont soumises à plusieurs types de défauts polyphasés ou monophasés qui peuvent se produire entre conducteurs ou entre conducteurs et la terre, dus à la détérioration du milieu isolant, qu'il soit détruit par une contrainte exagérée ou une action physique ou qu'il soit traversé accidentellement par des objets métalliques ou conducteurs externes.

Les défauts perturbent l'environnement du réseau électrique autour du point du défaut par la non-symétrie des tensions et peut donc être éliminé par le fonctionnement de la protection. A ce propos il est nécessaire de mettre un moyen de protection fiable qui assuré la sélectivité, l'élimination et l'isolation de la zone en défaut plus rapidement possible et rendre le service d'alimentation aux clients.

Le risque d'apparition d'un incident sur le réseau n'est pas nul car lié à de nombreux paramètres aléatoires. Ainsi, les courts-circuits peuvent avoir diverses origines :

Atmosphériques : Les lignes aériennes sont soumises aux perturbations extérieures telles que la foudre, les tempêtes ou le givre.

Mécaniques : C'est la chute d'un corps sur un conducteur ou la dégradation mécanique de conducteurs consécutive à des agressions extérieures par des engins de terrassement par exemple

Electriques : C'est l'altération des isolants des matériels de réseau, par exemple. En effet, les matériels électriques que l'on trouve sur le réseau ou dans les postes comportent des isolants (solides, liquides ou gazeux) constitués d'assemblages plus ou moins complexes placés entre les parties sous tension et la masse. Ces isolants subissent des dégradations au cours du temps qui conduisent à des défauts d'isolement et donc des courts-circuits.

Humaines : Ce sont les fausses manœuvres telles l'ouverture d'un sectionneur en charge par exemple.

On trouve plusieurs catégories de défauts dans les réseaux électriques. Ceux-ci sont caractérisés par leur type, leur durée et l'intensité du courant de défaut.

I.2.Types et caractéristiques des défauts :

I.2.1) Types des défauts :

• **Les défauts triphasés :** Ce sont les courts-circuits entre les trois phases avec ou sans mise à la terre,

• **Les défauts biphasés :** Ce sont les courts-circuits entre deux phases ou une phase et le neutre avec ou sans mise à la terre,

• **Les défauts monophasés :** Ce sont des défauts entre une phase et la terre ou une phase et le neutre. Ils génèrent la circulation d'un courant homopolaire. Leur intensité est limitée par la résistance de terre et par la mise à la terre du neutre,

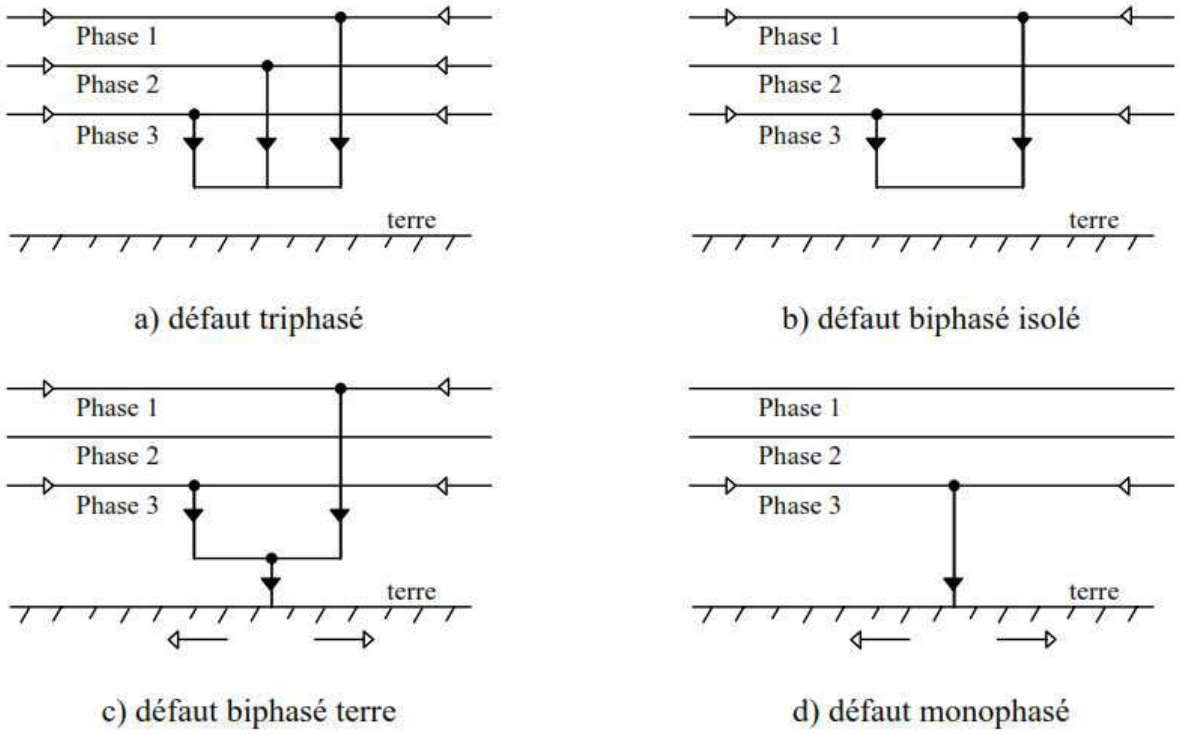


Figure I-1 Différentes types de défauts

L'existence de défauts multiples, en particulier les défauts monophasés, engendre des phénomènes ou d'autres types de défaut en fonction de la localisation et du temps.

• **Défaut double :** Ce sont deux défauts d'isolement phase terre simultanés entre deux phases différentes d'un même réseau alimenté par un même transformateur HTB/HTA sur des terres différentes éloignées géographiquement. Les deux défauts peuvent se trouver sur le même départ HTA ou sur deux départs HTA différents. Les défauts

doubles font circuler dans les terres, à l'endroit des deux défauts, des courants élevés, provoquant par la même des montées en potentiel importantes.

• **Défaut évolutif :** C'est un défaut d'un type donné qui évolue vers un nouveau type dans un temps variable de quelques millisecondes à plusieurs centaines de millisecondes.

Les plus fréquents sont :

- Un défaut monophasé qui évolue en défaut polyphasé (bi ou triphasé)
- Un défaut monophasé qui évolue en défaut double.

I.2.2) Caractéristiques des défauts :

I.2.2.a) Caractéristiques des défauts monophasés :

• **Défaut auto-extincteur :** Un défaut auto-extincteur monophasé est un défaut qui s'élimine seul, sans coupure de l'alimentation ou fermeture du disjoncteur shunt (voir I.3.1.a). Ces défauts existent sur les réseaux à neutre impédant (environ 10% des défauts). Mais ils existent surtout sur les réseaux à neutre compensé dans des proportions importantes (jusqu'à 80%), [2].

• **Défaut réamorçant :** Un défaut réamorçant est un défaut monophasé auto-extincteur, qui réapparaît périodiquement (dans environ 90% de cas, le défaut monophasé auto-extincteur est constitué d'un seul amorçage). Le temps entre deux réamorçages peut varier de quelques millisecondes à quelques centaines de millisecondes. Si le temps entre deux réamorçages successifs est inférieur à 200 ms, on considère cette succession de défauts comme le même défaut.

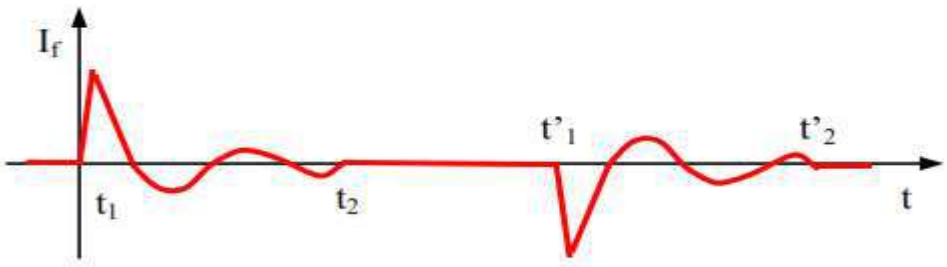


Figure I-2 Allure d'un défaut réamorçant

Chaque période du défaut réamorçant a les caractéristiques suivantes :

Elle est caractérisée par l'existence d'un transitoire de courant significatif à l'amorçage (de quelques dizaines à quelques centaines d'ampères) qui se produit lors de l'apparition du défaut.

Elle disparaît spontanément, en des temps généralement très courts (80% durent moins de 20ms).

Elle ne comprend généralement pas de courant à composante 50 Hz notable.

• **Défaut en régime établi à 50Hz :** Un défaut en régime établi 50Hz comporte un courant ayant essentiellement une composante à 50Hz après son apparition.

I.2.2.b) Caractéristiques des défauts polyphasés :

Les défauts polyphasés sont la plupart du temps des défauts en régime établi 50Hz. Ils sont, dans leur très grande majorité, éliminés par l'ouverture d'un disjoncteur en réseau. Ils entraînent toujours lors de leur apparition, un creux de tension, plus ou moins important en fonction de la puissance de court-circuit. Le creux de tension provoqué par un défaut polyphasé est généralement ressenti par la clientèle, bien au-delà du seul départ HTA concerné par le défaut. Les défauts polyphasés peuvent être, dans de très rares cas, des défauts auto- extincteurs.

I.3) Cycles d'élimination et nature des défauts :

I.3.1) Les automatismes d'élimination des défauts :

I.3.1.a) Disjoncteur shunt

C'est un appareil installé dans le poste source du réseau HTA à neutre impédant. Il shunte temporairement (durant environ 150 à 250 ms) l'impédance de neutre sur la phase en défaut si un défaut monophasé non auto-extincteur apparaît sur cette même phase durant un temps compris entre 60 et 100ms. Celui-ci permet en effet, d'abaisser suffisamment la tension au point de défaut pour l'éliminer. Il n'y a donc pas de coupure triphasée et, comme les tensions composées sont pratiquement inchangées, les utilisateurs ne sont pas perturbés.

I.3.1.b) Cycle rapide

C'est un cycle qui s'exécute automatiquement sur un disjoncteur de poste source ou en tête d'ossature. Ce disjoncteur coupe l'alimentation du réseau en défaut durant environ 300ms (±100ms).

Pour les défauts monophasés, le fonctionnement du cycle est différent selon les régimes de neutre :

• **Neutre impédant :** le cycle s'exécute après la fermeture et la réouverture du disjoncteur shunt, si le défaut monophasé réapparaît durant un temps supérieur à 100ms.

• **Neutre compensé :** Il n'y a pas dans ce cas, de disjoncteur shunt. Le cycle s'exécute dès la première apparition du défaut si le défaut est monophasé et s'il dure plusieurs centaines de millisecondes (typiquement de 600ms à 1s), que le défaut soit de type réamorçant ou en régime établi à 50Hz.

Pour les défauts polyphasés, il n'y a jamais de fonctionnement du disjoncteur shunt. Ce cycle se produit si le défaut polyphasé apparaît durant un temps supérieur à 100 ms, quelle que soit la mise à la terre du neutre du réseau HTA.

I.3.1.c) Cycle lent

Ce cycle utilise également un disjoncteur de poste source ou en tête d'ossature. Le temps d'ouverture du disjoncteur est généralement de 15s. Il s'exécute après le cycle rapide (si celui-ci existe) et

-Pour les défauts monophasés qui durent plus de 500 ms (±200ms) si le neutre est impédant, ou plus de 600ms à 1s si le neutre est compensé.

- Pour les défauts polyphasés qui durent plus de 500ms (±200ms)

I.3.1.d) Déclenchement définitif

C'est le déclenchement qui intervient à la fin des différents cycles configurés sur le ré-enclencheur (cycle rapide, 1 ou 2 cycles lents), appelés cycle de ré-enclenchement. Le disjoncteur reste ouvert jusqu'à l'intervention d'un opérateur. La Figure I-7 présente un cycle de ré-enclenchement avec trois tentatives (le défaut est toujours présent, le disjoncteur s'ouvre définitivement).

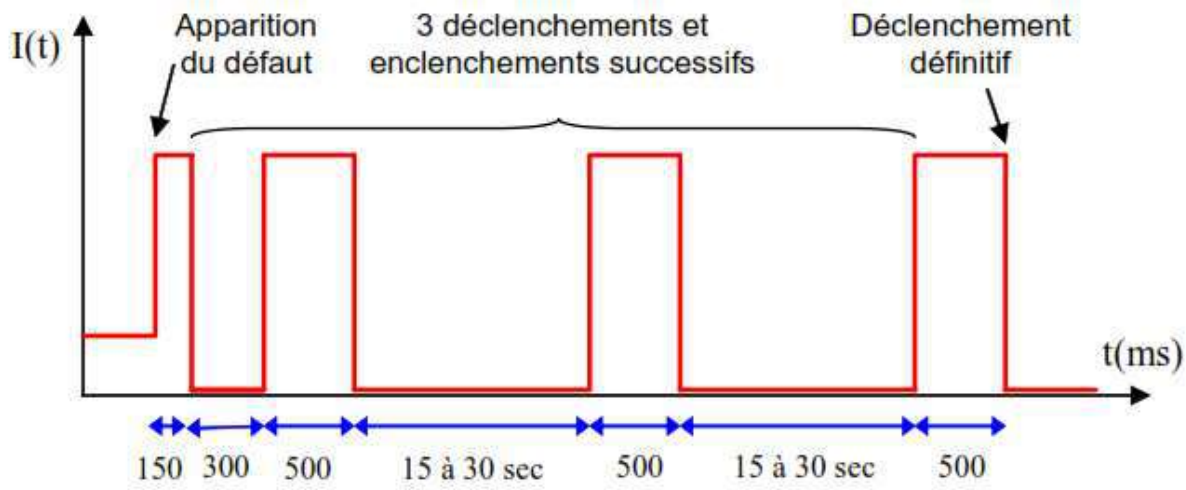


Figure I-3 : Cycle de ré-enclenchements d'un disjoncteur de départ

I.3.2) Nature des défauts :

• **Défaut sans coupure :** C'est un défaut qui s'élimine sans coupure, même très brève de la clientèle. Il peut par contre produire des creux de tension significatifs (en cas de défauts polyphasés). Ce sont :

- Les défauts auto -extincteurs (monophasés ou polyphasés), qui disparaissent naturellement par eux-mêmes en une durée inférieure à 100 ms,
- Les défauts monophasés éliminés par le fonctionnement du disjoncteur shunt.

• **Défaut fugitif :** C'est un défaut éliminé par un cycle rapide

• **Défaut semi permanent :** C'est un défaut éliminé grâce à un ou deux cycles lents.

• **Défaut permanent :** C'est un défaut qui n'a pu être éliminé par les différents cycles de ré-enclenchements. Il a entraîné un déclenchement définitif du disjoncteur.

I.4) Etude théorique d'un défaut monophasé :

Ce sont les défauts entre une phase et la terre ou une phase et le neutre. Ils génèrent la circulation d'un courant homopolaire, son intensité est limitée par la résistance de terre et par la mise à la terre du neutre.

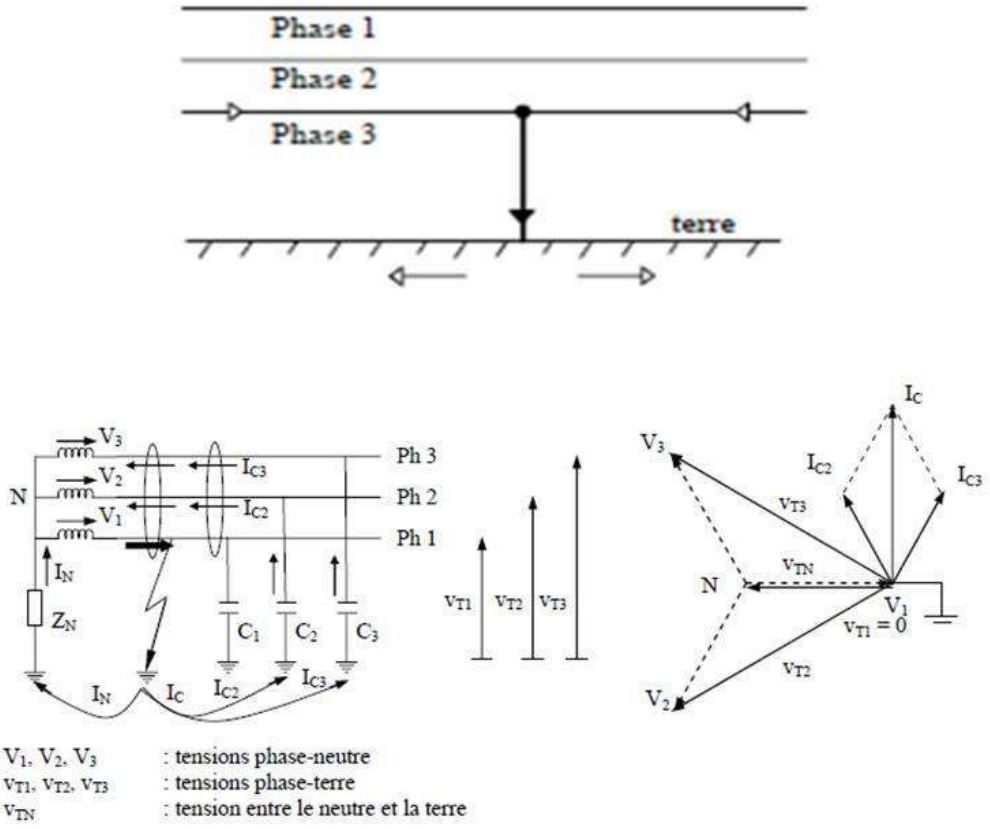


Figure I.4: défaut monophasé

Les tensions par rapport à la terre sont:

$$V_{T1} = 0$$

$$V_{TN} = -V_1$$

$$V_{T2}=V_2+V_{TN}=V_2-V_1$$

$$V_{T3} = V_{TN} + V_3 = V_3 - V_1$$

$$V_{rsd} = V_{T1} + V_{T2} + V_{T3} = V_2 - V_1 + V_3 - V_1 = V_1 + V_2 + V_3 - 3V_1 = -3V_1$$

Le module de la tension du point neutre par rapport à la terre est donc égal à la tension simple :

$|V_{TN}| = V_n$

V_n: La tension simple nominale

Le courant I_N qui circule dans la mise à la terre:

$$I_N = -\frac{V_{TN}}{Z_N} = \frac{V_1}{Z_N} = \frac{V_{rsd}}{3Z_N}$$

Le courant capacitif en aval du défaut est :

$$I_C = I_{c2} + I_{c3}$$

Avec $I_{C2} = -jC\omega V_{T2} = jC\omega(V_1 - V_2)$

Et $I_{C3} = -jC\omega V_{T3} = jC\omega(V_1 - V_3)$

D'où : $I_C = = jC\omega(V_1 - V_2 + V_1 - V_3) = 3\,jC\omega V_1 = -jC\omega V_{rsd}$

$|I_C|$ =3 $C\omega V_n$

La valeur du courant de défaut est donc :

$$I_f = I_N + I_C = \frac{V_1}{Z_N} + 3\,jC\omega V_1 = -\frac{V_{rsd}}{3Z_N} - jC\omega V_{rsd} \qquad (1.1)$$

Le courant résiduel en amont du défaut est : $I_{rsd} = I_f - I_C$

Le courant résiduel en aval du défaut est : $I_{rsd} = -Ic$

Dans le cas d'un réseau de distribution avec plusieurs départs et chaque départ comprend des branches. Les courants traversant des positions possibles d'installation des IPD (positions de mesure signalées dans le dessin) sont analysés.

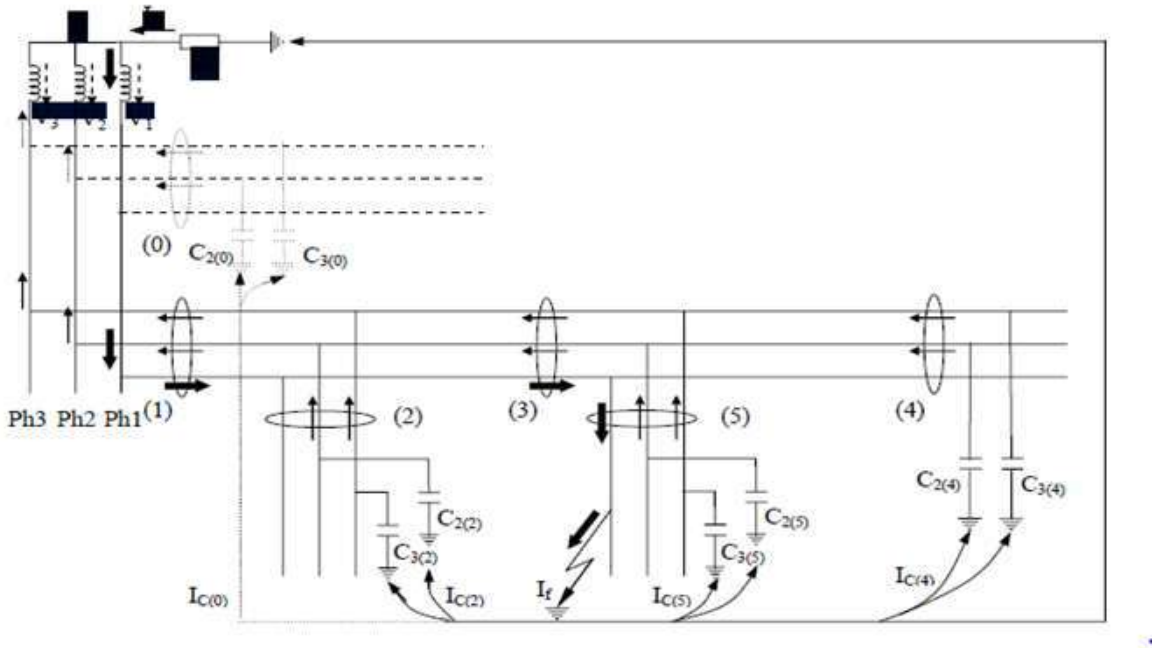


Figure 1.5: circulation des courants pour un défaut monophasé

$$\text{On a: } I_f = I_N + I_c = -\frac{V_{rsd}}{3Z_N} - jC\omega V_{rsd}$$

$$\text{Avec } I_c = I_{c(1)} + I_{c(0)}$$

I_c : Courant capacitif total du réseau

$I_{c(1)}$: Courant capacitif total du départ considéré.

$I_{c(0)}$: Courant capacitif total des autres départs dans le réseau.

Le courant capacitif fourni par la partie du départ en aval du point (i) est:

$$I_{C(i)} = I_{C2(i)} + I_{C3(i)} = -jC(i)\omega V_{T2} - jC(i)\omega V_{T3}$$

$$= jC(i)\omega(V_1 - V_2 + V_1 - V_3)$$

$$= jC(i)\omega V_1$$

$$= - jC(i)\omega V_{rsd}$$

Le courant capacitif total est :

$$I_C = I_{C(0)} + I_{C(1)} = -j\left(C_{(0)} + C_{(1)}\right)\omega V_{rsd} = -jC\omega V_{rsd}$$

Les courants résiduels aux points de la Figure (I.5) sont :

$$I_{rsd}(0) = -I_{C(0)} = jC_{(0)}C\omega V_{rsd}$$

$$I_{rsd}(2) = -I_{C(2)} = jC_{(2)}C\omega V_{rsd}$$

$$I_{rsd}(4) = -I_{C(4)} = jC_{(4)}C\omega V_{rsd}$$

$$I_{rsd}(1) = I_f - I_{C(1)} = (I_N - jC\omega V_{rsd}) + jC_{(1)}\omega V_{rsd} = I_N - j\left(C - C_{(1)}\right)\omega V_{rsd} = I_N - jC_{(0)}\omega V_{rsd}$$

$$I_{rsd}(3) = I_f - I_{C(3)} = (I_N - jC\omega V_{rsd}) + jC_{(3)}\omega V_{rsd} = I_N - j\left(C - C_{(3)}\right)\omega V_{rsd}$$

$$I_{rsd}(5) = I_f - I_{C(5)} = (I_N - jC\omega V_{rsd}) + jC_{(5)}\omega V_{rsd} = I_N - j\left(C - C_{(5)}\right)\omega V_{rsd}$$

$C \geq C_{(i)} \forall i$, donc la partie capacitive du courant $I_{rsd}(1)$, $I_{rsd}(3)$et $I_{rsd}(5)$est négative

Remarque:

Si le défaut se produit dans l'autre départ, les courants résiduels dans le départ considéré sont capacitifs. Les formules sont alors identiques au cas $I_{rsd}(2)$ ou bien $I_{rsd}(4)$ [2].

Des études sur la nature et les types de défauts dans les réseaux de distribution ont montré que 80 % des défauts permanents ou non permanents sont des défauts monophasés.

I. 5) Les effets des défauts :

Les effets des défauts sont surtout à redouter sur les réseaux à haute et très haute tension.

Les défauts ont des effets sur :

- Le bon fonctionnement des réseaux.

- La tenue diélectrique des matériels.
- La qualité de fourniture d'énergie.
- Les circuits de télécommunication.
- La sécurité des personnes.

I.5.1) Le bon fonctionnement des réseaux :

Lorsqu'ils sont polyphasés et proches des centrales, ils entraînent une diminution du couple résistant des machines et donc une rupture de l'équilibre entre celui-ci et le couple moteur. Si les défauts ne sont pas éliminés rapidement, ils peuvent conduire à la perte de la stabilité des groupes générateurs et à des endommagements du matériel dans le réseau électrique.

I. 5.2) La tenue diélectrique des matériels :

Dans le cas d'un défaut triphasé, les défauts provoquent des surintensités violentes qui peuvent dépasser 20 à 30 fois le courant de service normal. Ces surintensités amènent deux types de contraintes :

- Des contraintes mécaniques dues aux efforts électrodynamiques qui entraînent le balancement des conducteurs aériens et le déplacement des bobinages des transformateurs.

Ces effets sont souvent à l'origine des défauts entre phases qui sont en générale beaucoup plus sévère que les défauts entre phase et terre. Parce que le courant de défaut à la terre est limité par l'impédance de mise à la terre des points neutre des réseaux.

- Des contraintes thermiques dues au dégagement de chaleur par effet joule dans les conducteurs.

I.5.3) La qualité de la tension :

Les défauts se traduisent pour les utilisateurs par des chutes de tension dont l'amplitude et la durée sont fonction de différents facteurs tels que nature du défaut, la structure du réseau affecté, mode d'exploitation du réseau, mode de mise à la terre du neutre et les performances de la protection. Les perturbations peuvent aller du creux de tension jusqu'à l'interruption complète de la tension.

I.5.4) Les circuits de télécommunication

La présence d'un court-circuit dissymétrique entre une ou deux phases d'une ligne d'énergie et la terre entraîne la circulation d'un courant homopolaire qui s'écoule à la terre par les points neutre du réseau. La tension induite longitudinale, proportionnelle à ce courant apparaît sur les lignes de télécommunications qui ont un trajet parallèle à la ligne d'énergie. Cette tension peut atteindre des valeurs dangereuses pour le personnel et les installations de télécommunications.

I. 5.5) La sécurité des personnes :

La mise sous tension accidentelle des masses entraîne l'élévation de potentiel des masses, cette élévation est liée à l'écoulement des courants de défaut à la terre. Les conducteurs tombés au sol présentent des risques pour les personnes. Le mode de mise à la terre des points neutre joue de ce fait un rôle essentiel dans la protection des personnes contre les chocs électriques.

I.6) Classification des défauts dans les lignes de transport

La classification des défauts dans les lignes de transport est une tâche très importante pour déterminer la où les phases en défaut et par suite déterminer l'endroit du défaut afin de réparé le plus rapidement possible ces défaut et rendre le service d'alimentation aux clients.

De nombreuses méthodes de classification sont développées jusqu'à présent, ceux qui sont basées sur le calcul des impédances, dépondent de l'impédance directe, inverse et homopolaire.

Et d'autres méthodes basées sur l'utilisation de la composante fondamentale des signaux des tensions et des courants.

Dans cette partie on propose deux méthodes de classification :

- 1ére méthode basée sur l'utilisation des composantes symétriques.
- 2éme méthode basée sur l'utilisation des mesures de la composante fondamentale des signaux des courants avant et pendant le défaut.

I.6.1) Décomposition en composante symétrique :

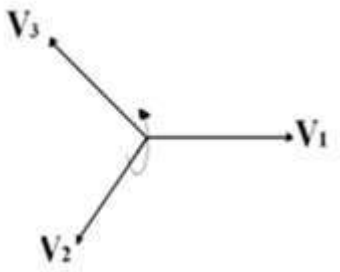
Le principe de la décomposition en composantes symétriques est d'exprimer un système des signaux sinusoïdaux triphasé quelconque, mais à la même fréquence

(courant ou tension) comme la somme des trois systèmes triphasés particuliers, qui sont le système « direct »,« inverse » et « homopolaire » [2].

Par définition un système direct est un système sinusoïdal triphasé équilibré dans lequel on passe respectivement de la phase 1 aux phases 2 et 3 par un déphasage de -120° et -240°.

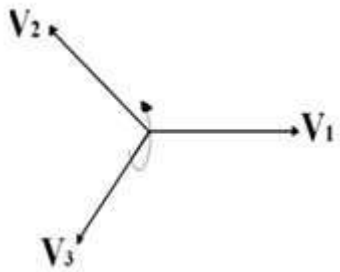
Pour un système inverse on passe de la phase 1 aux phases 2 et 3 par un déphasage de +120° et +240°. Un système homopolaire est un système sinusoïdal triphasé dans lequel les trois phases sont identiques. Chacun de ses système peut être associe à une représentation vectorielle ou encore à un système de nombres complexes et dans la représentation complexe « a » désigne un nombre complexe particulier, associé à la rotation d'angle 120°.

Système direct



$$\begin{cases} V_1 = V_d \\ V_2 = a^2 V_d \\ V_3 = a V_d \end{cases}$$

Système inverse



$$\begin{cases} V_1 = V_i \\ V_2 = a V_i \\ V_3 = a^2 V_i \end{cases}$$

Système homopolaire



$$\begin{cases} V_1 = V_0 \\ V_2 = V_0 \\ V_3 = V_0 \end{cases}$$

Étant donnée un système des signaux triphasés sinusoïdaux quelconques représenté par trois nombres complexes (V_1, V_2, V_3) symétriques consiste a trouver un jeu de systèmes direct, inverse et homopolaire(V_d, V_i, V_0) tel que les 3 phases (1, 2 et 3) soient les sommes respectives des premières deuxième et troisième sinusoïdes des systèmes direct, inverse et homopolaire ; ce qui peut encore s'exprimer dans le domaine complexe par la relation suivante en notation complexe.

$$\begin{cases} V_1 = V_0 + V_d + V_i \\ V_2 = V_0 + a^2 V_d + aV_i \\ V_3 = V_0 + aV_d + a^2 V_i \end{cases} \qquad \text{Avec :} \quad a = e^{(j2\pi/3)}$$

Cette relation peut encore s'exprimer en matrice :

$$\begin{vmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{vmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \begin{vmatrix} V_0 \\ V_d \\ V_i \end{vmatrix} \qquad (1.2)$$

Et aussi on peut définir (V_0, V_d, V_i) sous cette forme :

$$\begin{vmatrix} V_0 \\ V_d \\ V_i \end{vmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \begin{vmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{vmatrix} \qquad (1.3)$$

On défini la matrice de Fortescue F_3 ainsi :

$$F_3 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \qquad (1.4)$$

Et son inverse F_3^{-1} :

$$F_3^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \qquad (1.5)$$

Donc pour obtenir les composantes symétriques on multiplie les composantes réelles du système triphasé par F_3^{-1} et de multiplier les composantes symétriques par F_3 pour obtenir les composantes réelles.

On résume que :

$$V_{1,2,3} = F_3 . V_{0,d,i} \quad (1.6)$$

$$V_{0,d,i} = F_3^{-1} . V_{1,2,3} \quad (1.7)$$

I.6.2) Les différentes méthodes de classification des défauts :

Dans cette partie nous allons citer les différentes méthodes de classification. Les algorithmes de ces méthodes sont comme suite :

I.6.2.1) Méthode1 : Utilisation des composantes symétrique :

Dans cette méthode les composantes symétriques des courants sont utilisées. Une combinaison entre les angles et le rapport relatif des courants direct, inverse et homopolaire est faite [4].

Le calcul de ces composantes symétriques des courants est comme suite :

$$I_{ad} = (I_a + a.I_b + a^2.I_c)/3.$$
$$I_{ai} = (I_a + a^2.I_b + a.I_c)/3.$$
$$I_{a0} = (I_a + I_b + I_c)/3.$$

I_{ad}, I_{ai}, I_{a0}: Sont respectivement le courant direct, inverse et homopolaire de la phase « a » du système en défaut. Les composantes symétriques d'autres phases sont calculées comme suite :

- phase ≪b≫:

$$Ib_d = a^2 Ia_d$$
$$Ib_i = aIa_i$$
$$Ib_0 = Ia_0$$

Avec: $a = e^{(j2\pi/3)}$

- phase ≪c≫:

$$Ic_d = aIa_d$$
$$Ic_i = a^2 Ia_i$$
$$Ic_0 = Ia_0$$

Le rapport relatif entre le courant homopolaire, le courant direct et le courant inverse pour le système avant et pendant le défaut pour la phase « a » est donné par :

Avant défaut $\begin{cases} R_{iP} = \text{abs}(Ia_{ip}/Ia_{dp}) \\ R_{0P} = \text{abs}(Ia_{op}/Ia_{dp}) \end{cases}$

Pendant défaut $\begin{cases} R_{0f} = \text{abs}(Ia_{of}/Ia_{df}) \\ R_{0P} = \text{abs}(Ia_{if}/Ia_{df}) \end{cases}$

$Ia_{op}, Ia_{dp}, Ia_{ip}$: sont les composantes symétriques du courant de la phase « a » avant défaut.

$Ia_{if}, Ia_{df}, Ia_{of}$: sont les composantes symétriques du courant de la phase « a » pendant défaut. Pour cette méthode on classifie le défaut selon le test suivant [3].

A^0=abs$\left(arg(Ia_{df}) - arg(Ia_{if})\right)$

B^0=abs$\left(arg(Ib_{df}) - arg(Ib_{if})\right)$

C^0=abs$\left(arg(Ic_{df}) - arg(Ic_{if})\right)$

Les valeurs de $A°$, $B°$, $C°$, ainsi les rapports relatifs sont utilisés pour classifier le défaut.

I.6.2.1.a) Les défauts monophasés:

- Défaut à la phase « a » :

$A° = 0°$ $B° = 120°$ $C° = 120°$ et $R_{of} > R_{op}$

- Défaut à la phase « b » :

$A° = 120°$ $B° = 0°$ $C° = 120°$ et $R_{of} > R_{op}$

- Défaut à la phase « c » :

$A° = 120°$ $B° = 120°$ $C° = 0°$ et $R_{of} > R_{op}$

I.1.6.2.1.b) Défauts biphasés sans terre :

- Défaut entre phases « ab » :

$A° = 60°$ $B° = 60°$ $C° = 180°$ $R_{of} \leq R_{op}$ et $R_{if} > R_{ip}$

- Défaut entre phases « bc » :

$A° = 180°$ $B° = 60°$ $C° = 60°$ $R_{of} \leq R_{op}$ et $R_{if} > R_{ip}$

- Défaut entre phases « ac » :

$A° = 60°$ $B° = 180°$ $C° = 60°$ $R_{of} \leq R_{op}$ et $R_{if} > R_{ip}$

I.1.6.2.1.c) Défauts biphasés avec terre :

- Défaut entre phases « ab » :

$A° = 60°$ $B° = 60°$ $C° = 180°$ $R_{of} > R_{op}$ et $R_{if} > R_{ip}$

- Défaut entre phases « bc » :

$A° = 180°$ $B° = 60°$ $C° = 60°$ $R_{of} > R_{op}$ et $R_{if} > R_{ip}$

- Défaut entre phases « ac » :

$A° = 60°$ $B° = 180°$ $C° = 60°$ $R_{of} > R_{op}$ et $R_{if} > R_{ip}$

I.6.2.1.d) Défaut triphasé:

Pour un défaut triphasé sans terre (a-b-c) ou avec terre (a-b-c-g) le critère de classification est comme suite :

$A_1^0 = abs\left(arg(Ia_f) - arg(Ia_{df})\right) = 0°$

$B_1^0 = abs\left(arg(Ib_f) - arg(Ib_{df})\right) = 0°$

$C_1^0 = abs\left(arg(Ic_f) - arg(Ic_{df})\right) = 0°$

I.6.2.2) Méthode 2: Utilisation de la composante fondamentale des signaux :

Cette méthode utilise la composante fondamentale des signaux de courant de phase avant et pendant le défaut pour cela on définie [4] :

$$a = I_a - I_{a-pre}$$

$$b = I_b - I_{b-pre}$$

$$c = I_c - I_{c-pre}$$

Où I_a : le courant de la phase « a » pendant le défaut.
I_{pre} : Le courant de la phase « a » avant défaut.

I.6.2.2.a) Les défauts monophasés:

Défaut de la phase « a » à la terre : $Arg\left(\frac{b}{c}\right) = 0°$ et $\left|\frac{b}{c}\right| = 1$.
Défaut de la phase « b » à la terre: $Arg\left(\frac{c}{a}\right) = 0°$ et $\left|\frac{c}{a}\right| = 1$.
Défaut de la phase « c » à la terre: $Arg\left(\frac{a}{b}\right) = 0°$ et $\left|\frac{a}{b}\right| = 1$.

I.6.2.2.b) Les défauts biphasés sans terre:

Phases « b-c »: $Arg\left(\frac{b}{c}\right) = 180°$ et $som = I_a + I_b + I_c = 0$
Phases « a-c »: $Arg\left(\frac{c}{a}\right) = 180°$ et $som = I_a + I_b + I_c = 0$
Phases « a-b »: $Arg\left(\frac{a}{b}\right) = 180°$ et $som = I_a + I_b + I_c = 0$

I.6.2.2.c) Les défauts biphasés à la terre:

On définie :

$$\alpha = \left|\frac{V_a - V_b}{I_a - I_b}\right|$$

$$\beta = \left|\frac{V_b - V_c}{I_b - I_c}\right|$$

$$\gamma = \left|\frac{V_c - V_a}{I_c - I_a}\right|$$

Phases « a-b » à la terre :

$\alpha < \beta \; ; \; \alpha < \gamma$ et $I_a + I_b + I_c > 0$

Phases « a-c » à la terre :

$\gamma < \beta \; ; \; \gamma < \alpha$ et $I_a + I_b + I_c > 0$

Phases « b-c » à la terre :

$\beta < \gamma \; ; \; \beta < \alpha$ et $I_a + I_b + I_c > 0$

I.6.2.2.d) Défaut triphasé :

$Arg\left(\frac{b}{c}\right) = 120°$ et $Arg\left(\frac{c}{a}\right) = 120°$

I.7) Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons donné une description des différents types et caractéristiques des défauts des systèmes électriques, les différents types de protections et les différentes étapes d'analyse des défauts qui apparaissent sur les lignes de transports d'énergie électrique ainsi que les techniques utilisées dans l'étude théorique et la modélisation.

Chapitre II

II.1 Introduction

La fonction principale d'un réseau électrique est d'acheminer l'énergie des centres de production jusqu'aux consommateurs. La fourniture d'électricité, en ce qui concerne la sûreté et la disponibilité, constitue un point clef de la gestion des réseaux électriques. Ceci est particulièrement vrai pour les réseaux de distribution de l'énergie électrique qui sont soumis à des défauts provoqués par diverses sources telles que les conditions météorologiques défavorables, la défaillance des équipements et les contacts avec des objets externes. Donc la détection et la localisation des défauts sont dès lors une composante de plus en plus importante pour cette gestion.

Actuellement la seule technique utilisée pour la localisation des défauts dans les systèmes de distribution de l'énergie électrique est l'inspection visuelle qui impose un temps de restauration très important.

Au cours des dernières années, de nombreuses techniques ont été proposées pour la localisation de défaut dans les systèmes de distribution de l'énergie électrique.

Ce chapitre explicite les méthodes de détection des défauts dans les réseaux de distribution, et ensuite présente les méthodes de localisation qui ont été choisies pour cette étude, afin d'avoir une idée plus large sur chaque méthode.

II.2) généralité sur les différentes techniques de détection des défauts :

On distingue trois niveaux de traitement suite à l'apparition d'un défaut sur un réseau de distribution.

- La détection du défaut
- La sélection du départ en défaut
- La localisation du défaut ou du tronçon du réseau en défaut

- **La détection** il doit être très rapide, car elle entraîne l'ouverture des disjoncteurs qui mettront hors tension la partie défectueuse du réseau. Elle est réalisée à partir des informations localement disponibles à l'endroit des indicateurs de passage de défaut (IPD) et des relais de protection.

Lors du défaut polyphasé, le courant de défaut est très grand par rapport au celui de charge, la détection de ce type de défaut est donc simplement effectuée par le franchissement d'un seuil de courant. Par contre, lors du défaut monophasé, le courant de défaut est faible, la détection de défaut est beaucoup plus compliquée.

- **La sélection** du départ en défaut pour déterminer le départ qui subit le défaut. Cette étape permet la localisation du défaut plus rapide.

- **La localisation** précise du défaut sur un départ n'est utile que dans une deuxième phase : la reconfiguration du réseau, la localisation peut donc être plus lente que la détection. En revanche, elle doit être plus précise afin de pouvoir manœuvrer les interrupteurs de réseau de façon optimale. Cependant, il ne faut pas négliger le fait qu'une localisation trop lente peut retarder la réalimentation d'un certain nombre de clients, et nuire à la qualité de fourniture en augmentant l'énergie non distribuée.

La localisation peut permettre :

- Soit de réaliser une localisation de la zone en défaut.
- Soit de calculer de façon la plus précise possible, la distance entre le défaut et un point

De référence souvent représenté par le jeu de barre en sortie du poste source.

On distingue les méthodes de détection de défaut actuellement en service suivant les paramètres électriques utilisés **[2].**

II.3) Méthodes de détection des défauts :

Les défauts dans les réseaux électriques reposent sur le franchissement d'un seuil prévu des grandeurs électriques. Ce seuil peut porter sur le courant, la tension, les dérivées de ces grandeurs, les composants harmoniques.

II.3.1) Courant de phase

Quand le défaut se produit, le courant de phase augmente très vite et il devient très élevé. On utilise ces caractéristiques pour détecter le défaut (méthode Ampérométrique).

Si le seuil de courant est franchi ou si l'augmentation du courant durant une durée spécifique dépasse une valeur prévue, le défaut est déterminé. Cette méthode est utilisée pour détecter le défaut triphasé, biphasé ou monophasé.

II.3.2) Tension neutre terre :

La tension neutre terre, relativement faible en service normal, augmente immédiatement avec l'apparition d'un défaut monophasé. Dans le cas d'un défaut franc, elle atteint même la tension nominale simple du réseau. Ce phénomène peut être exploité pour la détection de défauts en définissant des valeurs seuils pour la tension neutre-terre ou pour sa variation.

II.3.3) Tension résiduelle et courant résiduel :

La tension résiduelle et le courant résiduel sont les sommes vectorielles des tensions simples et des courants de phases des trois phases. En l'absence de défaut à la terre, leurs valeurs sont égales à zéro. Quand le défaut se produit, elles deviennent non nulles. On profite de cette caractéristique pour détecter le défaut en comparant la tension résiduelle avec un seuil prévu **[2].**

II.4) Méthodes de localisation des défauts

II.4.1) La méthode pratique.

II.4.1.1) Reconfiguration du réseau

Cette méthode est utilisée pour localiser la zone en défaut. Les réseaux de distribution disposent d'organes de coupure en réseau en des points stratégiques qui permettent, après la détection d'un défaut permanent, de reconfigurer le réseau afin de réalimenter la majorité des consommateurs. Seul le tronçon en défaut n'est alors plus alimenté afin de réparer les matériels endommagés et éliminer la cause du défaut .de plus, ils ne peuvent pas localisés les défauts auto-extincteurs. Elle ne permet donc de localiser que les défauts fugitifs réamorçant ou des défauts permanents.

La décision de manœuvre des organes de coupure est effectuée en recoupant les indications des Indicateurs de Présence de Défauts.

a. L'Indicateur de Passage de Défaut (IPD)

- **Définition**

L'IPD est un appareil qui est installé tout au long des départs HTA et qui, par l'analyse des signaux locaux courant et tension, est capable de signaler en local ou à distance à l'exploitant du réseau la présence du défaut.

C'est informations permet soit :

- ✓ la localisation des défauts permanents
- ✓ la localisation des origines des défauts non permanents s'ils sont comptabilisés et leurs caractéristiques mémorisées par les IPD.

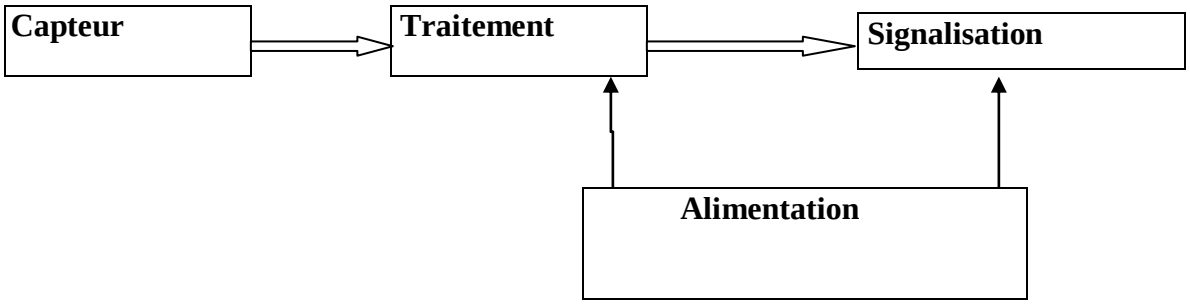


Figure II.1 : constitution d'un IPD

- ✓ **Capteurs**

Ils récupèrent des informations comme les courants de phase ou les courants résiduels et les différentes tensions. Pour les IPD dans les parties aériennes du réseau HTA, ils sont accrochés sur un poteau et n'ont aucune liaison électrique avec la ligne. Ils font donc l'acquisition des signaux courant et tension par l'analyse des champs magnétiques et électriques mesurés à une distance de 8 à 10m des conducteurs. Pour les IPD dans les parties souterraines, ils sont généralement installés dans des postes HTA/BT ou des ouvrages équipés d'interrupteurs HTA.

- ✓ **Traitement**

Ce bloc joue le rôle de traitement des données d'entrée (courant, tension), afin de savoir si le réseau fonctionne normalement ou anormalement. Le principe de détection de défaut consiste à effectuer des comparaisons entre les données et des seuils spécifiques.

- ✓ **Signalisation**

Après le traitement des paramètres d'entrées, l'IPD va émettre des signaux pour indiquer l'état de la partie de réseau surveillé. Ces signaux se présentent sous formes visuelles ou peuvent être envoyés au centre de gestion pour la localisation de défauts.

- ✓ **Alimentation**

C'est un module supplémentaire qui alimente l'appareil composé de piles ou de batteries rechargeables ou de panneaux solaires.

- ❖ **Types des Indicateurs de Passage de Défauts :**

Il existe de nombreux types d'IPD dans les réseaux de distribution classifiés selon:

- Le type du réseau surveillé.
- Les variables électriques utilisées (courants de phase et résiduels...)
- La méthode de détection (directionnelle ou non directionnelle).

Parmi ces types des IPD, on peut citer:

ND1: IPD Non Directionnel détectant des défauts par les courants de phase.

ND0 : IPD Non Directionnel détectant des défauts par le courant résiduel (Ir).

D1 : IPD Directionnel détectant des défauts par les courants et tensions de phase.

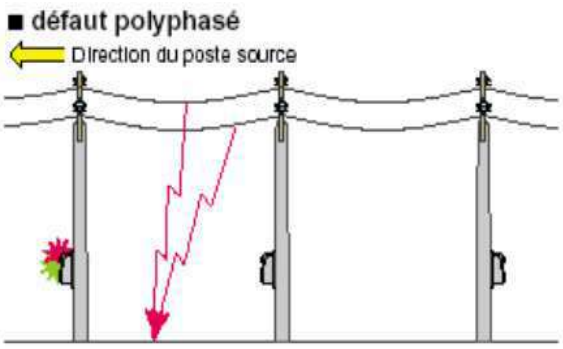
D0 : IPD Directionnel détectant des défauts par le courant et la tension résiduelle.

- ➢ **IPD non directionnel**

Ils permettent de savoir s'il y a un courant de défaut qui circule, mais ne peuvent pas déterminer la direction du défaut. La méthode de détection dans ce type d'appareil repose sur un critère de détection Ampère métrique, Ces IPD sont utilisés pour détecter les défauts polyphasés et les défauts monophasés-terre, ils ne peuvent pas détecter les défauts de type auto-extincteurs.

- ➢ **IPD directionnel**

Ils peuvent voir la présence du défaut et déterminer la direction du défaut par rapport à leur position. Ils conservent le même principe de détection pour les défauts polyphasés (dépassement d'un seuil de courant), mais ils utilisent l'analyse des sens de variation relative du courant et de tension résiduelle à l'apparition d'un défaut monophasé terre pour indiquer son positon **[2].**



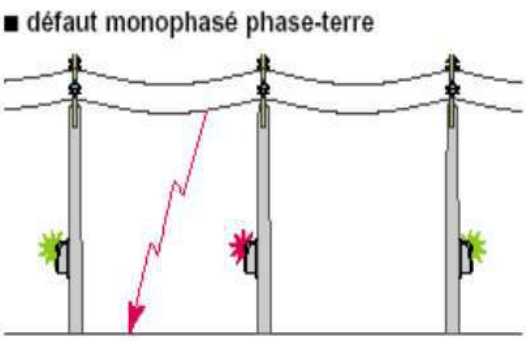


Figure II.2: IPD non directionnel

Figure II.3: IPD directionnel

b. Localisation de défaut à l'aide des IPD

- **les défauts polyphasés**

L'IPD utilisé est non directionnel, il indique, quelle que soit sa génération, si le défaut est en aval de sa position par rapport au poste source qui «alimente » le défaut.

La figure suivante illustre ce principe.

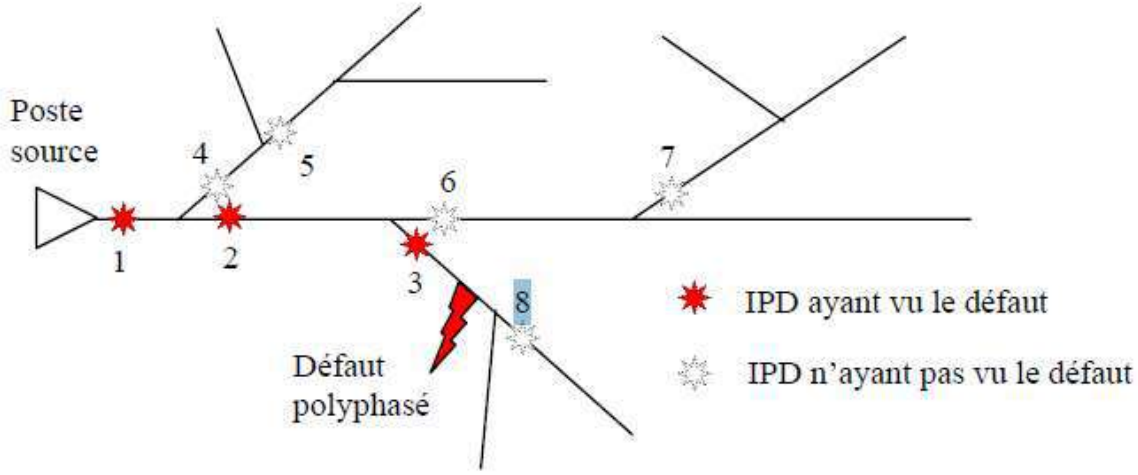


Figure II.4: signalisation des IPD non directionnel s lors d'un défaut polyphasé

Les IPD 1,2 et 3 signaleront que le défaut est en aval de leur position par rapport au poste source.

L'exploitant saura que le défaut se situe entre le dernier IPD ayant vu le défaut c'est-à-dire celui qui allumé (IPD 3) et les premiers n'ayant pas vu le défaut c'est-à-dire celui qui est éteint (IPD8).

❖ **les défauts monophasés :**

Avec l'IPD non directionnel, le principe de signalisation est strictement identique à celui décrit pour les défauts polyphasés ci-dessus.

IPD directionnel indiquera la position du défaut à droite ou à gauche de sa position et ceci indépendamment de la position du poste source.

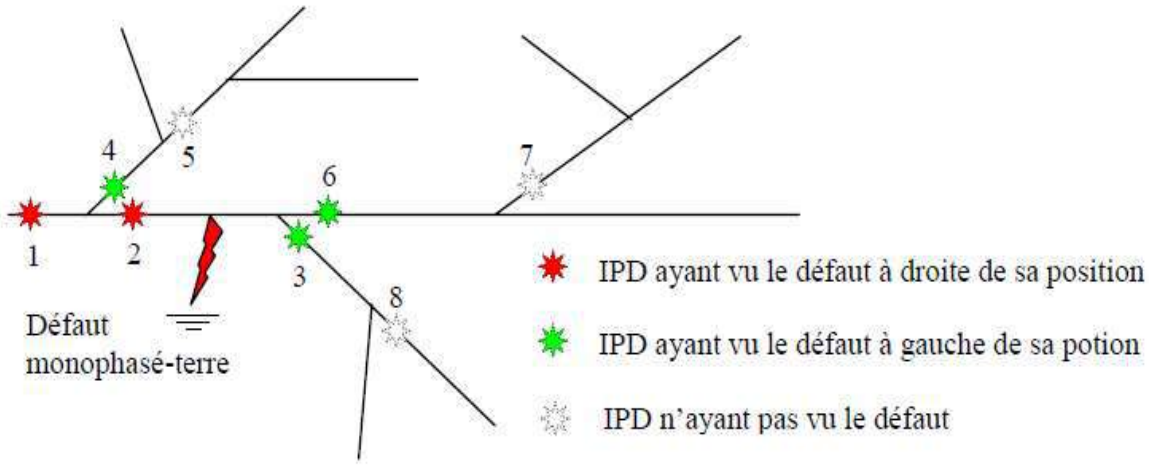


Figure II.5: signalisation des IPD directionnels lors d'un défaut monophasé-terre

Pour ces IPD, les signalisations seront identiques, quelle que soit la position du poste source sur ce schéma. Les IPD 1, 2, 3, 4 et 6 signaleront par exemple la direction dans lequel se trouve le défaut. Dans ce cas, l'exploitant saura que le défaut se situe entre les IPD 2,3 et 6. Il est possible que les IPD 7 et 8 ne fournissent aucune signalisation : ils signaleront la position du défaut si le courant capacitif dépasse le seuil.

Pour chaque type d'IPD, la détection repose sur le franchissement d'un seuil de la variable surveillée. Nous allons considérer les deux modes de franchissement de seuil suivants:

- **Seuil sur l'amplitude**: Le Bloc <<Franchissement de seuil>> est validé si la variable surveillée est supérieure à une valeur prédéterminée.

- **Seuil adaptatif :** Le Bloc <<Franchissement de seuil>> est validé si l'écart entre deux valeurs consécutives de la variable surveillée dépasse une valeur prédéterminée. Il y a donc deux paramètres à fixer dans ce cas (dI et dt).

II.4.2) Les méthodes théoriques :

Nous allons maintenant essayer de montrer la situation actuelle de localisation dans les réseaux HTA, soit au niveau de localiser l'endroit de défaut dans le réseau ou de calculer la distance de défaut, le Résultat est une distance, à laquelle est supposé être le défaut depuis le poste source. Dans ce cas, il n'y a pas d'indication d'un endroit.

II.4.2.1) calcul de la distance :

Plusieurs méthodes de calcul de distance sont actuellement proposées dans la littérature. Elles reposent sur des formulations classiques : les schémas symétriques, ou plus avancés les ondes de propagation.

Il existe deux approches principales pour le calcul de la distance de défaut :

II.4.2.1.a) Les méthodes déterministes :

Issues du calcul électrotechnique et traitement des signaux.

Pour ce premier axe, on distingue trois types de localisation des défauts :

- Les méthodes fondées sur un calcul d'impédance pour lesquelles la distance de défaut est la solution d'un système d'équations, obtenu par séparation des parties réelles et imaginaires d'une équation électrotechnique. Ce type de calcul est parmi les plus anciens, il a été conçu initialement pour les réseaux de transport **[6].** Des exemples pour ces méthodes, adaptées aux réseaux de distribution, sont disponibles dans **[7], [8].**
- Une technique en plein essor est le calcul de la distance en utilisant des signaux à haute fréquence, qui prennent place immédiatement après l'apparition du défaut. Ce type de méthode nécessite une très bonne connaissance du réseau et demande des appareils de mesures assez chers. Cette technique est appliquée dans le cas de défauts monophasés à faible courant de défaut tels que les réseaux à neutre isolé ou compensé **[9], [10].**
- La comparaison des courbes en régime de défaut est aussi une technique de localisation, utilisée dans **[11].** Elle consiste à modéliser le réseau et faire varier le point de défaut systématiquement en comparant les résultats de calcul des grandeurs électriques avec celles réellement mesurées.

II.4.2.1.b) Les méthodes heuristiques :

Provenant d'une application de raisonnement "expert" pour le calcul de la distance de défaut.

- Les réseaux de neurones, imitant en termes de fonctionnement celui du cerveau humain.

L'inconvénient majeur de ces méthodes est le temps d'apprentissage et le nombre de données d'apprentissage qui incluent aussi la distance de défaut. Un problème est aussi lié au développement du réseau électrique, lequel est difficilement pris en compte par les réseaux. Une technique similaire en avantages et inconvénients réside dans l'utilisation d'algorithmes génétiques. Des exemples de ces techniques sont disponibles dans **[12].**

II.4.2.2) Méthodes de localisation :

L'information de distance peut ne pas être très précise selon les cas et la distance calculée peut être retrouvée sur plusieurs branches du réseau. Ainsi, il est nécessaire de disposer d'un système de surveillance du réseau, chargé de déterminer l'endroit de défaut. L'endroit de défaut est retrouvé en supposant des mesures disponibles sur une ou deux extrémités dans un réseau très peu ramifié. C'est en général le principe de fonctionnement que l'on retrouve pour les réseaux de transport. Pour les réseaux de distribution, cette technique existe en combinant ces informations avec d'autres, issues de bases de données statistiques sur les défauts pour un réseau donné **[13].** Une alternative est l'utilisation de signaux logiques provenant d'appareils appelés indicateurs de passage de défaut, à partir desquels une zone de défaut est déterminée [**14]**, **[15].** Tout ceci montre une grande variété de solutions pour les systèmes de localisation dans les réseaux de distribution **[16].**

II.4.1.2) La méthode itérative classique :

La méthode est basée sur le calcul de l'impédance apparente, et des grandeurs fondamentales. En outre, il tient compte des caractéristiques spécifiques des systèmes de distribution, étant capable de localiser les défauts dans les systèmes avec des charges intermédiaires.

a. Équations de localisation de défaut.

Après la détection et la classification de défaut, le processus de localisation est initialisé. Premièrement, le système est divisé en n branches, où n est le nombre de chemins possibles. Pour chaque branche, la résistance de défaut est estimée. Après l'estimation de la résistance du défaut et de la réactance apparente, la procédure de détermination du tronçon en défaut est entamée.

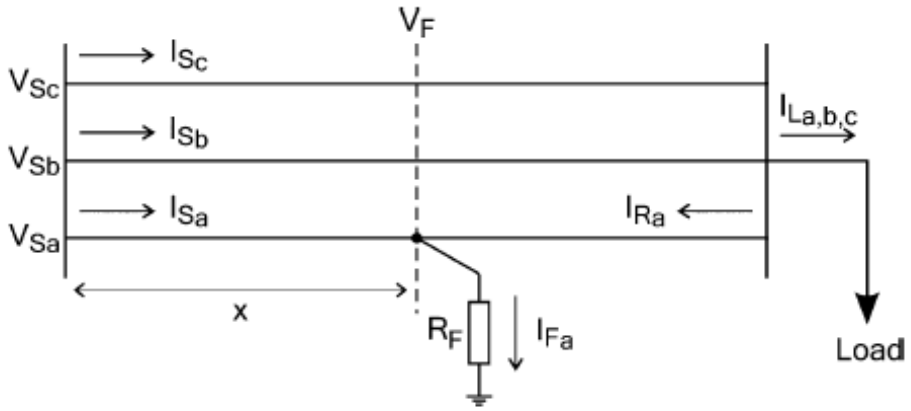


Figure II.6: modélisation du défaut phase-terre

Considérons le système illustré dans Figure (II.6), le système comporte un tronçon de ligne local, une ligne de distribution défectueuse avec résistance de défaut constante (R_f), et une charge équivalente. On peut montrer que pour un défaut phase-terre dans la phase m la relation suivante :

$$\begin{bmatrix} X \\ R_f \end{bmatrix} = \frac{1}{M_{1m} I_{Fmi} - M_{2m} I_{Fmr}} \begin{bmatrix} I_{Fmi} & -I_{Fmi} \\ -M_{2m} & M_{1m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{smr} \\ V_{smi} \end{bmatrix} \qquad (2.1)$$

Où l'indice r et i représentent, respectivement, les parties réelles et imaginaires des variables.

Les variables sont comme suit:

V_{sm} : Tension d'entrée de la phase m ;

V_{Fm} : Tension en point de défaut de la phase m ;

X : la distance de défaut (en kilomètre);

I_{Fm} : Courant de défaut (en ampères) ;

M_{1m} et M_{2m} sont définit dans (2.2) (2.3) ;

$$M_{1m} = \sum_K (Z_{mkr} I_{skr} - Z_{mki} I_{ski}) \quad (2.2)$$

$$M_{1m} = \sum_K (Z_{mkr} I_{ski} - Z_{mki} I_{skr}) \quad (2.3)$$

Où

K : phases a, b et c;

Z_{mk} : Impédance entre les phases m et k (O/km);

I_{sk} : Courant d'entrée de la phase k (A) ;

La résistance de défaut est donc estimée par (2.4) ;

$$R_F = \frac{-M_{2m} \times V_{smr} + M_{1m} \times V_{smi}}{M_{1m} I_{Fmi} - M_{2m} I_{Fmr}} \quad (2.4)$$

À partir de (2.4), il est possible d'obtenir la résistance de défaut à partir des paramètres du système: le courant de défaut et les tensions de tête de ligne. Les tensions sont déjà connues, une procédure itérative qui met à jour le courant de défaut est utilisée pour estimer la résistance de défaut.

b. Procédure d'estimation du courant de défaut

À partir de la relation (2.4) le seul inconnu est le courant de défaut. Toutes les autres variables sont des variables mesurées. En se basant sur la Fig(II.3), le courant de défaut peut être obtenu par l'équation (2.5).

$$I_{Fa} = I_{Sa} + I_{Ra} = I_{Sa} + I_{La} \quad (2.5)$$

Avec I_{La} est le courant de charge de la phase a. cependant, le courant de charge pendant la période de défaut est différente du courant de charge avant le défaut, dû à des chutes de tension et de la dynamique des systèmes pendant le défaut. Pour cette raison, une technique itérative est utilisée pour estimer le courant de charge pendant le défaut est décrite comme suit.

1) On suppose que le courant de charge au moment du défaut I_{La} est égal au courant de charge avant défaut.

2) Le courant de défaut peut être alors calculé par (2.5).

3) la résistance du défaut peut être donc calculée en utilisant une des équations (2.1), (2.2) et (2.3).

4) La tension au point du défaut est calculée par (2.6).

$$\begin{bmatrix} V_{Fa} \\ V_{Fb} \\ V_{Fc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{sa} \\ V_{sb} \\ V_{sc} \end{bmatrix} - X \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} I_{Fa} \\ I_{Fb} \\ I_{Fc} \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

5) Le courant de charge est mis à jour en utilisant la tension au point du défaut dans les équations suivant :

$$I_{la} = [Y_{aa}, Y_{ab}, Y_{ac}] . [V_{Fa}, V_{Fb}, V_{Fc}]^T \quad (2.7)$$

$$Y_{pq} = \left[(1 - X)Z_{pq} + Z_{LPQ}\right]^{-1} \quad (2.8)$$

Z_{pq} : Impédance de la ligne entre les phases p et q;

Z_{lpq} : Impédance de charge entre les phases p et q;

L : est la longueur totale de la ligne;

6) On vérifie si x converge en utilisant

$$|R_F(\alpha) - R_F(\alpha - 1)| < \delta \quad (2.9)$$

Avec δ est la tolérance sur l'erreur et α est le nombre d'itération.

7) Si x converge, on arrête la procédure; sinon, on revient à l'étape (2).

c. Les charges intermédiaires

L'application de l'algorithme décrit dans les systèmes de distribution avec des charges intermédiaires se fait à travers un processus de recherche itérative. Si la distance du défaut est obtenue au-delà de la longueur de la section analysée, alors le défaut est considéré externe.

Dans ce cas, l'algorithme est appliqué à nouveau, mais maintenant en utilisant les tensions et les courants de bus estimé en aval, la tension au niveau du bus en aval peut être estimée par :

$$[V_{t+1}] = [V_t] - [Z_t] \times [I_t] \quad (2.10)$$

Avec :

$[V_t]$: Vecteur de tension triphasé (en volt) ;

$[Z_t]$: Matrice d'impédance de la section de ligne ;

[It] : vecteur de courant triphasé ;

On considère un modèle d'impédance de charge constante, le courant de charge en aval est donné par la relation (2.11).

$$[I_{t+1}] = [Y_{Lt+1}] \times [V_{t+1}] \quad (2.11)$$

Avec :

$[I_{t+1}]$: Le courant de charge triphasé;

$[Y_{Lt+1}]$:Le Matrice d'admittance;

Par conséquent, le courant de ligne en aval peut être obtenu en utilisant la relation (2.12) :

$$[I_{t+1}] = [I_t] \times [I_{lt+1}] \quad (2.12)$$

Après que les tensions et les courants dans le bus en aval sont estimés, l'algorithme de localisation de défaut proposé est exécuté de nouveau à la section de ligne respective.

Le processus est répété jusqu'à ce que l'algorithme de localisation de défaut converge vers une distance à l'intérieur de la section analysée.

Après la convergence, la distance totale entre la poste source et le point de défaut est obtenue par (2.13), [17].

$$xtotal = x + x_{sr} \quad (2.13)$$

La majorité des méthodes de localisation nécessite l'utilisation d'un calcule approprie pour la classification des défauts, ainsi, il montre une inefficacité qui font obstacle à leur mise en œuvre pratique et leur utilisation industrielle.

À cause de la limitation mentionnée précédemment, un nouveau technique basé sur le calcule de la chute de tension est présenté.

II.4.1.3) Méthode basée sur la chute de tension :

Cette méthode précise le défaut à base de l'emplacement d'impédance. Il est indépendant de la classification de défaut, il permet de calculer la chute de tension entre deux points de mesure choisis à partir des points de mesure stratégique disponible de la ligne. L'efficacité de la technique propose est mise en évidence pour les différents types des défauts de réseau de distribution.

Un Développement mathématique est effectué en utilisant une modélisation simplifiée d'un seul tronçon de réseau de distribution afin de localiser le défaut entre les lignes et la terre et après on généralise la méthode sur plusieurs tronçons.

- **Un seul tronçon**

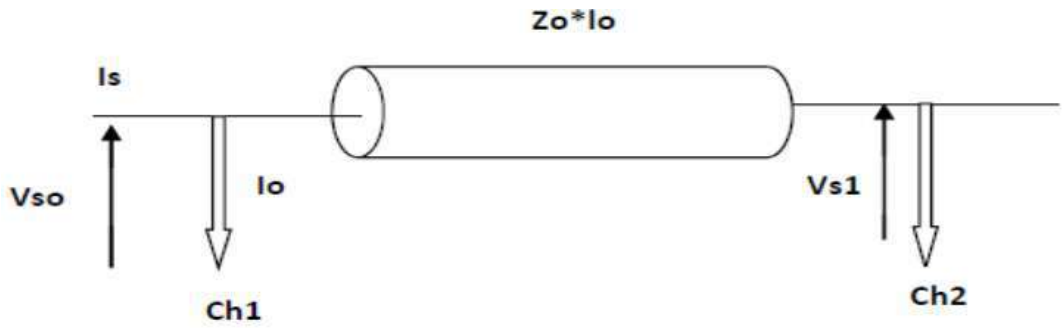


Figure II.7: modélisation d'un seul tronçon de la ligne de réseau de distribution avant le défaut

I_s : Vecteur du courant total de tête de ligne avant défaut $I_s=\begin{bmatrix} I_{sa} \\ I_{sb} \\ I_{sc} \end{bmatrix}$

I_s : Le courant de la première charge avant défaut;

z_0 : La matrice d'impédance linéique de la ligne $z_0=\begin{bmatrix} z_{aa} & z_{ab} & z_{ac} \\ z_{ba} & z_{bb} & z_{bc} \\ z_{ca} & z_{cb} & z_{cc} \end{bmatrix}$

V_{so} : Vecteur de la tension de tête de ligne avant défaut $V_{so}=\begin{bmatrix} V_{soa} \\ V_{sob} \\ V_{soc} \end{bmatrix}$

V_{s1} : Vecteur de la tension aux bornes de la charge avant défaut $V_{s1}=\begin{bmatrix} V_{s1a} \\ V_{s1b} \\ V_{s1c} \end{bmatrix}$

On a à partir du circuit ci-dessus : $V_{so} - V_{s1} = z_0 . I_0 . (I_s - I_0)$ (2.14)

❖ **Après défaut**

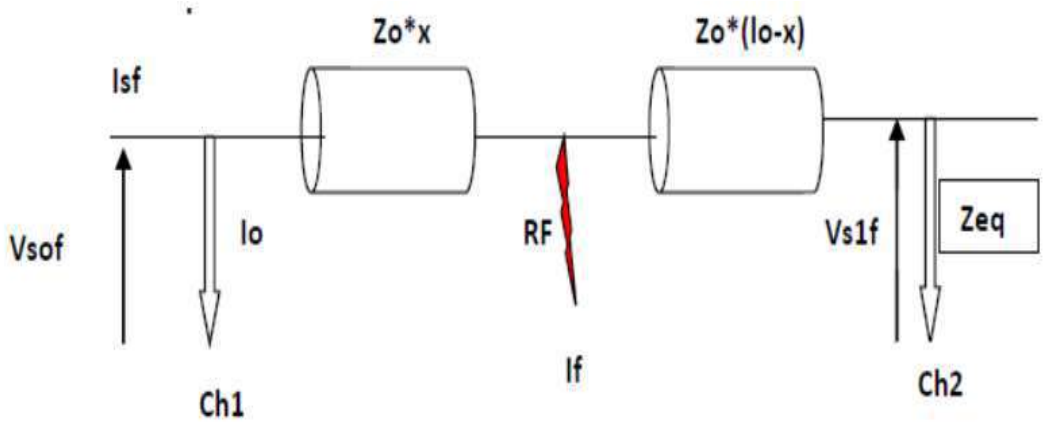


Figure II.8: modélisation d'un seul tronçon de ligne de réseau de distribution après le défaut

I_{sf} : Vecteur du courant total de tête de ligne après défaut $I_{sf}=\begin{bmatrix} I_{sfa} \\ I_{sfb} \\ I_{sfc} \end{bmatrix}$

I_0 : Le courant de la première charge après défaut ;

Z_0 : La matrice d'impédance linéique de la ligne ;

V_{sof} : Vecteur de la tension de tête de ligne après défaut $V_{sof}=\begin{bmatrix} V_{sofa} \\ V_{sofb} \\ V_{sofc} \end{bmatrix}$;

V_{s1f} : Vecteur de la tension aux bornes de la charge 2 après défaut $V_{s1f}=\begin{bmatrix} V_{s1fa} \\ V_{s1fb} \\ V_{s1fc} \end{bmatrix}$;

I_0: Le courant de la première charge est généralement égal à

En considérant le cas général des défauts qui peuvent apparaitre illustré dans la figure suivante :

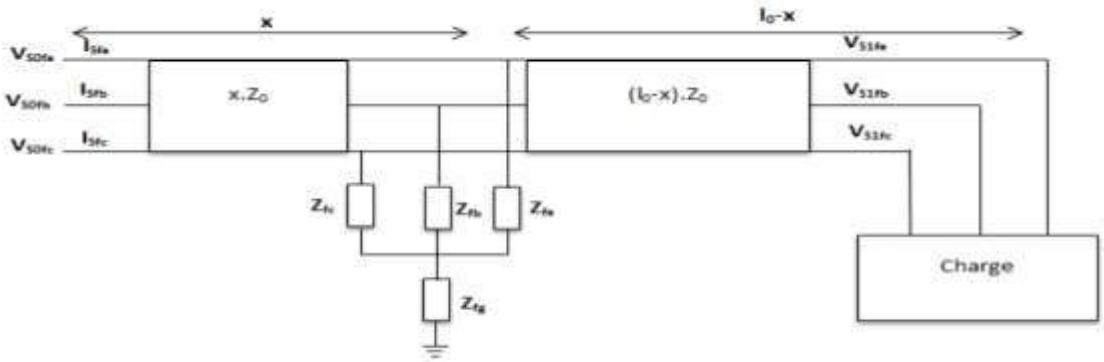


Figure II.9: modélisation de défaut pour les trois phases

À partir de la figure, on aura :

$$V_{sof} - V_{s1f} = x.z_0.(I_{sf}) + (I_0 - x).z_0.(I_{sf} - I_F) \quad (2.15)$$

Alors

$$V_{sof} - V_{s1f} = x.z_0.I_F + I_0.z_0.(I_{sf} - I_F) \quad (2.16)$$

$$x.z_0.I_F = V_{sof} - V_{s1f} - I_0.z_0.(I_{sf} - I_F) \quad (2.17)$$

Pour un cas général de défaut, le courant de défaut est:

$$I_F = \begin{bmatrix} I_{sfa} \\ I_{sfb} \\ I_{sfc} \end{bmatrix}$$

En remplaçant $z_0, I_F, V_{sof}, I_{sf}$ par ses expressions :

$$X.\begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{bc} & Z_{cc} \end{bmatrix}.\begin{bmatrix} I_{Fa} \\ I_{Fb} \\ I_{Fc} \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} V_{sofa} \\ V_{sofb} \\ V_{sofc} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_{s1fa} \\ V_{s1fb} \\ V_{s1fc} \end{bmatrix}\right) - I_0.\begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{bc} & Z_{cc} \end{bmatrix}.\left(\begin{bmatrix} I_{sfa} \\ I_{sfb} \\ I_{sfc} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} I_{Fa} \\ I_{Fb} \\ I_{Fc} \end{bmatrix}\right) \quad (2.18)$$

Avec $$x.[z_0.I_F] = [A] \quad (2.19)$$

$$A = \left(\begin{bmatrix} V_{sofa} \\ V_{sofb} \\ V_{sofc} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_{s1fa} \\ V_{s1fb} \\ V_{s1fc} \end{bmatrix}\right) - \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{bc} & Z_{cc} \end{bmatrix}.\left(\begin{bmatrix} I_{sfa} \\ I_{sfb} \\ I_{sfc} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} I_{Fa} \\ I_{Fb} \\ I_{Fc} \end{bmatrix}\right) \quad (2.20)$$

Donc la distance du défaut peut être calculée par :

$$X = [A].[z_0.I_F]^T \quad (2.21)$$

❖ **Cas particulier « défaut phase à la terre »:**

Dans le cas d'un défaut phase à la terre (phase « a » par exemple), le vecteur du courant de défaut sera :

$$I_F = \begin{bmatrix} I_{Fa} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$X.Z_0.\begin{bmatrix} I_{Fa} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} V_{sofa} \\ V_{sofb} \\ V_{sofc} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_{s1fa} \\ V_{s1fb} \\ V_{s1fc} \end{bmatrix}\right) - I_F.Z_0\left(\begin{bmatrix} I_{sfa} \\ I_{sfb} \\ I_{sfc} \end{bmatrix} - .\begin{bmatrix} I_{Fa} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}\right) \quad (2.22)$$

Donc la distance du défaut peut être calculée par :

$$X = \frac{V_{sofa} - V_{s1fa} - I_0.Z_{0a}(I_{sfa} - I_F)}{Z_{oa}.I_F} \quad (2.23)$$

II.5) Conclusion

Le deuxième chapitre comporte un aperçu général sur les étapes à suivre pendant l'apparition d'un défaut.

Ainsi, les méthodes de détection de défaut suivi par les méthodes de localisation des défauts à savoir la méthode itérative classique qui consiste à calculer l'impédance apparente et des grandeurs fondamentales afin de localiser le défaut.

A la fin la nouvelle technique basée sur le calcul de la chute de tension entre deux points de mesure choisis à partir des points de mesure stratégique disponible de la ligne.

Chapitre III

III.1)- Introduction :

Il existe plusieurs approches pour la modélisation d'un défaut. L'approche la plus courante, qui est suffisante pour la plupart des applications, consiste à représenter un défaut par une résistance réelle et constante enclenchée à l'instant d'amorçage du défaut. En pratique la valeur exacte de la résistance de défaut est inconnue et aléatoire mais on suppose qu'il s'agit toujours d'une valeur réelle.

Dans le cas le plus courant, un défaut monophasé sur une ligne aérienne dû à un arc électrique, la résistance de défaut se compose des résistances de l'arc, du pylône et de la mise à la terre du pylône. En pratique la résistance de mise à la terre représente le facteur le plus important, alors que la résistance de l'arc est négligeable.

L'étude des défauts est devenue de plus en plus importante afin de connaître et de trouver des moyens de réduire ou de les atténués afin de maintenir la stabilité du système.

Dans ce chapitre nous avons utilisée le « Matlab-simulink » pour simuler les défauts dans les lignes de transport d'énergie électrique.

III.2) Méthodes utilisées dans la détection des défauts Dans les lignes de transport de l'énergie électriques :

La détection des défauts dans les lignes de transport d'énergie électrique comporte trois étapes essentielles représentées par la Figure (III.1).



Figure III.1: La détection des défauts dans lignes de transport d'énergie électrique.

En général, on peut distinguer trois niveaux de traitement après l'apparition d'un défaut:

- la détection d'un défaut monophasé
- la classification des défauts
- la localisation du défaut ou du tronçon du réseau en défaut.

L'inconvénient principal des lignes de transport d'énergie électrique est une détection et la localisation de défauts et très difficiles. Différentes méthodes ont donc été développées durant les dernières décennies pour résoudre ce problème. Ces méthodes doivent être considérées dans le contexte d'évolution de la technique et de l'informatique. Beaucoup d'approches intéressantes sont devenues réalisables seulement grâce au progrès dans ces domaines, alors qu'autrefois des problèmes de précision ont souvent empêché leur application.

III.2.1)- Circuit de simulation :

Le réseau étudier est indiqué sur la Figure (III.2), ce réseau est composé d'une ligne de transport d'énergie électrique, source de tension triphasé. La longueur de la ligne est de 200 km avec une tension de 420 kV.

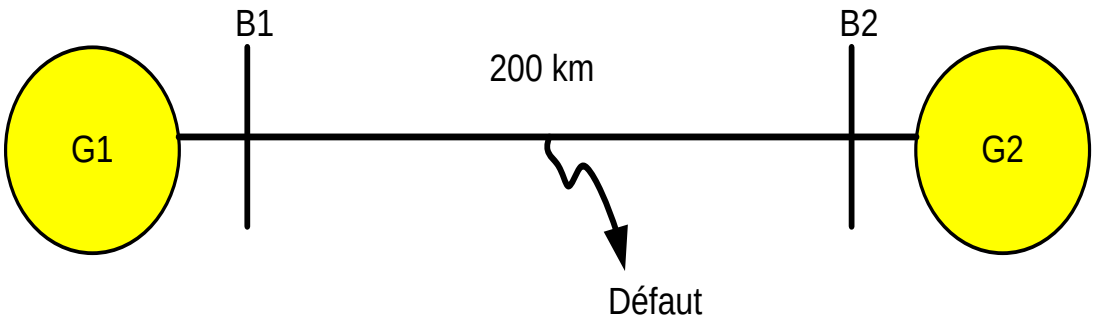


Figure III.2: Le schéma unifilaire du réseau étudié.

La simulation est réalisée par le logiciel Matlab-Simulink avec power Système, pour simuler les signaux de tensions et de courants au niveau des lignes. L'application des méthodes de la simulation en présence de défauts est réalisée par le même logiciel.

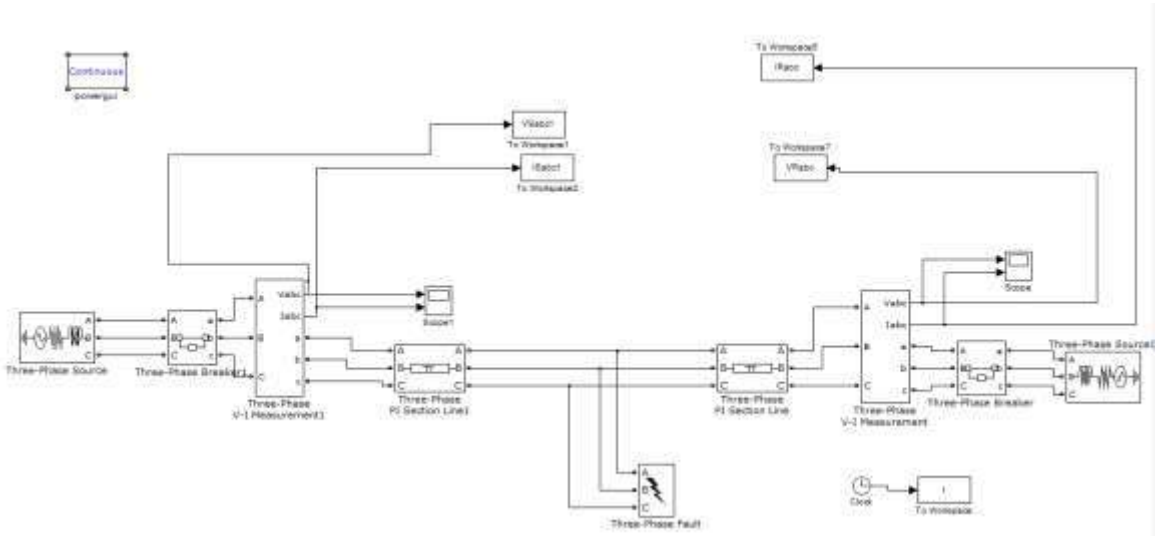


Figure (III.3) : Réseau de simulation avec défaut sur la ligne.

Les paramètres du réseau sont décrits comme suite :

Sources :

Niveau de tension du réseau : 420 kV

Impédance : Z_S = (0.8929+j 16.58e-3) Ω

La phase d'angle :-entrée=0°

-sortie=−10°

Ligne :

Longueur de la ligne : L = 200 km

Impédance directe : Z_{1L}= ([0.01976 0.22632]) Ω/km

Impédance homopolaire : Z_{0L}= ([9e-4 2.4e-3]) Ω/km.

Capacité directe : C_{1L} = [12.13497e-9] F/km

Capacité homopolaire : C_{0L} = [7.721e-9] F/km.

L'objectif de cette simulation est uniquement la détection de défauts. Elle ne permet pas la sélection du départ en défaut ou une localisation plus détaillée. La tension neutre-terre, relativement faible en service normal du réseau, augmente immédiatement avec l'apparition d'un défaut. Dans le cas d'un défaut elle atteint même la tension nominale simple du réseau. Ce phénomène peut être exploité pour la détection de défauts en définissant des valeurs seuils

pour la tension ou pour sa variation. Plus le défaut est résistif plus cette méthode devient sensible vis-à-vis d'autres influences qui peuvent faire varier la tension neutre-terre.

III.2.2)-Les signaux des tensions et des courants obtenus :

II.2.3.1 Analyse des résultats :

Dans la Figure (III.4) on voit sur la première figure que les trois courants ont des formes sinusoïdales. On ne détecte aucune anomalie donc le réseau est sain.

- **Sans défaut :**

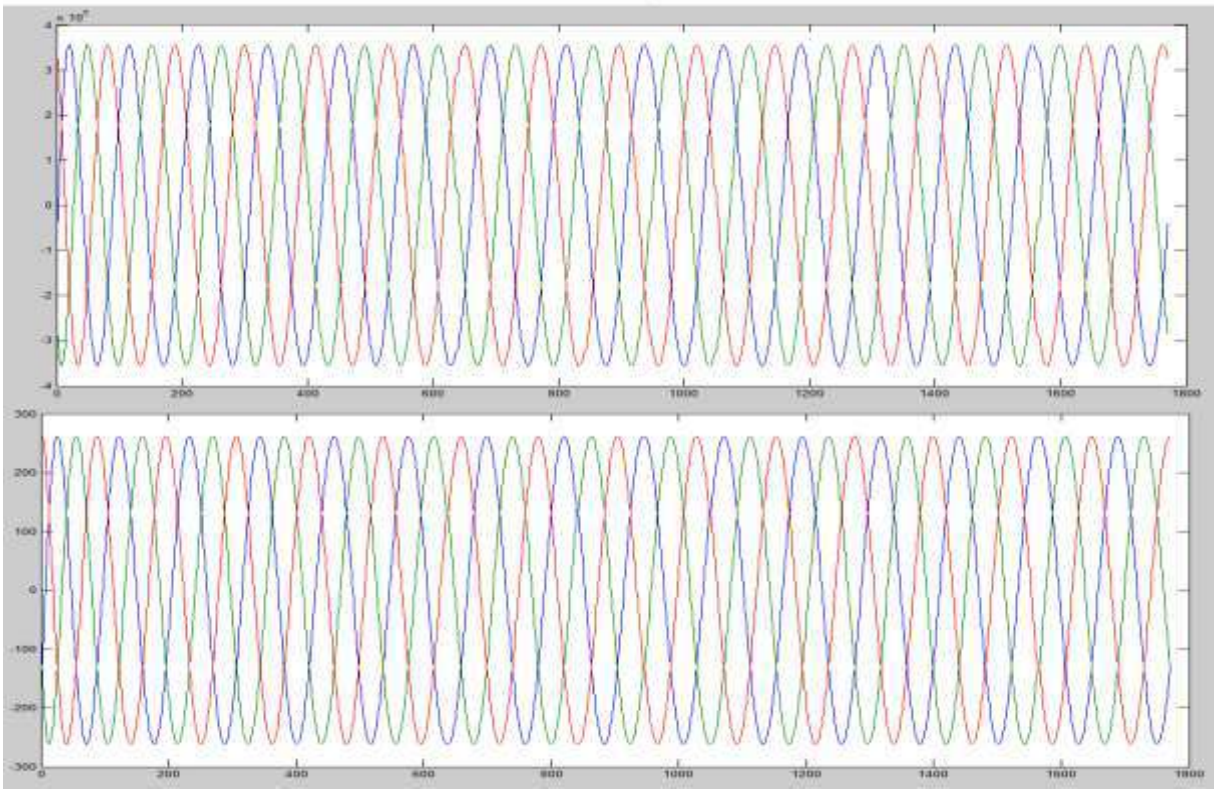
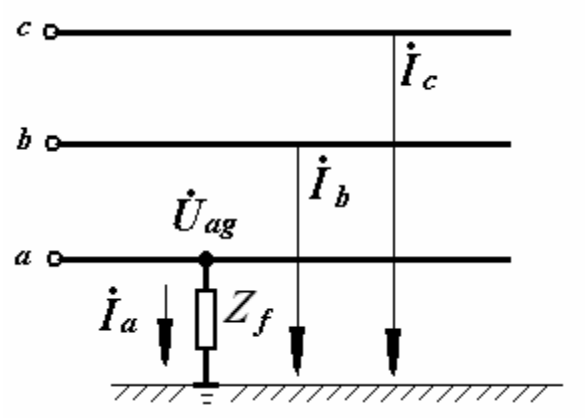


Figure III.4: Signale des tensions et des courants sans défaut.

La Figure (III.5) représente les formes d'ondes de courants lors de l'occurrence d'un défaut monophasé entre la phase A et la terre G.

- **Défaut monophasé :**



Figures (III.5) : schéma représente défaut phase-terre

Les figures (III.6) représentent respectivement les signaux des tensions et courants des trois phases pour un défaut monophasé avec terre pour une résistance de défaut (R_f=10 Ω), à une distance x = 50 km à partir du jeu de barres.

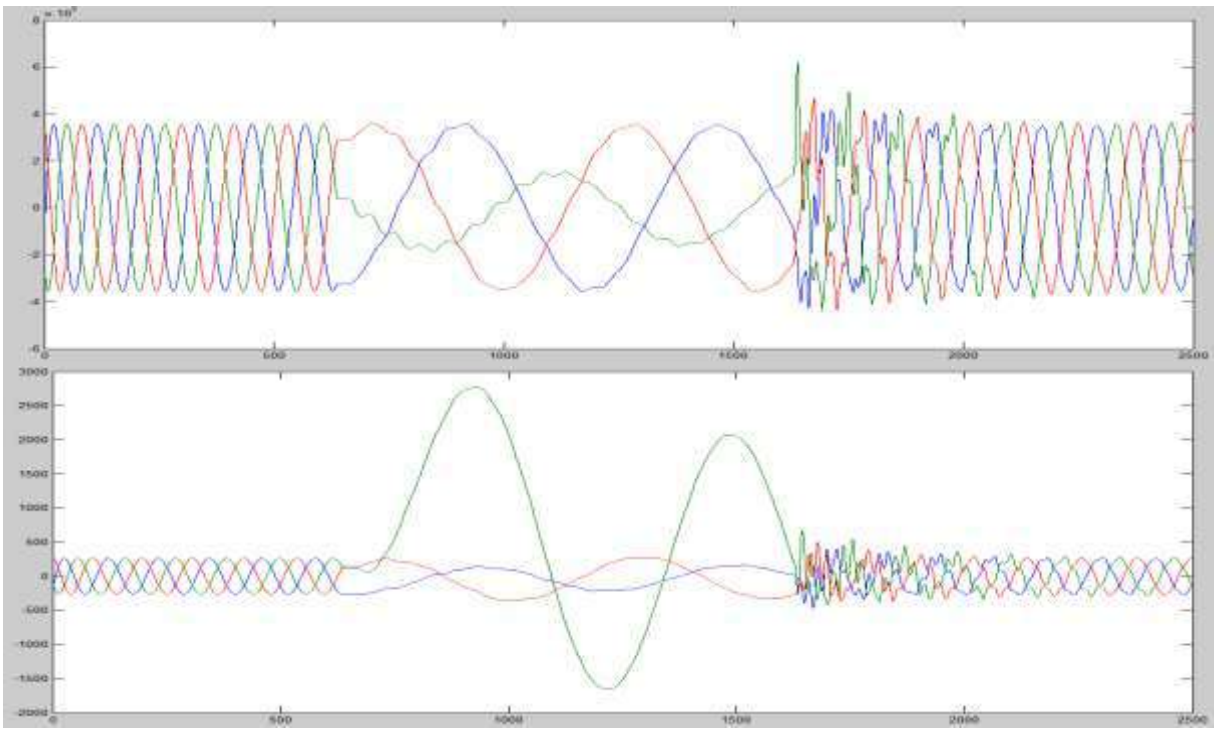
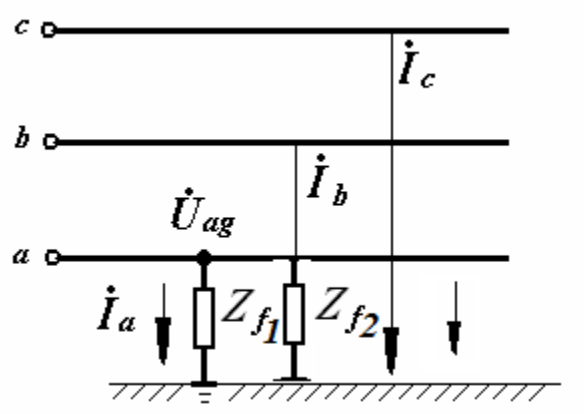


Figure III.6 : Signale des tensions et des courants de défaut monophasé à la terre

En cas de défaut monophasé à la terre (phase a-terre), On observe que la tension de la phase en défaut diminue (presque nuls).Et le courant de cette phase de défaut augmente 100 fois Par rapport à le courant nominal I_n.

- **Défaut biphasé à la terre :**



Figures (III.7) : schéma représente défaut biphasé-terre

Les figures (III.8) représentent respectivement les signaux des tensions et courants des trois phases pour un défaut monophasé avec terre pour une résistance de défaut (R_f=10 Ω), à une distance x = 50 km à partir du jeu de barres.

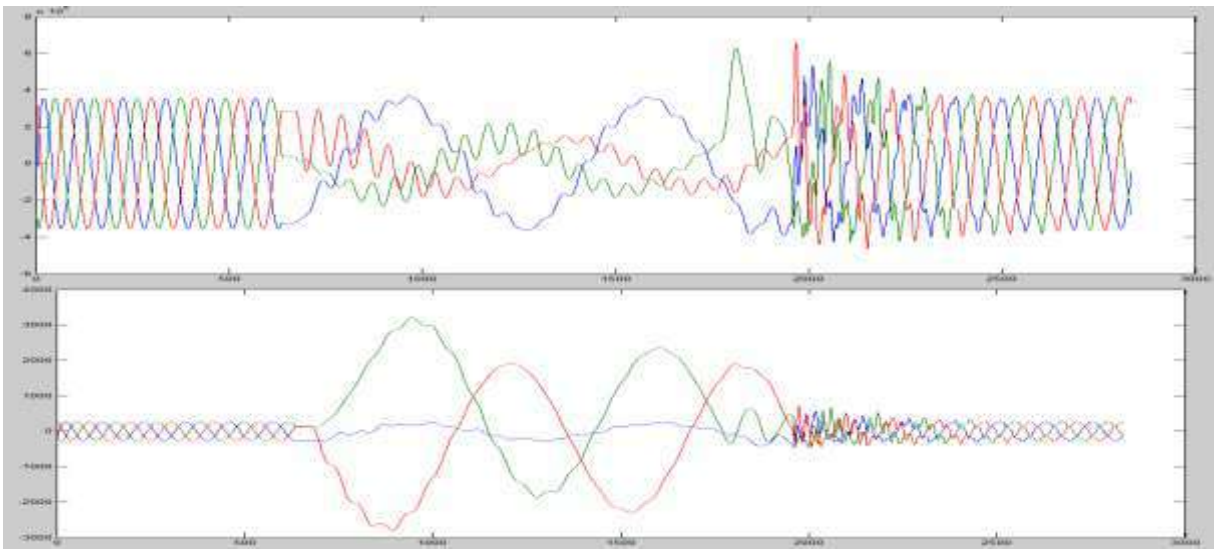
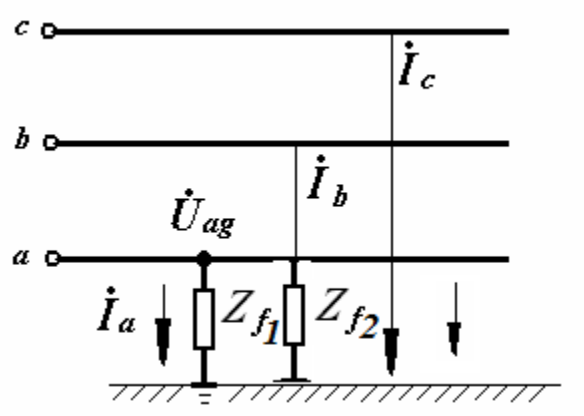


Figure III.8 : Signale des tensions et des courants de défaut biphasé à la terre

En cas de défaut biphasé à la terre (deux phases a-terre), On remarque que la tension des deux phases en défaut diminue à l'instant du défaut (presque nul).

Et le courant de ces phases au défaut augmentes 100 fois Par rapport au e courant nominalI_n.

- **Défaut triphasé :**



Figures (III.9) : schéma représente défaut triphasés-terre

Les figures (III.10) représentent respectivement les signaux des tensions et courants des trois phases pour un défaut triphasé avec terre pour une résistance de défaut (R_f =10 Ω), à une distance x = 50 km à partir du jeu de barres

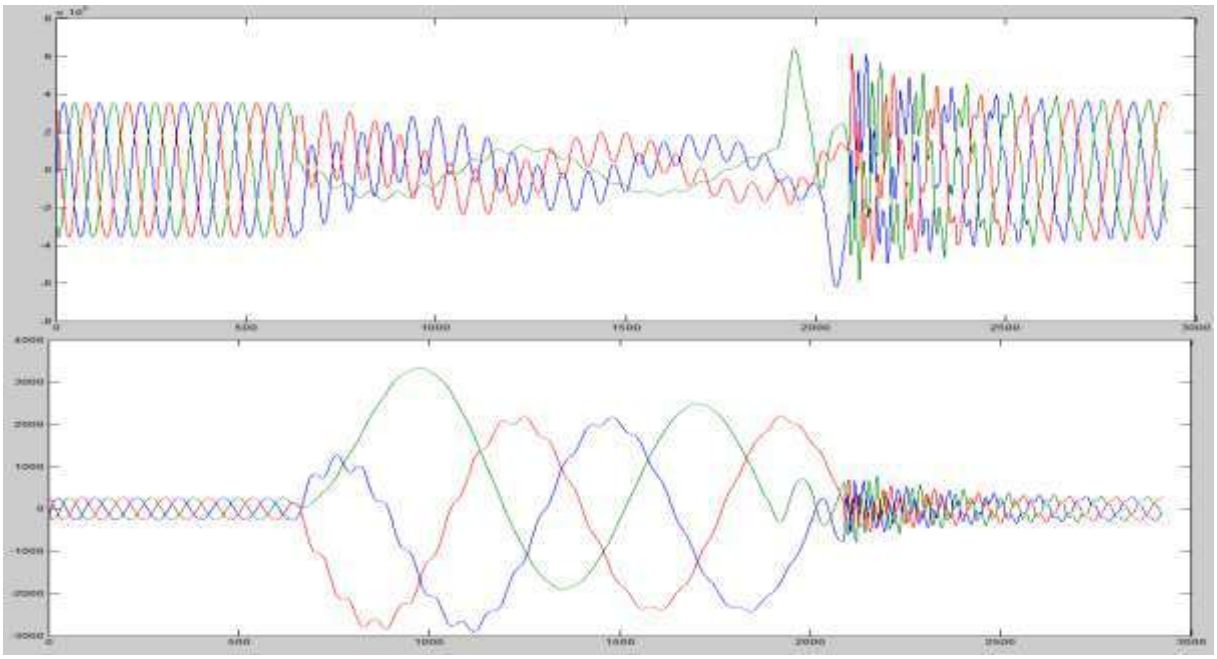


Figure III.10 : Signale des tensions et des courants de défaut triphasé à la terre

En cas de défaut biphasé à la terre (trois phases a-terre), On remarque que la tension de trois phases en défaut a aussi diminue pendant le défaut (presque nuls).

Ou le courant de ces phases en défaut augmentes 100 fois Par rapport au courant nominalI_n.

Après avoir simulé le système pour la détection nous allons maintenant l'utiliser pour la classification des défauts c'est-a-dire déterminer le type défaut qui survient sur la ligne. Nous rappelons ici les types de défauts possibles :

1. Défaut monophasé entre une phase et la terre.
3. Défaut biphasé terre entre deux phases et la terre.
4. Défaut triphasé.

I.7) Conclusion:

Dans ce chapitre on a présenté la méthode de simulation et la classification des défauts dans les lignes de transport d'énergie électrique en utilisant le logiciel Matlab- Simulink.

Cette méthode utilise les mesures des valeurs des composantes fondamentales des signaux des courants et des tensions de phase son et avec le défaut, les résultats obtenus ont prouvé par comparaison avec le système son défaut la validité de cette méthode pour tous les types des défauts. Pour cette méthode la résistance et l'endroit du défaut n'ont pas une influence importante sur la classification des défauts.

Conclusion générale

Le but général de ce travail est d'étudie les nouvelles méthodes de classification et de localisation des défauts dans les lignes de transport d'énergie électrique qui peuvent résoudre les problèmes qui affectent la stabilité des réseaux électriques. À cette fin, différents méthodes et algorithmes de classification et de localisation ont été étudiés dans ce mémoire pour obtenir une meilleure évaluation et simulation des défauts dans les lignes de transport d'énergie électrique.

Dans le premier chapitre une présentation des généralités sur les défauts électriques ces origines, leurs types, ces effets et ces conséquences avec bref aperçu les principaux types de protection, suivi d'une étude sur les déférents types des relais qui existent et les organes du relai numérique.

La deuxième partie présente une étude théorique sur les techniques utilisées pour la localisation des défauts dans les systèmes de distribution de l'énergie électrique est l'inspection visuelle qui impose un temps de restauration très important et ensuite une présentation des méthodes de localisation qui ont été choisies pour cette étude, afin d'avoir une idée plus large sur chaque méthode.

La troisième partie présente une modélisation simple pour la localisation des défauts dans les lignes de transport d'énergie électrique par l'intermédiaire de la simulation numérique d'un réseau de 420kv et d'une ligne de 200 km en utilisant le logiciel «MATLAB SIMULINK». Les résultats obtenus confirment la validité et l'efficacité de cette méthode utilisées.

Bibliographiques

[1]- Fault Location Algorithms for Electrical Power Transmission Lines by Shreya Parmar Delft University of Technology Netherlands

[2]- Cong Duc Pham, " Détection et localisation de défauts dans les réseaux de distribution HTA en présence de génération d'énergie dispersée ", Énergie électrique. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2005, français.

[3] Technique d'ingénieur. Génie électrique *« les composantes symétriques »*.

[4] Thompson Adu, "An accurate fault classification technique for power system monitoring devices" *IEEE transactions on power delivery,*

[5] Yongli li "Identification algorithms, fault selectors and tracking of states for digital relays",*thèse doctorat 1993 Université libre de Bruxelles*

[6]T. Takagi, Y. Yamakoshi, M. Yamamura, R. Kondow, T. Matsushima, "Development of a New Fault Locator Using the One-Terminal Voltage and Current Data", IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-101, No.8, August, 1982

[7] - R. Das, M. M. Saha, P. Verho, D. Novosel, "Fault Location Techniques for Distribution Systems", 17th International Conference on Electricity Distribution, CIRED, 2003

[8] - K. Zimmerman, D. Costello, "Impedance Based Fault Experience", IEEE, 2005

[9] - T. Welfonder, "Localisation de défauts monophasés dans les réseaux de distribution à neutre compensé", Thèse INPG, soutenue le 28 mai 1998

[10] - V. E. Kachesov, V. Yu. Lavrov, A. B. Cherepanov, "Parametric method of fault location estimation in distribution networks", Power Technology and Engineering, Vol.37, No.4, 2003

[11] - R.K. Aggarwal, Y. Aslan, A. T. Johns, "New concept in fault location for overhead distribution systems using superimposed components", IEE Proc. – Gener.Transm. Distrib., vol.144, No.3, May, 1997

[12] - M. Zangiabadi, M. Haghifam, A. Khanbanha, M. Attari, "Fault location in distribution systems based on artificial neural networks and application of GIS", 17th International Conference on Electricity Distribution, CIRED, 2003

[13] - Y. M. Park, G.6W. Kim, J.6M. Sohn, "A logic Based Expert System (LBES) for Fault Diagnosis of Power System", IEEE Trans. Power Systems, Vol.12, No.1, February, 1997

[14] - R. Apel, C. Jaborowicz, R. Kussel, "Summary: Fault Management in Electrical Distribution Networks", 16th International Conference on Electricity Distribution, CIRED, 2001

[15] - T.T. Ha Pham, Y. Besanger, Ch. Andrieu, N. Hadj-said, M. Fontela, B. Enacheanu, "A new restoration process following a blackout in a power"

[16]- Delcho penkov, " localisation des défauts dans le réseau de distribution en présence d'énergie dispersée ", pour obtenir le garde de docteur de l'INP Grenoble sous La Direction Jean-Pierre ROGNON, université technique de Sofia, 15 septembre 2006.

[17]- R. H. Salim, K. R. C. Oliveira, M. Resener, A. D. Filomena, and A. Suman Bretas, "Extended Fault-Location Formulation for Power Distribution Systems",IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 24, NO. 2, APRIL 2009