

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الآلية و الإلكتر وتقني
Département d'Automatique et d'Électrotechnique



Mémoire de Master

Filière : Électrotechnique

OPTION : MACHINES ÉLECTRIQUES

Présenté par :

HASSANE Souhaib

&

FERFAR Hamza

Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux électriques

Proposé par : Dr.BELAZZOUG Messaoud

Année Universitaire :2021-2022

Nous remercions avant tout Allah de nous avoir gardé en bonne santé afin de mener à bien ce projet de fin d'étude. Nous remercions également nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous terminons nos études.

Notre plus grand remerciement va à notre promoteur **Dr.Belazzoug.M** pour nous avoir guidé pour la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Nous ne serions oubliés en fin de remercions les honorables membres du jury qui nous feront l'immense honneur de présider et d'examiner ce modeste travail. Sans oublier de remercions tous les enseignants du département d'Automatique et Electrotechnique.

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la finalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Résumé

Le dimensionnement d'une installation électrique et des matériels à mettre en œuvre, la détermination des protections des personnes et des biens ,nécessitent le calcul des courants de court-circuit en tout point du réseau.

L'objectif poursuivi est de bien faire connaître les méthodes de calcul les courants de court-circuit dans un réseau de transport. On utilise le programme MATLAB/SIMULINK pour les installations HTA.

Nécessaire dans la conception de toute installation électrique. Cette valeur permet de déterminer :

- Le pouvoir de coupure des appareils de protection.
- L'étude de la sélectivité.

يتطلب تحديد حجم التركيبات الكهربائية والمعدات التي سيتم تنفيذها، وتحديد حماية الأشخاص والبضائع، حساب تيارات الدائرة القصيرة في أي نقطة من الشبكة.

والهدف من ذلك هو التعريف بطرق حساب تيارات الدائرة القصيرة في شبكة النقل. يتم استخدام

برنامج MATLAB / SIMULINK لمنشآت HTA.

ضروري في تصميم أي تركيب كهربائي. تستخدم هذه القيمة لتحديد:

-قوة القطع لأجهزة الحماية.

-دراسة الانتقائية.

The sizing of an electrical installation and the equipment to be implemented, the determination of the protections of people and goods, require the calculation of short-circuit currents at any point of the network.

The objective is to make well known the methods of calculating short-circuit currents in a transmission network. The MATLAB/SIMULINK program is used for HTA installations.

Necessary in the design of any electrical installation. This value is used to determine:

- The cutting-off power of protective devices.
- The study of selectivity.

Listes des Acronymes et Abréviations

TBT : très basse tension.

BT: base tension.

THT: très haute tension.

I_{cc} : courant de court circuit.

CEI60909 : norme s'applique à tous les réseaux maillés ou radiaux jusqu'à 230KV

V^P : la tension pré existante au point de défaut.

U: tension entre phases à vide au secondaire du transformateur

Z_{cc} : impédance totale par phase en amont.

P_{cc}: puissance apparente de court circuit.

Z_a : impédance amont du transformateur.

Liste des Figures et Tableaux

Chapitre 1 Généralités sur le réseau électrique

Figure 1-1 Architecture d'un réseau électrique	2
Figure 1-2 Un réseau aérien	3
Figure 1-3 Un réseau souterrain	4
Figure 1-4 Les lignes électriques	4
Figure 1-5 Transformateur de puissance	5
Figure 1-6 Transformateur à la centrale hydroélectrique	5
Figure 1-7 Cas d'une consommation alimentée par une ligne depuis une centrale	10
Figure 1-8 Déséquilibre de tension	11
Figure 1-9 exemple de creux de tension	11
Figure 1-10 Relais électromécanique	19
Figure 1-11 Relais numérique	20
Figure 1-12 Les disjoncteurs à huile	21
Figure 1-13 Les disjoncteurs à vide	22

Chapitre 2 Présentation des différentes méthodes de calcul de courant de court-circuit

Figure 0-1 Forme générale d'un courant de court-circuit	26
Figure 0-2 Système déséquilibré triphasé obtenu en additionnant les trois systèmes équilibrés	27
Figure 0-3 Schéma de décomposition d'une installation électrique en BT.....	35
Figure 0-4 Les différentes courant de court-circuit [9]	36
Figure 0-5 Schéma d'une distribution électrique	38
Tableau 1 La valeur du courant de court-circuit au secondaire d'un transformateur ..	39
Tableau 2 La valeur de Icc aval en fonction du Icc amont	40

Chapitre 3 Simulation et résultat

Figure 0-1 Le schéma global de réseau étudié	45
Figure 0-2	46
Figure 0-3	46
Figure 0-4	47
Figure 0-5	48
Figure 0-6	48
Figure 0-7	49
Figure 0-8	50
Figure 0-9	50
Figure 0-10	51

Table des matières

CHAPITRE 1 GENERALITES SUR LE RESEAU ELECTRIQUE.....	1
1.1 INTRODUCTION.....	1
1.2 DEFINITION D'UN RESEAU ELECTRIQUE.....	1
1.3 ARCHITECTURE GENERALE D'UN RESEAU ELECTRIQUE	1
1.3.1 Les réseaux de transport à très Haute Tension (THT)	2
1.3.2 Réseaux de distribution moyenne tension (MT).....	2
1.3.3 Réseaux de distribution base tension (BT).....	3
1.3.4 Réseaux aériens	3
1.3.5 Réseaux souterrains	3
1.4 MATERIEL UTILISE DANS LES RESEaux ELECTRIQUES	4
1.4.1 Les lignes électriques.....	4
1.4.2 Les transformateurs de puissance	5
1.4.3 Les postes électriques.....	5
1.4.4 Protection des réseaux électrique	6
1.4.5 Matériel de conduite et de surveillance.....	6
1.5 CONDITION D'EXPLOITATION D'UN RESEAU ELECTRIQUE	6
1.5.1 Courant continue ou alternatif ?	6
1.5.2 Tension sinusoïdale	7
1.6 UN DISPOSITIF MONOPHASE OU TRIPHASE ?	7
1.6.1 Fréquence des réseaux électrique	7
1.6.2 Grandeur électriques.....	7
1.7 STABILITE DES RESEaux ELECTRIQUE.....	8
1.7.1 Introduction	8
1.7.2 Stabilité en fréquence	9
1.7.3 Stabilité en tension.....	9
1.8 LES PROBLEMES SURVENANT SUR LE RESEAU	10
1.8.1 Chute de tension	10
1.8.2 Déséquilibre de tension	11
1.8.3 Creux de tension.....	11
1.8.4 Surtension	11
1.8.5 Variation de fréquence.....	12
1.8.6 Présence d'harmonique.....	12
1.8.7 Défaut de ligne.....	12

1.9	PROTECTION DES RESEAUX ELECTRIQUE.....	13
1.10	ELECTROTECHNIQUE	13
1.11	HISTORIQUE DE L'ELECTROTECHNIQUE.....	13
1.12	PRINCIPE DE L'ELECTROTECHNIQUE	15
1.12.1	<i>Protection des réseaux électriques.....</i>	<i>15</i>
1.12.2	<i>Qualités fondamentales d'une protection électrique.....</i>	<i>16</i>
1.13	UN RESEAU ELECTRIQUE.....	16
1.13.1	<i>D'un circuit de puissance comportant :</i>	<i>16</i>
1.13.2	<i>D'un circuit de terre comportant :.....</i>	<i>16</i>
1.14	CENTRALES DE PRODUCTION	17
1.15	POSTES DE TRANSFORMATION	17
1.16	LES LIGNES AERIENNES.....	17
1.17	LES ISOLATEURS	17
1.18	LES RESEAUX DE TERRE	18
1.19	LES LIGNES DE TRANSPORT.....	18
1.20	TYPES DE LIGNES	18
1.21	TRANSPOSITION DES PHASES	18
1.22	LES APPAREILS D'ELIMINATION DES DEFAUTS	19
1.22.1	<i>Les relais de protection</i>	<i>19</i>
1.22.2	<i>Les types des relais.....</i>	<i>19</i>
1.23	LES DISJONCTEURS.....	21
1.23.1	<i>Les disjoncteurs à huile</i>	<i>21</i>
1.23.2	<i>Disjoncteur à air comprimé.....</i>	<i>21</i>
1.23.3	<i>Disjoncteur à vide</i>	<i>22</i>
1.23.4	<i>Les fusibles.....</i>	<i>22</i>
1.24	CONCLUSION.....	22

CHAPITRE 2 PRESENTATION DES DIFFERENTES METHODES DE CALCUL DE COURANT DE COURT-CIRCUIT23

2.1	INTRODUCTION.....	23
2.2	DEFINITION D'UN DEFAUT	23
2.3	LES PRINCIPAUX DEFAUTS ELECTRIQUES.....	23
2.4	LE COURT-CIRCUIT	24
2.5	CARACTERISTIQUE DE COURT-CIRCUIT.....	24
2.5.1	<i>En fonction de sa durée.....</i>	<i>24</i>
2.5.2	<i>En fonction de son origine.....</i>	<i>24</i>

2.5.3	<i>En fonction de son localisation</i>	25
2.5.4	<i>En fonction de son type</i>	25
2.6	DEFINITION DE COURANT DE COURT-CIRCUIT.....	25
2.7	INTENSITE DU COURANT DE COURT-CIRCUIT	26
2.8	LES METHODES POUR LE CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT	26
2.8.1	<i>La méthode des composantes symétriques</i>	26
2.8.2	<i>Circuit équivalent des 3 séquences</i>	27
2.8.3	<i>Court-circuit triphasé symétrique</i>	27
2.8.4	<i>Court-circuit biphasé isolé</i>	29
2.8.5	<i>Court-circuit biphasé terre</i>	30
2.8.6	<i>Court-circuit monophasé</i>	32
2.8.7	<i>Court-circuit monophasé avec impédance</i>	33
2.8.8	<i>La méthode des impédances</i>	34
2.8.9	<i>Court-circuit triphasé</i>	35
2.8.10	<i>Court-circuit biphasé isolé</i>	36
2.8.11	<i>Court-circuit monophasé isolé</i>	36
2.8.12	<i>Puissance de court-circuit d'un réseau amont Z_a</i>	36
2.8.13	<i>Transformateur</i>	37
2.8.14	<i>Les disjoncteurs</i>	37
2.8.15	<i>Les câbles</i>	37
2.8.16	<i>Les jeux de barres</i>	37
2.9	LA METHODE A BASE DES TABLEAUX ET D'ABAQUES.....	37
2.10	LA METHODE PAR UN LOGICIEL	42
2.11	CONCLUSION.....	44
CHAPITRE 3 SIMULATION ET RESULTAT.....		45
3.1	INTRODUCTION.....	45
3.2	LES RESULTATS DE SIMULATION:.....	45
3.3	CONCLUSION.....	51

Introduction Général

Tout fonctionnement d'un réseau électrique peut être sujet à l'apparition de défauts se manifestant souvent par des courants élevés de « court-circuit ». Le court-circuit est l'un des incidents majeurs qui peuvent affecter les réseaux électriques et avec de lourdes conséquences qu'il est nécessaire de savoir gérer au mieux. Le savoir-faire en matière de construction et de dimensionnement des réseaux d'énergie électrique exige la connaissance du comportement lors d'un court-circuit. Les contraintes thermique et mécanique des conducteurs doivent être vérifiées non seulement avec le courant maximal d'emploi mais, le conducteur doit supporter un courant de court-circuit qui peut atteindre plusieurs kilo-ampères dans les réseaux électriques. Toutes les installations électriques doivent être protégées contre les courants de court-circuit et ceci, sauf exception, chaque fois qu'il y a une discontinuité électrique. L'objectif poursuivi est de bien faire connaître les méthodes de calcul pour déterminer en toute connaissance de cause les courants de court-circuit. En matière de protection et de bon fonctionnement des réseaux électriques, l'élément de base chargé de cette fonction est le disjoncteur. Pour qu'un disjoncteur fonctionne correctement, il faut que son pouvoir de coupure supérieur au courant maximum d'un court-circuit.

Chapitre 1 Généralités sur le réseau électrique

1.1 Introduction

Ce chapitre sera consacré à des généralités sur les réseaux électriques, en les définissant et en donnant leurs architectures générales et leurs composants.

Ensuite on explique la stabilité des réseaux et les problèmes survenant les réseaux électriques.

1.2 Définition d'un réseau électrique

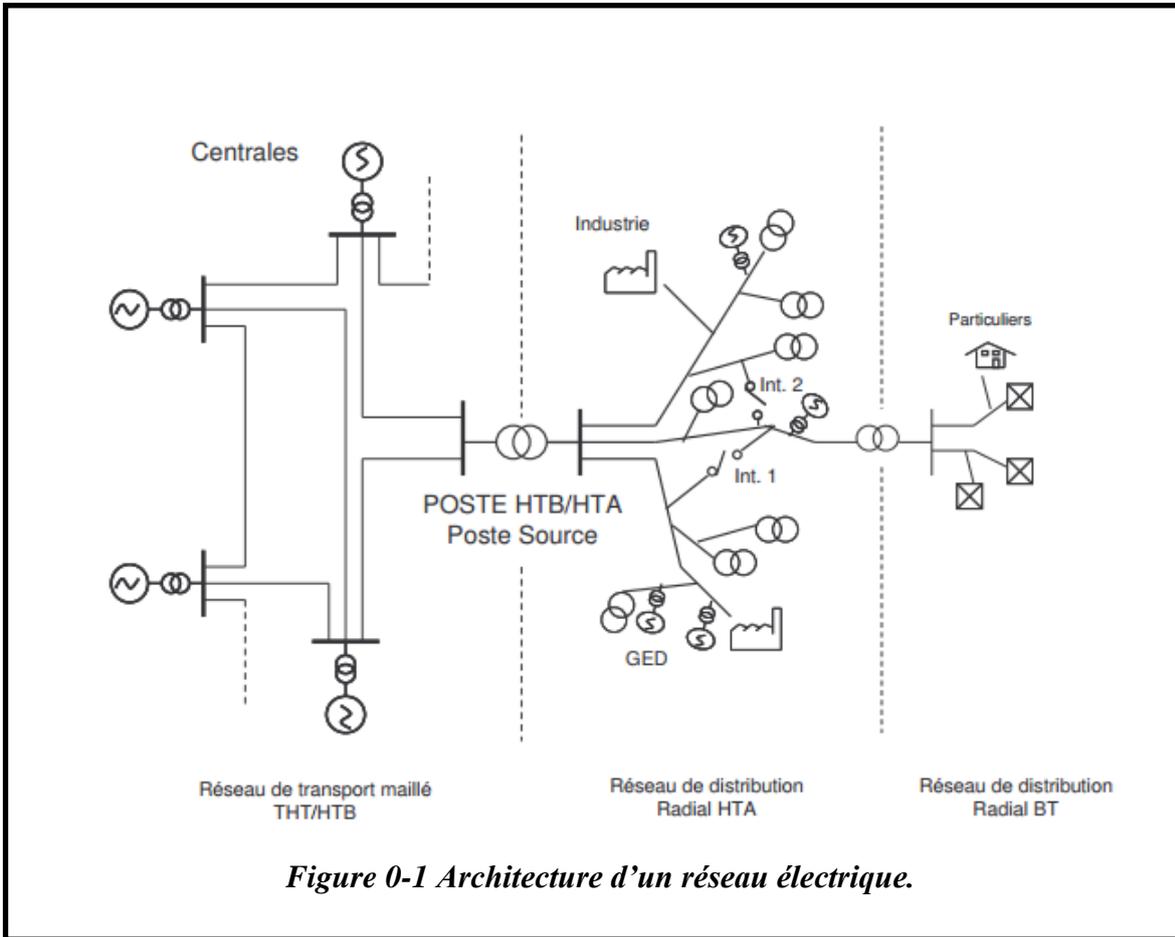
Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures permettant le transfert d'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité.

Il se compose de lignes électriques fonctionnant à différents niveaux de tension, connectées ensemble dans des sous-stations. Les sous-stations distribuent l'électricité et utilisent des transformateurs pour la faire passer d'une tension à une autre.

Le réseau doit également assurer une gestion dynamique de l'ensemble production-transport-consommation, en mettant en place des réglages destinés à assurer la stabilité d'ensemble. [1]

1.3 Architecture générale d'un réseau électrique

Dans un réseau électrique, on peut distinguer différents niveaux de tension appliqués correspondant à différentes fonctions. La fonction des réseaux de transport d'énergie est d'assurer la circulation de l'énergie par des lignes à haute ou très haute tension entre différentes sources de production et postes de distribution. Et la fonction du réseau basse tension est de distribuer cette énergie aux clients :



1.3.1 Les réseaux de transport à très Haute Tension (THT)

Le réseau de transport a une tension particulièrement élevée (de 150 kV à 800 kV) et est conçu pour transporter l'énergie des principaux centres de production vers les zones consommatrices d'électricité. Une grande puissance de transmission nécessite des lignes électriques avec une capacité de transmission élevée et une structure maillée (ou d'interconnexion). Le réseau maillé garantit une très bonne sécurité d'approvisionnement, puisque la perte de tout élément du réseau ne sera pas possible si le gestionnaire du réseau de transport adhère à la règle dite « N-1 » (perte de tout élément du réseau sans conséquences intolérables provoquer des coupures de courant Consommateur). [1]

1.3.2 Réseaux de distribution moyenne tension (MT)

Résultant du réseau haute tension HT, réseau de distribution moyenne tension en Algérie est de 30kV en aérien et de 10kV en souterrain. Ce sont des réseaux souterrains ou aériens généralement arborés en vue des zones de population qu'ils traversent Contrairement aux réseaux haute et basse tension, dans dispositif et système de multi

contrôle ou de protection de réseau moyenne tension Des contrôles, conçus par les opérateurs pour mieux gérer la distribution électricité.

1.3.3 Réseaux de distribution base tension (BT)

Ils viennent après c'est-à-dire à basse tension la structure des réseaux MT. Généralement comprends La structure arborescente est là aussi de loin la plus répandue, auto elle est à la fois simple, bon marché, et permet une exploitation facile. En Amérique du Nord les réseaux monophasés c'est-à-dire à basse tension Généralement comprends deux fil 1 neutre et 1 phase, tandis qu'en Algérie la distribution triphasée avec fil de neutre est très majoritaire (1 neutre 3 phases).

1.3.4 Réseaux aériens

Ce sont des conducteurs nus de transport aérien suspendu sur des supports (poteaux, pylônes) afin d'acheminer l'énergie électrique en haute, moyenne ou basse tension. [2]

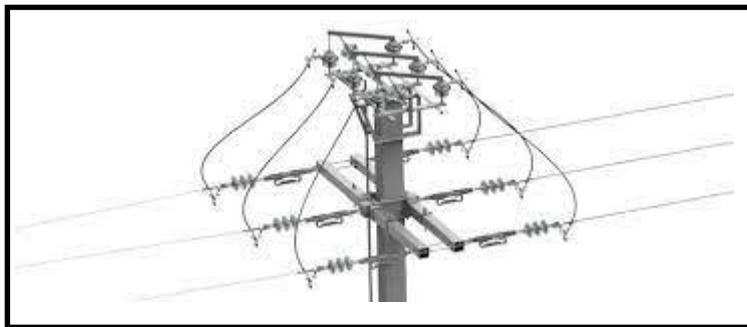


Figure 0-2 Un réseau aérien.

1.3.5 Réseaux souterrains

On les trouve surtout dans les régions à forte densité de population, ils sont constitués par des câbles isolés par du papier imprégné ou immergé, de caoutchouc ou des composants chimique, le tout étant recouvert d'une enveloppe étanche en plomb ou en aluminium. Ces câbles sont placés dans des tranchées caniveaux ou galeries. [2]



Figure 1-3 Un réseau souterrain.

1.4 Matériel utilisé dans les réseaux électriques

Le réseau électrique est bâti rien uniquement de matériel haute tension (dit matériel de puissance), pourtant régulièrement pour nombreuses fonctions périphériques telles pourquoi la télé conduite soit le mécanisme pour préservation.

1.4.1 Les lignes électriques

Les lignes électriques assurent la transmission de l'énergie sur des longues distances. Elles sont constituées de 3 phases, et chaque phase peut être composé d'un faisceau de plusieurs conducteurs (de 1 à 4) espacés de quelques centimètres pour limiter l'effet couronne qui génère des pertes en lignes et les différentes pertes Joule.



Figure 1-4 Les lignes électriques.

1.4.2 Les transformateurs de puissance

Les transformateurs de puissance sont sans aucun doute des dispositifs qui facilitent le développement et la domination de réseaux alternatifs pour la transmission, la distribution et l'utilisation de l'énergie électrique. Le rôle du transformateur est d'adapter le niveau de tension au nœud de raccordement.



Figure 1-5 Transformateur de puissance.

1.4.3 Les postes électriques

Selon la définition de la Commission Electrotechnique Internationale, une sous-station est « une partie Co localisée d'un réseau électrique constituée principalement des extrémités de lignes de transport ou de distribution, d'équipements électriques, de bâtiments et éventuellement de transformateurs. Située sous deux types de colonnes : colonne Poste maçonné et colonne Poste aérien accroché. [4]



Figure 1-6 Transformateur à la centrale hydroélectrique

1.4.4 Protection des réseaux électrique

La protection du réseau est utilisée pour désigner tous les équipements de surveillance qui assurent la stabilité du réseau. Cette protection assure une alimentation ininterrompue. Le but est de protéger 3 composants du réseau :

- Composants de production (alternateurs)
- Réseau de transport (lignes aériennes, transformateurs)
- Réseau de distribution (clients finaux)

1.4.5 Matériel de conduite et de surveillance

La conduite s'effectue à partir de centres de conduite régionaux (répartition) ou nationaux. Ceux-ci disposent d'instruments de contrôle à distance (surtout SCADA), y compris des systèmes qui offrent les possibilités suivantes :

- Contrôle des dispositifs de sectionnement (disjoncteurs, sectionneurs),
- Connaître l'emplacement de ces organes.
- Mesurer plusieurs grandeurs (tension, courant, fréquence)
- Signaler un défaut (alerte) [5].

1.5 Condition d'exploitation d'un réseau électrique

1.5.1 Courant continue ou alternatif ?

Le courant continu est un courant indépendant du temps, et sa composante continue est très importante.

Le courant alternatif est un courant qui change de sens. Un tel courant alternatif est dit périodique s'il change périodiquement et régulièrement de sens. Le courant alternatif périodique est caractérisé par sa fréquence, mesurée en Hertz (Hz). C'est le nombre de fois que le courant "revient" en une seconde. Le courant alternatif périodique à 50 Hz effectue 50 « allers-retours » par seconde.

Bien que le courant alternatif se soit imposé universellement dans l'ensemble des réseaux, le courant continu reste utilisé pour certains projets spécifiques où le recours à des stations de conversion. [11]

1.5.2 Tension sinusoïdale

La solution la plus pratique pour générer de l'électricité dans l'industrie consiste à entraîner un alternateur à travers une turbine, qui tournent toutes autour d'un axe. Naturellement, ces dispositifs génèrent des tensions sinusoïdales.

1.6 Un dispositif monophasé ou triphasé ?

Le monophasé est un dispositif de distribution d'énergie qui utilise une tension alternative à deux fils.

Le triphasé est un appareil à trois tensions sinusoïdales de même fréquence et quasiment de même amplitude, déphasées entre elles (120° soit $2\pi/3$ radians).

Le transport triphasé économise les câbles et réduit la perte de joule.

Le choix qui a été fait pour la totalité des réseaux industriels du monde est la distribution en triphasé.

1.6.1 Fréquence des réseaux électrique

Le choix d'une fréquence de réseau est très important car une fois que le réseau atteint une certaine taille, il ne peut plus revenir en arrière. Dans la plupart des régions du monde, la fréquence est de 50 Hz (Europe, Asie, Afrique), mais en Amérique du Nord, elle est de 60 Hz.

1.6.2 Grandeur électriques

Les grands réseaux nécessitent une surveillance constante de certains paramètres afin de maintenir le réseau et les installations de production et de consommation qui y sont raccordées dans la zone d'utilisation prévue. Les principales grandeurs à surveiller sont la fréquence, la tension, le courant de fonctionnement et la puissance de court-circuit. [1]

Surveillance de la tension

Les grands réseaux ont plusieurs niveaux de tension. Chaque niveau de tension est conçu pour un domaine d'application particulier. Cependant, la plage de fonctionnement du matériel spécifie une marge de 5 à 10 % par rapport à la tension nominale.

Problématique de l'intensité

L'intensité est un paramètre particulièrement important pour la surveillance car elle peut détruire des équipements coûteux (transformateurs et câbles) et mettre en danger la sécurité des personnes (lignes aériennes).

Le problème qui découle d'une intensité trop élevée est la chaleur Joule importante. Les conséquences de ce réchauffement peuvent prendre plusieurs formes, selon des travaux reconnus :

Pour les câbles électriques : Si le courant est trop élevé, il existe un risque de détérioration physique du câble par échauffement.

Pour les transformateurs : Si le courant est trop élevé, l'huile ne pourra pas dissiper suffisamment de chaleur et une surchauffe peut endommager les bobinages.

Pour les lignes de transmission aériennes : des surtensions particulièrement élevées peuvent provoquer un contournement des objets à proximité. [1]

Intensité de court-circuit

L'intensité de court-circuit (I_{cc}) est la grandeur théorique qui correspond au courant mesurable en un point du réseau lorsqu'il est directement relié à la terre. Cela correspond au courant traversant la structure lors d'un grand défaut à la terre triphasé (c'est-à-dire en connectant les trois phases directement à la terre).

1.7 Stabilité des réseaux électrique

1.7.1 Introduction

La stabilité des réseaux électriques est la capacité à maintenir les grandeurs de fréquence et de tension sur un réseau électrique. Sortir de cet état peut provoquer une instabilité du réseau avec dégâts matériels et/ou mise hors tension d'une partie ou de la totalité du réseau.

1.7.2 Stabilité en fréquence

La fréquence des réseaux électriques interconnectés est exactement contrôlée.

Quand un problème de fréquence apparaît, 3 réglages successifs interviennent.

Réglage primaire

Dans le cadre primaire, vous pouvez revenir à l'équilibre entre la production et la consommation. C'est le composant de contrôle avec le temps de réaction le plus court. La moitié de la réserve primaire doit pouvoir être mobilisée en moins de 15 secondes, et la totalité de la réserve primaire doit pouvoir être mobilisée en moins de 30 secondes.

Le réglage primaire permet de revenir à l'équilibre production/consommation. Cependant, à la fin de ce réglage, la fréquence ne correspondra plus à la fréquence nominale de 50Hz. Les transits des lignes de connexion ne sont plus les mêmes. [3]

Réglage secondaire

Pour résoudre l'écart de fréquence, on fait appel à une énergie réglant secondaire.

Ce paramètre est national et non local. Le réglage secondaire a deux objectifs. Il s'agit de réduire la différence de fréquence résiduelle causée par l'accord primaire et de corriger la différence d'équilibre de la zone d'accord.

Réglage tertiaire

S'il n'y a pas assez d'énergie de régulation secondaire disponible, la régulation tertiaire intervient. Cet ajustement se fait manuellement, pas aussi automatiquement qu'au primaire et au secondaire. Les actions du tiers sont effectuées manuellement par le répartiteur de zone du gestionnaire de réseau de transport.

1.7.3 Stabilité en tension

Si des problèmes de tension surviennent, des ajustements seront effectués trois fois de suite. Au niveau du consommateur, la tension est principalement rétablie par l'ajustement automatique du transformateur. Cependant, ils n'ont aucun effet d'ajustement et peuvent même augmenter l'instabilité du réseau. [3]

Réglage primaire

Le régulateur de tension primaire de l'alternateur ajuste automatiquement la puissance réactive fournie en fonction de la tension. Il s'agit d'une réglementation locale.

Réglage secondaire

Le réglage de tension secondaire est un réglage national ; Différents points de test sont retenus, chacun constituant une référence de tension pour la sous-zone.

Réglage tertiaire

C'est un réglage manuel. Il accueille toutes les opérations commandées par l'élimination qui permettent de maintenir et/ou de rétablir le schéma de tension.

1.8 Les problèmes survenant sur le réseau

1.8.1 Chute de tension

Une chute de tension se produit lorsqu'un courant traverse une ligne. Si celle-ci est suffisamment importante, une chute de tension se produira lorsque le courant traversera la ligne.

Elle est située à l'extrémité de la ligne à partir de l'origine, et plus la charge est appliquée à la ligne lorsque le courant passe à travers la ligne, plus la chute de tension est importante. [6]

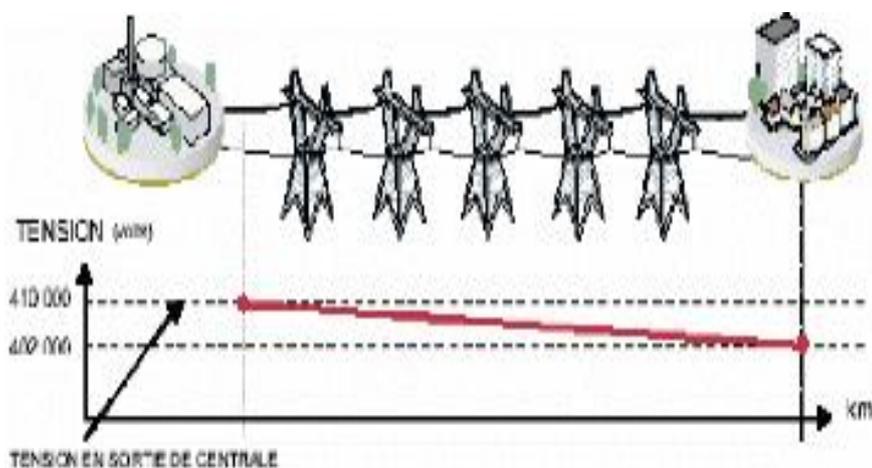


Figure 1-7 Cas d'une consommation alimentée par une ligne depuis une centrale.

1.8.2 Déséquilibre de tension

Elle se caractérise par l'asymétrie d'amplitude ou de déphasage de la tension triphasée en régime permanent. Cela peut être le cas si l'impédance des lignes du réseau est déséquilibrée, ou si la prise alimente un appareil monophasé, ou récepteur triphasé déséquilibré.

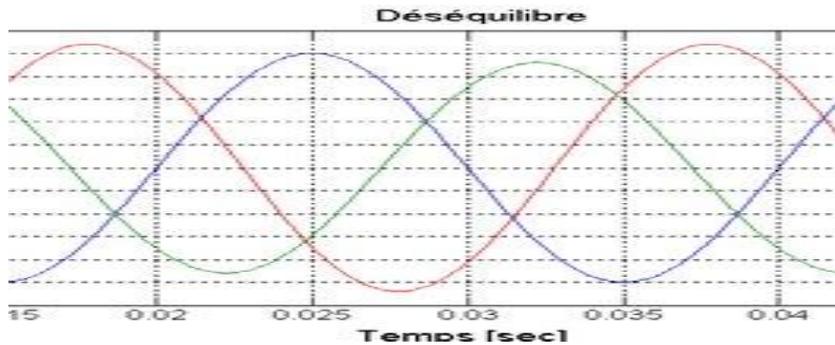


Figure 1-8 Déséquilibre de tension.

1.8.3 Creux de tension

La chute de tension est causée par un court-circuit dans un réseau typique ou Les installations de la clientèle. Seules les chutes de tension supérieures à 10 % sont considérées ici. Sa durée est la localisation du court-circuit et le fonctionnement de la réponse du dispositif de protection (Les erreurs sont généralement effacées en 0,1-0,2 seconde pour les HT et en 0,2 à quelques secondes pour les MT).[6]

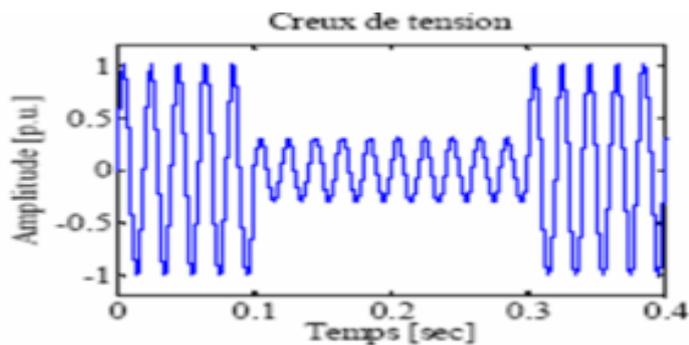


Figure 1-9 exemple de creux de tension.

1.8.4 Surtension

La surtension est une forte augmentation de la valeur efficace de la tension qui dépasse 110% de la tension nominale et se rétablit en peu de temps. Les surtensions temporaires durent de 8 ms à 1 minute. Les surtensions temporaires peuvent être attribuées à des défauts, à une limitation de charge ou à une résonance.

1.8.5 Variation de fréquence

La fréquence nominale de la tension alternative fournie par le réseau est de 50 ou 60Hz. Cette valeur est déterminée par la vitesse du générateur de la centrale électrique.

Le maintien de la fréquence du réseau dépend de l'équilibre établi entre la charge et la production. Ce changement de fréquence et sa durée dépendent principalement de la charge et de la puissance du générateur. Cette fluctuation peut continuer même en cas d'erreur.

1.8.6 Présence d'harmonique

Les harmoniques sont des perturbations Ils sont caractérisés par plusieurs composantes de la fréquence fondamentale. Le courant consommé par la charge connectée au réseau a une forme sinusoïdale déformée. Cette distorsion de courant signifie une distorsion de tension

Des niveaux élevés d'harmoniques peuvent avoir les conséquences suivantes :

- Vibration et bruit,
- Surchauffe du condensateur,
- Augmentation de la température due aux pertes supplémentaires des machines et des transformateurs,
- Surchauffe du câble et de l'appareil,
- Interférence avec le fonctionnement d'un appareil particulier électronique. [6]

1.8.7 Défaut de ligne

Un court-circuit est une connexion entre les deux Différents points de tension via des conducteurs à faible impédance. Ou alors Un courant de court-circuit sera généré lors de la connexion.

Le court-circuit électrique est dû à une mauvaise isolation provoque la génération d'arc. Lors d'un court-circuit, l'impédance de la branche défailante chute. Cette diminution est fonction de la localisation du court-circuit.

1.9 Protection des réseaux électrique

La protection du réseau électrique désigne l'ensemble des dispositifs de surveillance et de protection qui assurent la stabilité du réseau électrique. Cette protection est essentielle pour éviter la destruction accidentelle d'équipements coûteux et pour assurer une alimentation sans interruption. La plupart des réseaux électriques sont interconnectés et doivent bénéficier d'une telle protection.

1.10 Electrotechnique

L'électrotechnique fait référence à l'application technique de l'électricité. En réalité, le génie électrique regroupe les domaines du traitement de l'électricité comme énergie. Vous pouvez mentionner la production, le transport, la distribution, le traitement, la conversion, la gestion et l'utilisation de l'énergie électrique. Sa naissance, parfois appelée génie électrique, remonte à l'invention de la dynamo en 1869. [10]

1.11 Historique de l'électrotechnique

- *La découverte de l'électricité :*
 - **1800** : première pile électrique (Alessandro Volta).
 - **1820** : expérience de Christian Ørsted (déviation d'une aiguille aimantée positionnée à proximité d'un fil parcouru par un courant).
 - **1822** : solénoïde (André-Marie Ampère).
 - **1822** : électroaimant (François Arago).
 - **1826** : loi d'Ohm (Georg Simon Ohm).
 - **1831** : phénomène d'induction électromagnétique (Michæl Faraday).
 - **1840** : loi de Joule (James Prescott Joule).[10]

- *Les débuts de l'électrotechnique*
 - **1871** : dynamo (Zénobe Gramme).
 - **1873** : Hippolyte Fontaine découvre la réversibilité des générateurs : c'est un moteur à courant continu.

- **1878** : Gramme construit les premières machines à courant alternatif (alternateurs monophasés).
- **1878** : invention de l'ampoule électrique (Thomas A. Edison).
- **1879** : Werner von Siemens construit le premier train à traction électrique.
- **1882** : Lucien Gaulard invente le transformateur.
- **1882** : la société d'Edison met en service la première usine électrique du monde dans le quartier de Wall Street à New York. Elle produit du courant continu avec des dynamos entraînées par des machines à vapeur.
- **1888** : invention du moteur à courant alternatif (asynchrone) par Nikola Tesla.
- **1891** : Oskar von Miller transporte le courant alternatif à 175 km de son lieu de production.
- **1896** : exploitation des chutes du Niagara par la société de George Westinghouse (courant alternatif crée par des alternateurs).[10]

- **Les apports de la physique moderne :**

- **1942** : premier réacteur nucléaire, par fission de l'uranium (Enrico Fermi).
- **1948** : invention du transistor (Bardeen, Brattain et Shockley) et début de l'électronique.
- **1956** : première centrale nucléaire.
- **197x** : développement des cellules photovoltaïques.
- **197x** : développement de l'électronique de puissance.
- **1986** : supraconducteur à « haute température » (Alex Müller et Georg Bednorz).
- **1993** : commercialisation de câbles supraconducteurs refroidis à l'azote liquide (77 K).[10]

1.12 Principe de l'électrotechnique

- **Production et consommation de l'énergie électrique :**

L'électricité peut être utilisée pour transporter de l'énergie d'un point à un autre et est utilisée comme vecteur d'énergie. En premier lieu, l'énergie primaire (hydraulique, nucléaire, chaleur, etc.) est convertie en énergie mécanique (rotation), et dans les centrales électriques, elle est convertie en énergie électrique via un générateur. Ceux-ci fonctionnent principalement par l'action du magnétisme. Ces machines sont théoriquement réversibles et permettent de passer de l'énergie électrique à l'énergie mécanique (fonctionnement moteur). [10]

- **Transport de l'énergie électrique :**

Pour les longues distances, il faut tenir compte de la résistance du câble électrique, ce qui entraîne des pertes. Ensuite, nous devons trouver la forme optimale pour transporter l'électricité. Habituellement, un courant triphasé de tension particulièrement élevée.

- **Traitement :**

Le traitement de l'énergie électrique peut être effectué à des fins de gestion et de sécurité. Il s'agit d'un appareil électrique ou d'une transformation d'énergie. Les machines électriques, les transformateurs électriques et les appareils électriques en sont les principaux composants.

1.12.1 Protection des réseaux électriques

La protection du réseau électrique désigne l'ensemble des dispositifs de surveillance et de protection qui assurent la stabilité du réseau électrique. Cette protection est essentielle pour éviter la destruction accidentelle d'équipements coûteux et pour assurer une alimentation sans interruption. La plupart des réseaux électriques sont interconnectés et doivent bénéficier d'une telle protection.

1.12.2 Qualités fondamentales d'une protection électrique

Une protection électrique se doit de posséder les qualités suivantes :

- **Rapidité** : la protection élimine rapidement le défaut.
- **Sureté** : la protection déclenche lors d'un défaut, on la mesure en nombre de défaillances sur commande.
- **Sécurité** : la protection ne déclenche pas de manière intempestive.
- **Fiabilité** : elle combine les notions de sureté et de sécurité.
- **Sélectivité** : Elle consiste à ne mettre hors tension que la partie du réseau concernée par un défaut.
- **Sensibilité** : la protection doit détecter tous les défauts.
- **Disponibilité** : la protection doit toujours être en opération. [13]

1.13 Un réseau électrique

Le rôle du réseau est de produire de l'électricité et de la livrer aux consommateurs tout en maintenant la tension et la fréquence constantes. Qualité de la tension, continuité de l'alimentation, etc. Les systèmes d'énergie électrique comprennent généralement : [14]

1.13.1 D'un circuit de puissance comportant :

- Groupes de production.
- Postes de transformation.
 - Des Lignes de transport et distribution.

1.13.2 D'un circuit de terre comportant :

- Les prises de terres des groupes de production.
- Les prises de terre des postes de transformation.
- Les prises de terres des pylônes.

1.14 Centrales de production

La centrale de production est constituée de générateurs puissants alimentés par des turbines à vapeur, hydrauliques, à gaz ou nucléaires. Pour assurer la continuité, il est souhaitable que la centrale dispose de plusieurs générateurs dont l'un doit être pris en charge par l'autre en cas de panne. Vous pouvez également Il fonctionne en réponse à la forte demande en énergie électrique. [14]

1.15 Postes de transformation

L'énergie électrique produite dans une centrale électrique peut être consommée sur place ou transportée sur de longues distances avant d'être utilisée. Augmentez la tension à 220 kV ou 400 kV selon les besoins pour compenser la chute de tension du conducteur. Cela se fait grâce au transformateur élévateur situé près du générateur. Une fois l'énergie électrique acheminée vers le lieu d'utilisation, la tension doit être abaissée, soit pour des raisons de sécurité, soit parce que le courant doit passer par un câble souterrain qui ne permet pas la haute tension. [15]

1.16 Les lignes aériennes

L'énergie électrique passant par les lignes aériennes de transport, de la production à la consommation, est composée de conducteurs, composant principal, et doit assurer une bonne continuité électrique. Les conducteurs sont fixés sur des supports de différentes formes et tailles, et la fixation se fait en suspendant des isolateurs. Les lignes électriques aériennes sont soumises à diverses contraintes électriques, mécaniques et météorologiques qui affectent leur conception. Ils doivent donc satisfaire Certaines conditions de sécurité sont déterminées en fonction du lieu d'implantation. [15]

1.17 Les isolateurs

Les isolateurs sont des composants de technologie électrique conçus pour maintenir, maintenir ou supporter des conducteurs nus. Comme il est constitué d'isolant, il ne conduit pas l'électricité. Les isolateurs se trouvent non seulement dans les lignes à haute tension, mais aussi dans les lignes télégraphiques et les sous-stations. Ceux-ci assurent l'isolation électrique entre le conducteur et le mât.

1.18 Les réseaux de terre

Le réseau de mise à la terre est essentiel pour le fonctionnement fiable et sûr du réseau. Le réseau de terre permet la connexion correcte du neutre du système au potentiel de terre commun. Lors d'un défaut monophasé, le courant de défaut est ramené au neutre par un réseau de terre. Ce courant fait monter le potentiel de l'ensemble du réseau de masse par rapport au potentiel de masse général.

1.19 Les lignes de transport

Une ligne électrique est un ensemble de conducteurs, d'isolants et d'éléments accessoires servant à transmettre l'énergie électrique d'un producteur (centrale électrique) Aux consommateurs (villes, communautés, maisons, parcs industriels). Les conducteurs sont généralement en aluminium, cuivre ou bronze et les isolants comportent des parties massives (porcelaine, verre papier, plastique) combiné avec du gaz (air, sf6) ou du liquide (pétrole)[15]

1.20 Types de lignes

Les lignes électriques peuvent être classés selon plusieurs critères :

- Localisation spatiale : lignes aériennes, lignes souterraines (câbles)
- Niveau de tension : ligne basse tension (inférieure à 1 KV) et ligne haute tension (supérieure à 1 KV)
- Type de tension : CC, CA monophasé ou triphasé. L'air assure l'isolation entre les conducteurs est à une distance fixe par rapport à la terre entre conducteurs.

1.21 Transposition des phases

Lorsqu'une ligne triphasée dépasse une certaine distance, il est souhaitable de symétriser la disposition des conducteurs. Cette opération porte le nom de transposition des phases. Elle consiste à permuter cycliquement la position des conducteurs de phase. On en trouve un exemple dans la figure 1.2. Une ligne non transposée introduit des asymétries d'autant plus gênantes que la ligne est longue.

1.22 Les appareils d'élimination des défauts

1.22.1 Les relais de protection

Un relais de protection est un appareil qui reçoit une ou plusieurs informations (signaux) de nature analogique (courant, tension, puissance, fréquence, température, etc.) et la transmet sous forme de séquence binaire (commande la fermeture ou l'ouverture d'un circuit) L'information reçue atteint une valeur supérieure ou inférieure à certaines limites prédéterminées, le relais de protection a donc pour rôle de détecter d'éventuelles anomalies pouvant survenir sur le réseau. [6]

1.22.2 Les types des relais

Un relais de protection électrique, elle partagé en trois types :

- **Les relais électromécaniques :**

Un relais électromécanique est un organe électrique permettant de distribuer la puissance à partir d'un ordre émis par la partie commande. Ainsi, un relais permet l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique de puissance à partir d'une information logique. Les deux circuits, puissance et information, sont complètement isolés (isolation galvanique) et peuvent avoir des caractéristiques d'alimentation électrique différentes.[16]

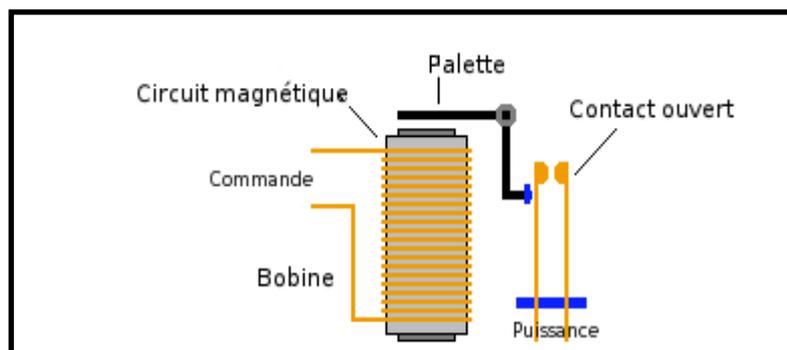


Figure 1-10 Relais électromécanique.

- **Les Relais statique**

Un contacteur statique ou relais statique est un dispositif permettant de commuter un courant électrique sans recours à des éléments mécaniques ou [électromécaniques](#).

- **Les Relais numériques**

La protection numérique est basée sur le principe de la conversion de la quantité de réseau électrique fournie par le transformateur de mesure en un signal numérique basse tension. Les techniques de traitement numérique du signal peuvent être utilisées pour décomposer un signal en vecteurs. Cela permet un traitement des données avec un algorithme de protection en fonction de la protection souhaitée. De plus, le panneau avant est équipé d'un écran à cristaux liquides pour un fonctionnement local.



Figure 1-11 Relais numérique.

1.23 Les disjoncteurs

1.23.1 Les disjoncteurs à huile

Un disjoncteur à huile est un appareil essentiel car il rendra le système solide. Ceux-ci sont classés en différents types en fonction du milieu utilisé pour réduire l'arc. Un disjoncteur à huile est un type de disjoncteur dans lequel l'huile isolante peut être utilisée comme agent d'extinction d'arc. Une fois que le défaut se produit dans le système, les contacts du disjoncteur seront séparés et l'arc se produira entre les contacts. Cet article présente un aperçu du disjoncteur à huile et de son fonctionnement.

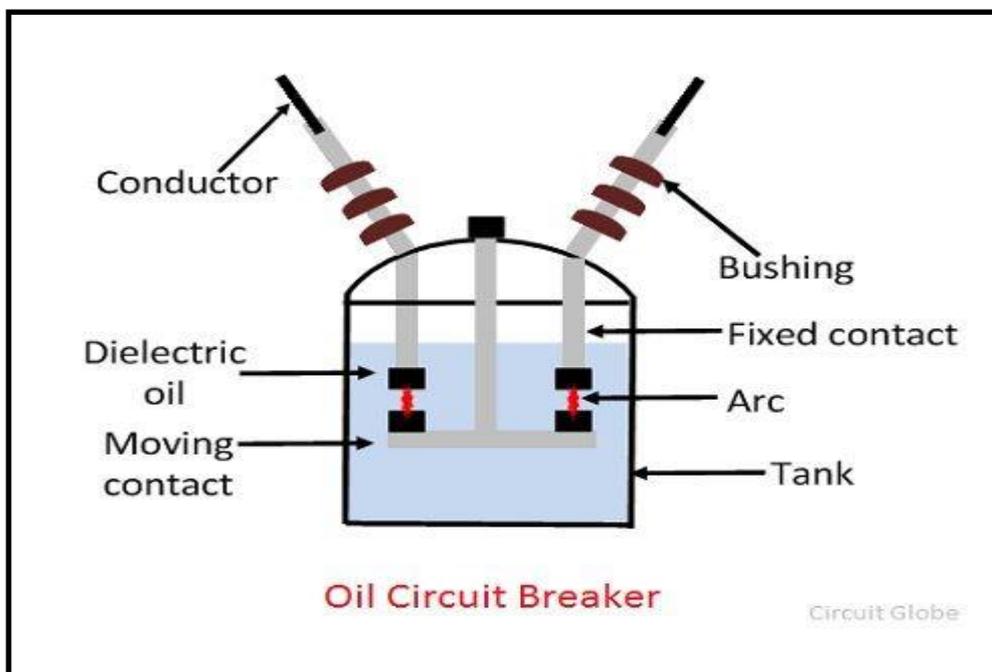


Figure 1-12 Les disjoncteurs à huile.

1.23.2 Disjoncteur à air comprimé

Le gaz contenu dans les disjoncteurs à air comprimé est maintenu sous haute pression (20 à 35 bars) à l'aide d'un compresseur. Cette haute pression permet d'assurer la tenue diélectrique et de provoquer le soufflage de l'arc pour la coupure. Le soufflage intense exercé dans ces disjoncteurs a permis d'obtenir de très hautes performances (courant coupé jusqu'à 100 kA sous haute tension) et avec une durée d'élimination du défaut très courte permettant d'assurer une bonne stabilité des réseaux en cas de défaut. [6]

1.23.3 Disjoncteur à vide

Un disjoncteur est un dispositif qui interrompt un circuit électrique pour empêcher un courant injustifié, causé par un court-circuit, généralement résultant d'une surcharge. Sa fonctionnalité de base est d'interrompre le flux de courant après la détection d'un défaut.[6]

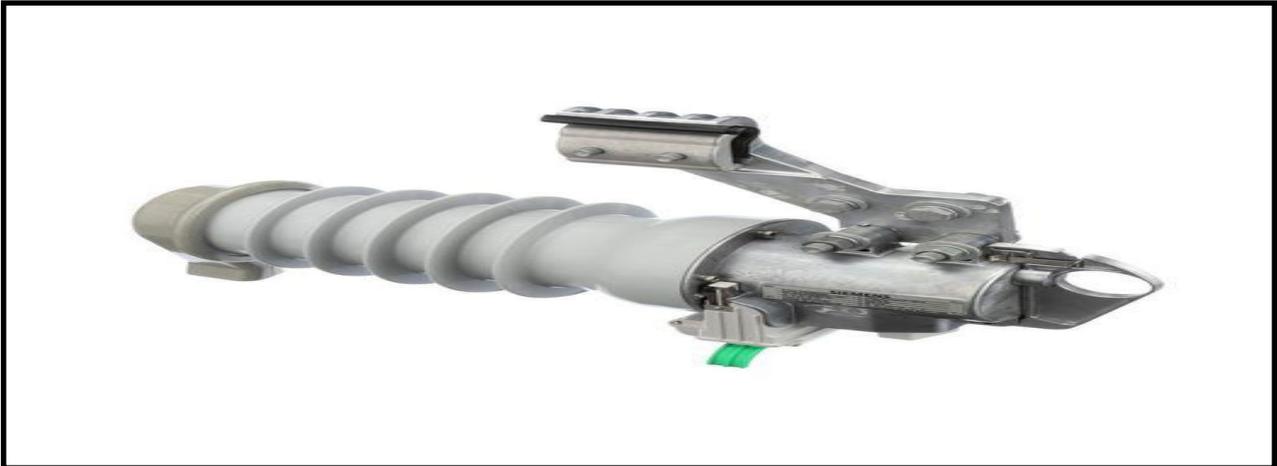


Figure 1-13 Les disjoncteurs à vide.

1.23.4 Les fusibles

Les fusibles permettent d'interrompre automatiquement un circuit parcouru par une surintensité pendant un intervalle de temps donné. L'interruption du courant est obtenue par la fusion d'un conducteur métallique calibré. Ils sont surtout efficaces pour la protection contre les courts circuits, vis-à-vis desquels ils agissent, le plus souvent, en limiteurs de la valeur crête du courant de défaut [6].

1.24 Conclusion

La demande d'électricité dans les pays développés ne cesse d'augmenter et les producteurs d'électricité doivent toujours être en mesure de répondre aux besoins de leurs clients au prix le plus bas possible du kilowattheure.

L'énergie électrique est transportée exclusivement par des lignes souterraines. Cette impossibilité technique encourage l'utilisation de lignes de transmission fictives qui peuvent fournir cette fonctionnalité.

Chapitre 2 Présentation des différentes méthodes de calcul de courant de court-circuit

2.1 Introduction

Ce troisième chapitre donne les méthodes de calcul du courant de court-circuit : la méthode des impédances et celle des composantes symétriques, démarrant par les principaux défauts électriques en suite les caractéristiques de court-circuit et les défèrent méthode de calcul puis en calculant le courant de court-circuit pour chaque type (triphase, biphasé, ...).

2.2 Définition d'un défaut

Une panne électrique est un changement aléatoire de la nature du courant traversant le circuit, qui peut interférer avec le fonctionnement normal et provoquer une panne électrique. Cela se produit lorsque la force du courant mesurée en ampères (I), ou sa tension mesurée en volts (U), dépasse la valeur attendue pour un circuit particulier.

Il décrit également les pannes électriques lorsque la présence d'un courant de fuite est détectée. L'amplitude du courant mesuré à son entrée et à sa sortie de l'installation change. [7]

2.3 Les principaux défauts électriques

- La surintensité par surcharge.
- La surintensité par court-circuit.
- La surtension.
- La baisse ou manque de tension.
- La fuite électrique.

2.4 Le court-circuit

Un court-circuit est défini comme une connexion anormale (impédance relativement faible) entre deux points de potentiels différents, accidentellement ou intentionnellement. Le terme panne ou court-circuit est souvent utilisé pour décrire un court-circuit. [7]

2.5 Caractéristique de court-circuit

Le court-circuit est caractérisés par leur durée, leur origine, leur emplacement et leur type : [7]

2.5.1 En fonction de sa durée

Fugitif

Un court-circuit déclenche le disjoncteur, provoquant une courte panne de courant, mais il se résout automatiquement sans qu'il soit nécessaire d'intervenir.

Semi -permanent

Lorsqu'il déclenche un disjoncteur et provoque une ou plusieurs coupures prolongées qui se résolvent d'elles-mêmes sans intervention.

Permanent

Les court-circuit peuvent déclencher des disjoncteurs et provoquer des coupures de courant permanentes nécessitant l'intervention d'un électricien.

Auto-extincteur

Les court-circuit sont courts, ne déclenchent pas les disjoncteurs et sont automatiquement éliminés sans intervention.

2.5.2 En fonction de son origine

Mécanique

Lorsque deux conducteurs entrent en contact après que le connecteur a été accidentellement endommagé.

Electriques

Si le court-circuit est causé par les effets d'une longue surintensité qui a endommagé le circuit et ses composants. [6]

Humaines

Ce sont les fausses manœuvres comme l'ouverture d'un sectionneur en charge.

Atmosphériques

Les paliers aériens sont soumis aux perturbations extérieures.

2.5.3 En fonction de son localisation

À l'intérieur ou à l'extérieur de la machine ou du tableau électrique.

2.5.4 En fonction de son type

- Monophasé : une phase est reliée au neutre ou à la terre.
- Biphassé : deux phases sont raccordées ensemble.
 - Biphassé-terre.
 - Biphassé et phase-terre.
- Triphasé : les trois phases sont réunies ensemble.
 - Triphasé-terre.

2.6 Définition de courant de court-circuit

Le courant de court-circuit (ou intensité de court-circuit) représenté par I_{cc} du dipôle est le courant qui traverse le dipôle lorsque ses bornes sont reliées par un conducteur parfait sans résistance. Le courant de court-circuit d'un générateur de tension complet est infini. En pratique, cette valeur est finie et limitée par l'impédance interne du générateur de tension, les différentes sections de la ligne et les composants placés dans ce chemin de courant.

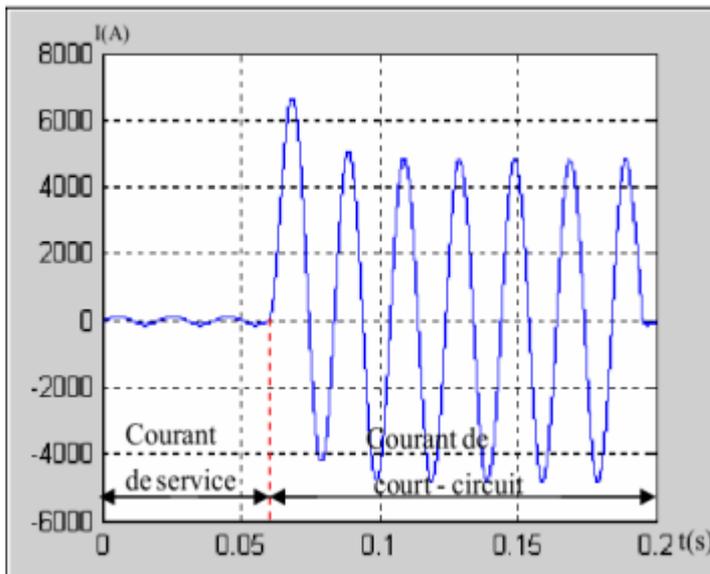


Figure 0-1 Forme générale d'un courant de court-circuit.

2.7 Intensité du courant de court-circuit

L'intensité du courant de court-circuit est une caractéristique importante et détermine la gravité de la charge sur le réseau et l'appareil défaillant. Cela dépend de la forme du court-circuit et, en cas de défaut à la terre.

2.8 Les méthodes pour le calcul du courant de court-circuit

Deux méthodes particulièrement recherchées ont été étudiées pour calculer le courant de court-circuit d'un réseau.

- Méthode d'impédance, qui est la méthode principalement utilisée pour les réseaux basse tension. Elle a été choisie pour sa précision.
- L'autre est la CEI 60909, qui est principalement utilisée dans les HT et a été sélectionnée pour sa précision et ses aspects analytiques. Techniquement, Elle utilise le principe des composantes symétriques. [6]

2.8.1 La méthode des composantes symétriques

Définition de composant symétrique

La définition de la composante symétrique est La somme d'un système triphasé déséquilibré et de trois systèmes triphasés équilibre :

- **Direct** : Le système direct est un système triphasé équilibré de séquence directe (abc).
- **Indirect** : Le système inverse est un système triphasé équilibré de séquence inverse (acb).
- **Homopolaire** : Le système homopolaire est un système triphasé où les tensions sont égales. [6]

2.8.2 Circuit équivalent des 3 séquences

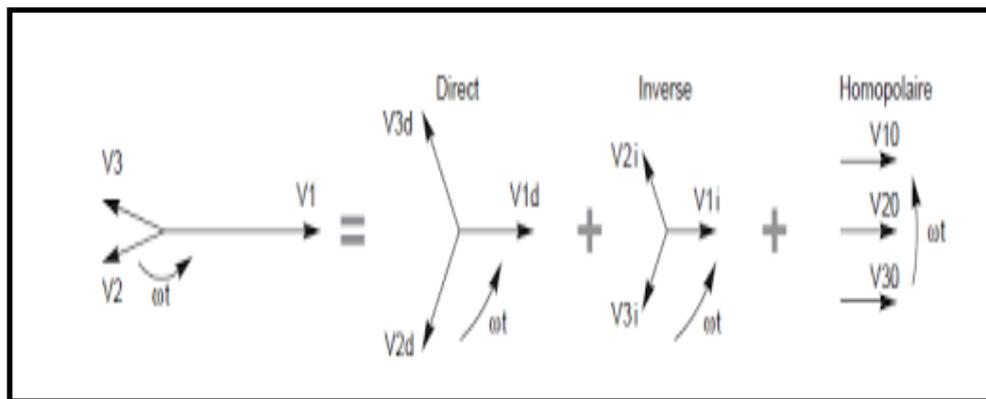


Figure 0-2 Système déséquilibré triphasé obtenu en additionnant les trois systèmes équilibrés.

2.8.3 Court-circuit triphasé symétrique

- Expression du défaut:

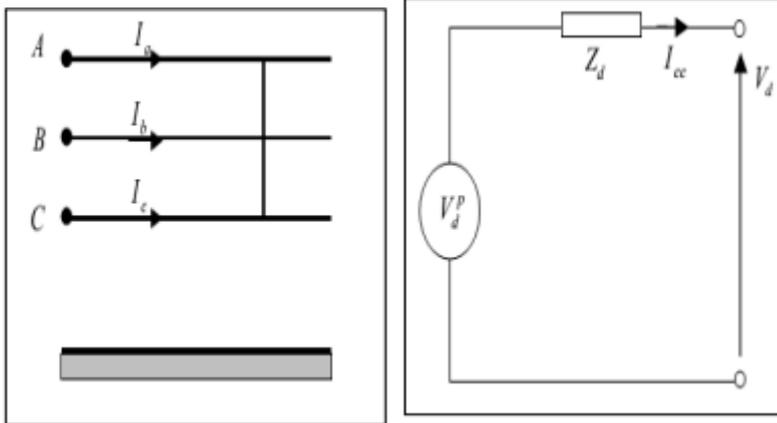
$$V_a = V_b = V_c \quad (3.1)$$

- Traduction en grandeurs symétriques :

$$V_d = V_i = V_h = 0 \quad (3.2)$$

- Soit :

$$I_d = \frac{v_d^p}{Z_d} \quad (3.3) \quad I_i = I_h = 0 \quad (3.4)$$



- Les grandeurs de phase :

$$v_a = v_b = v_c \quad (3.5)$$

Avec :

- $a = -0,5 + j 0,866 = 1 \angle +120^\circ$.
- V_{dp} : La tension préexistante au point de défaut.
- Z_d, Z_i, Z_h : Les impédances équivalentes au réseau dans les trois systèmes.

$$\begin{cases} I_a = \frac{v_d^p}{Z_d} \\ I_b = a^2 \frac{v_d^p}{Z_d} \\ I_c = a \frac{v_d^p}{Z_d} \end{cases} (3.6)$$

2.8.4 Court-circuit biphasé isolé

- Expression du défaut:

$$V_b = V_c, \quad V_{bc} = 0, \quad I_b = -I_c \text{ (phases en défaut)} \quad (3.7)$$

$$I_a = 0 \text{ (phase saine)} \quad (3.8)$$

- Traduction en grandeurs symétriques :

$$V_{bc} = V_{bn} + V_{nc} = (a^2 V_d + a V_i + V_h) - (a V_d + a^2 V_i + V_h) = 0 \quad (3.9)$$

$$V_{bc} = V_d (a^2 - a) + V_i (a - a^2) + V_h (1 - 1) = 0 \quad (3.10)$$

On obtient :

$$V_d (a^2 - a) = V_i (a^2 - a) \Rightarrow V_d = V_i \quad (3.11)$$

- Implique que:

$$V_d^p - Z_d \cdot I_d = -Z_i \cdot I_i \quad (3.12)$$

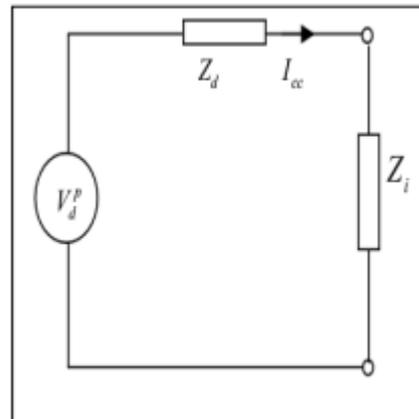
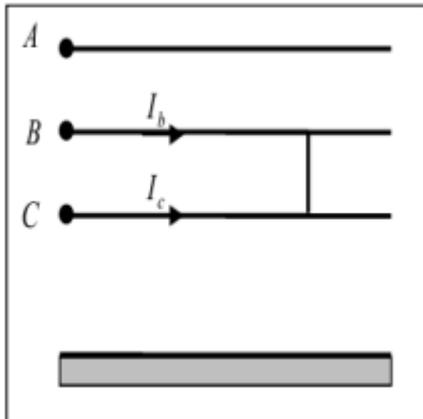
$$\left\{ \begin{array}{l} I_d = \frac{1}{3} (I_a + a \cdot I_b + a^2 \cdot I_c) = \frac{1}{3} (a - a^2) I_b = j \frac{1}{\sqrt{3}} I_b \\ I_i = \frac{1}{3} (I_a + a^2 \cdot I_b + a \cdot I_c) = -\frac{1}{3} (a - a^2) I_b = -j \frac{1}{\sqrt{3}} I_b \\ I_h = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) = 0 \end{array} \right. \quad (3.13)$$

- Donc :

$$I_d = -I_i \quad (3.14)$$

$$V_d^p - Z_d \cdot I_d = -Z_i \cdot I_i \quad (3.15)$$

$$I_d = \frac{V_d^p}{Z_d + Z_i} \quad (3.16)$$



- Les grandeurs de phase :

$$\begin{cases} I_a = 0 \\ I_b = -j \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{V_d^p}{Z_d + Z_i} \\ I_c = j \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{V_d^p}{Z_d + Z_i} \end{cases} \quad (3.17)$$

2.8.5 Court-circuit biphasé terre

- Expression du défaut:

$$V_b = V_c = 0, I_b = -I_c \text{ (phases en défaut)} \quad (3.18)$$

$$I_a = 0 \text{ (phase saine)} \quad (3.19)$$

- Traduction en grandeurs symétriques :

$$\begin{cases} V_d = \frac{1}{3} (V_a + a V_b + a^2 V_c) = \frac{1}{3} V_a \\ V_i = \frac{1}{3} (V_a + a^2 V_b + a V_c) = \frac{1}{3} V_a \\ V_h = \frac{1}{3} (V_a + V_b + V_c) = \frac{1}{3} V_a \end{cases} \quad (3.20)$$

$$\Rightarrow V_d = V_i = V_h \quad (3.21)$$

- Donc :

$$I_i = -\frac{V_i}{Z_i} = -\frac{V_d}{Z_d} = -\frac{V_h}{Z_h} \quad (3.22)$$

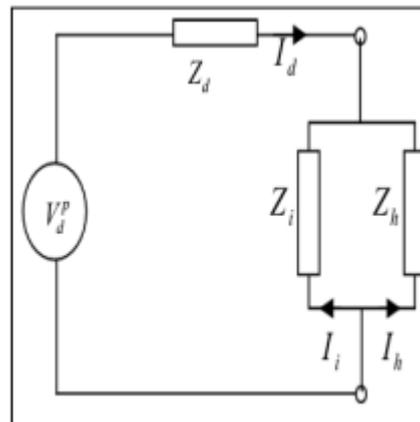
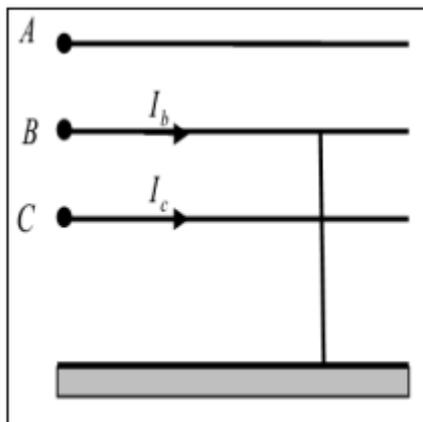
$$I_h = -\frac{V_h}{Z_h} = -\frac{V_d}{Z_d} = -\frac{V_i}{Z_i} \quad (3.23)$$

$$\begin{cases} I_i = -\frac{(V_d^p - Z_d \cdot I_d)}{Z_i} \\ I_h = -\frac{(V_d^p - Z_d \cdot I_d)}{Z_h} \\ I_a = I_d + I_i + I_h = 0 \end{cases} \quad (3.24)$$

- On remplace :

$$\Rightarrow I_a = I_d - \frac{(V_d^p - Z_d \cdot I_d)}{Z_i} - \frac{(V_d^p - Z_d \cdot I_d)}{Z_h} \quad (3.25)$$

$$\begin{cases} I_d = \frac{V_d^p \cdot (Z_i + Z_h)}{Z_d \cdot Z_i + Z_d \cdot Z_h + Z_i \cdot Z_h} \\ I_i = -\frac{V_d^p \cdot Z_h}{Z_d \cdot Z_i + Z_d \cdot Z_h + Z_i \cdot Z_h} \\ I_h = -\frac{V_d^p \cdot Z_i}{Z_d \cdot Z_i + Z_d \cdot Z_h + Z_i \cdot Z_h} \end{cases} \quad (3.26)$$



- Les grandeurs de phase :

$$I_b = a \cdot 2 \cdot I_d + a \cdot I_i + I_h \Rightarrow I_b = \frac{\sqrt{3} V_d^p \cdot (Z_h \cdot 1 \angle -90^\circ + Z_i \cdot 1 \angle -150^\circ)}{Z_d \cdot Z_i + Z_d \cdot Z_h + Z_i \cdot Z_h} \quad (3.27)$$

$$I_c = a.I_d + a^2 .I_i + I_h \Rightarrow I_b = \frac{\sqrt{3}V_d^p \cdot (Z_h \cdot 1 \angle +90^\circ + Z_i \cdot 1 \angle +150^\circ)}{Z_d \cdot Z_i + Z_d \cdot Z_h + Z_i \cdot Z_h} \quad (3.28)$$

$$\text{Le courant dans le neutre est : } I_n = I_b + I_c = \left| \frac{3V_d^p}{Z_d \cdot Z_i + Z_d \cdot Z_h + Z_i \cdot Z_h} \right| \quad (3.29)$$

2.8.6 Court-circuit monophasé

- Expression du défaut:

$$V_a = 0 \text{ (phase en défaut)} \quad (3.30)$$

$$I_b = I_c = 0 \text{ (phases saines)} \quad (3.31)$$

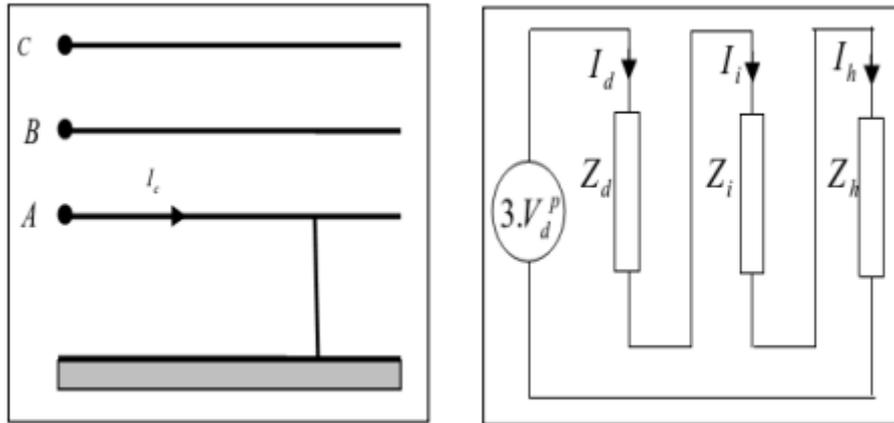
- Traduction en grandeurs symétriques :

$$V_d + V_i + V_h = 0, I_d = I_i = I_h \quad (3.32)$$

- On a :

$$I_d = I_i = I_h = \frac{V_d^p}{Z_d + Z_i + Z_h} \quad (3.33)$$

$$\begin{cases} V_d = \frac{Z_i + Z_h}{Z_d + Z_i + Z_h} V_d^p \\ V_i = -\frac{Z_i}{Z_d + Z_i + Z_h} V_d^p \\ V_h = -\frac{Z_h}{Z_d + Z_i + Z_h} V_d^p \end{cases} \quad (3.34)$$



- Les grandeurs de phase :

$$\begin{cases} \mathbf{V}_a = \mathbf{0} \\ \mathbf{V}_b = \frac{(a^2 - a)Z_i + (a^2 - 1)Z_h}{Z_d + Z_i + Z_h} V_d^p \\ \mathbf{V}_c = \frac{(a - a^2)Z_i + (a - 1)Z_h}{Z_d + Z_i + Z_h} V_d^p \end{cases} \quad (3.35)$$

$$I_a = \frac{3V_d^p}{Z_d Z_i + Z_d Z_h + Z_i Z_h} I_b = I_c = 0 \quad (3.36)$$

2.8.7 Court-circuit monophasé avec impédance

Dans ce cas la tension au point du défaut n'est pas nulle.

$$V_a \neq 0 \text{ (phase en défaut)} \quad (3.37)$$

$$I_b = I_c = 0 \text{ (phases saines)} \quad (3.38)$$

- Traduction en grandeurs symétriques :

$$\begin{cases} I_d = \frac{1}{3}(I_a + a \cdot I_b + a^2 \cdot I_c) = \frac{1}{3} I_a \\ I_i = \frac{1}{3}(I_a + a^2 \cdot I_b + a \cdot I_c) = \frac{1}{3} I_a \\ I_h = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c) = \frac{1}{3} I_a \end{cases} \quad (3.39)$$

$$\Rightarrow I_d = I_i = I_h \quad (3.40)$$

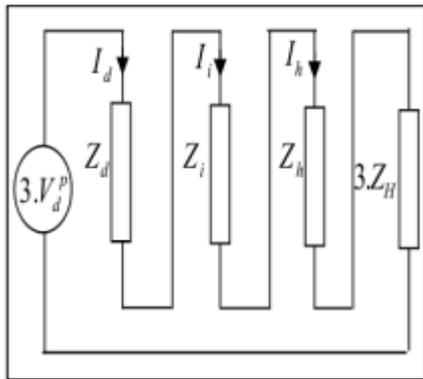
- Avec:

$$V_a = V_d + V_i + V_h = Z_H \cdot I_a \quad (3.41)$$

$$\Rightarrow V_d = - (V_i + V_h) + Z_H \cdot I_a \quad (3.42)$$

- Soit :

$$V_d^p - Z_d \cdot I_d = \frac{1}{3} Z_h \cdot I_a + \frac{1}{3} Z_i \cdot I_a + Z_H \cdot I_a \quad (3.43)$$



- Les grandeurs de phase :

$$I_a = \frac{3V_d^p}{Z_d \cdot Z_i + Z_d \cdot Z_h + Z_i \cdot Z_h} \quad I_b = I_c = 0 \quad (3.44)$$

- Remarque :

toutes les grandeurs utilisées sont en valeur complexe.

2.8.8 La méthode des impédances

Cette méthode permet d'obtenir une bonne précision en BT (< 1000 V). Il comprend la liste de toutes les impédances trouvées sur le chemin du courant de court-circuit. Des tables permettent de déterminer plus facilement l'impédance d'un réseau de distribution à partir de sa puissance de court-circuit, et l'impédance d'un transformateur à partir de sa

puissance apparente. D'autres tableaux donnent les méthodes de pose pour chaque type de ligne et ses parts relatives de résistance et de réactance dans l'impédance. [6]

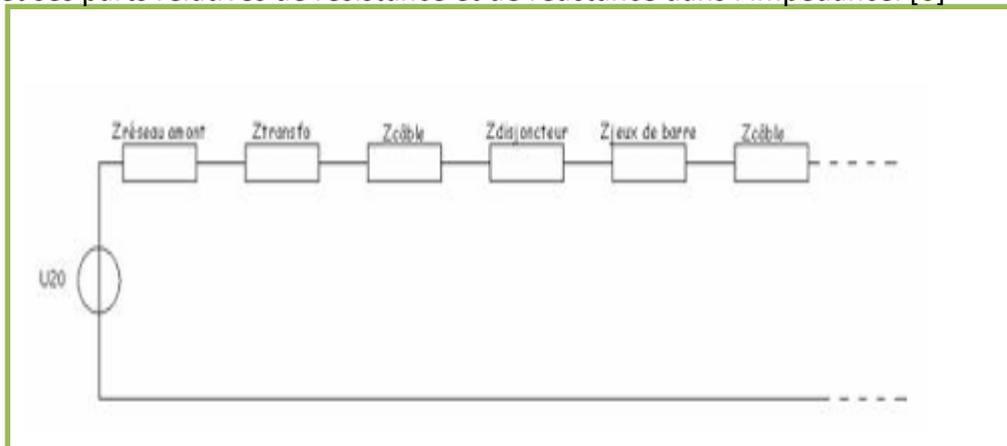


Figure 0-3 Schéma de décomposition d'une installation électrique en BT

- Pour chaque constituant ; il faut calculer :
 - ✓ Sa résistance R
 - ✓ Sa réactance X

2.8.9 Court-circuit triphasé

C'est le défaut qui correspond à la réunion des trois phases.

$$I_{cc3} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_{cc}} \quad (3.45)$$

- **Avec :**
 - **U** = tension entre phases à vide au secondaire du transformateur en V.
 - **Z_{cc}** : impédance totale par phase en amont du défaut en Ω

C'est en fait l'impédance « directe » par phase :

$$Z_{cc} = \sqrt{\sum R^2 + \sum X^2} \quad (3.46)$$

- $\sum R$ = somme des résistances en série.
- $\sum X$ = somme des réactances en série

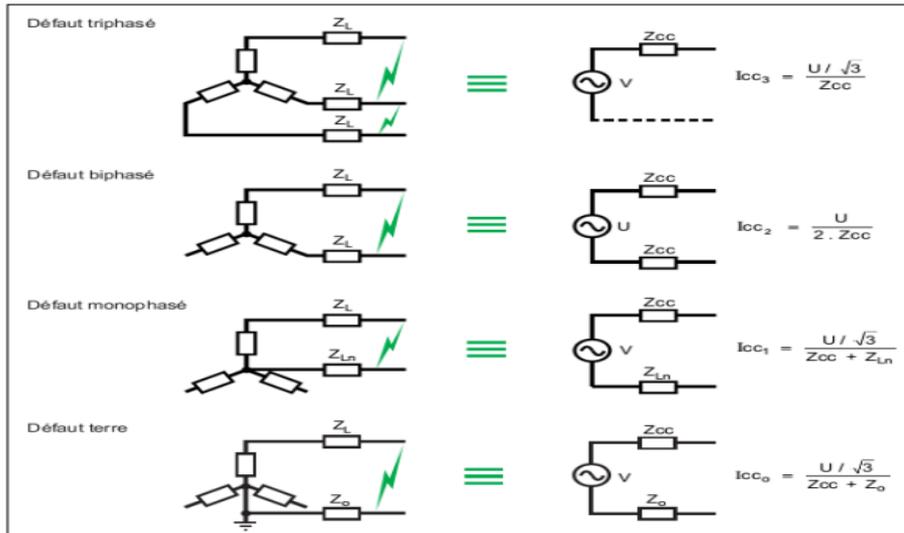


Figure 0-4 Les différentes courant de court-circuit [9]

2.8.10 Court-circuit biphasé isolé

Il correspond à un défaut entre deux phases, alimenté sous une tension composée U.

$$I_{cc2} = \frac{U}{2 \cdot Z_{cc}} \quad (3.47)$$

2.8.11 Court-circuit monophasé isolé

Il correspond à un défaut entre une phase et le neutre, alimenté sous une tension simple:

$$V = U / \sqrt{3}. \quad (3.48)$$

- **Alors :**

$$I_{cc1} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_{cc} + Z_L} \quad (3.49)$$

2.8.12 Puissance de court-circuit d'un réseau amont Za

L'impédance du réseau amont ramenée au secondaire du transformateur est donnée par la relation :

$$|Z_a| = \frac{U}{P_{cc}} \quad (3.50)$$

- Avec :
P_{cc} : puissance apparente de court-circuit
Z_a : impédance amont du transformateur

2.8.13 Transformateur

L'impédance Z_{tr} d' un transformateur vue du secondaire est donnée par la relation suivante :[8]

$$Z_{tr} = \frac{U}{P} \times U_{cc} \text{ (\%)} \quad (3.51)$$

- Avec :
U_{cc} % : c'est le pourcentage de la tension primaire

2.8.14 Les disjoncteurs

La résistance est négligeable ; la réactance est prise égale à 0.15 mΩ.

2.8.15 Les câbles

La résistance se calcule à l'aide de la formule :

$$R_c = \frac{\varphi L}{S} \quad (3.52)$$

- Avec :
 φ : résistivité
L : longueur de la canalisation
S : section des conducteurs

2.8.16 Les jeux de barres

La résistance d'un jeu de barre est négligeable ; sauf pour les faibles sections. la réaction est supposée égale à 0.15mΩ.

2.9 La méthode à base des tableaux et d'abaques

Le schéma d'une distribution électrique comprend toujours :

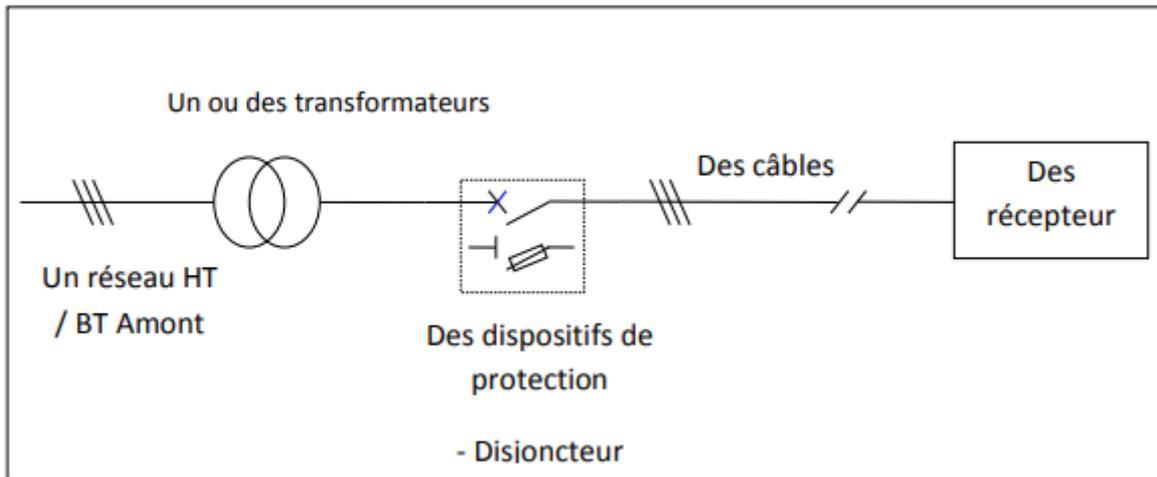


Figure 0-5 Schéma d'une distribution électrique

Le schéma de la Figure représente une application typique d'une méthode de composition à l'aide du tableau. Cette méthode approchée a une précision suffisante pour ajouter un circuit à une installation existante.

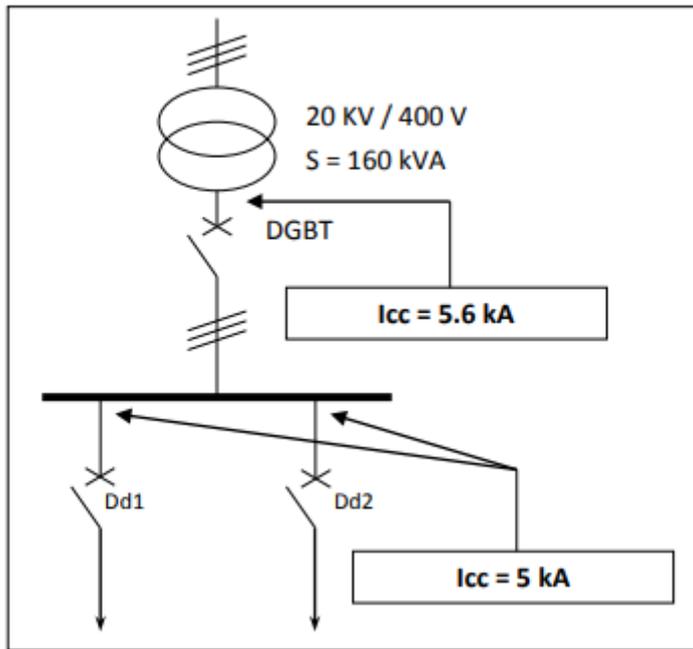
La méthode de composition est effectuée à l'aide d'un tableau divisé horizontalement en trois parties.

Les parties haute et basse permettent de choisir la section du conducteur et la longueur du tube selon le type de conducteur (cuivre en haut et aluminium en bas). La section du milieu représente le courant de court-circuit en amont et le courant de court-circuit en aval, selon les sélections effectuées précédemment dans le tableau. L'exemple suivant utilise la méthode de synthèse pour calculer l' I_{cc} au point B du graphique à partir de l' I_{cc} au point A.

Dans la colonne Conducteur, sélectionnes la section du conducteur (cuivre ou aluminium selon les besoins). [13]

- **Exemple :**

L'usine HAYAT de Blida est alimentée par un transformateur HT/BT de 160 KVA. On trouve au secondaire un disjoncteur général suivi d'un câble en cuivre de 120 mm^2 et d'une longueur de 80 m qui alimente le jeu de barres de distribution. La puissance de court-circuit du réseau EDF est $S = 500 \text{ MVA}$. \Rightarrow Déterminer le pouvoir de coupure minimum des disjoncteurs de "départ" (Dd1 et Dd2) placés juste en dessous du jeu de barres. [6]



A l'aide du tableau I, déterminons le courant de court-circuit au secondaire du transformateur.

$$S = 160 \text{ kVA} \Rightarrow I_{cc} = 5588 \text{ A} \quad I_{cc} = 5.6 \text{ kA}$$

U20 = tension au secondaire à vide

Exemple n°2 Récapitulatif

Exemple n°2

		Puissance du transformateur en KVA																			
		16	25	40	50	63	80	100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
U20 = 237 V	In (A)	39	61	97	122	153	195	244	390	609	767	974	1218	1535	1949	2436	3045	3899	4872	6090	7673
	I _{CC} (A)	973	1521	2431	3038	3825	4853	6060	9667	15038	18887	23883	29708	37197	41821	42738	48721	57151	65840	76127	94337
U20 = 410 V	In (A)	23	35	56	70	89	113	141	225	352	444	563	704	887	1127	1408	1760	2253	2816	3520	4435
	I _{CC} (A)	563	879	1403	1756	2210	2803	3503	5388	8692	10917	13806	17173	21501	24173	27080	30612	35630	40817	46949	58136

Tableau 3 La valeur du courant de court-circuit au secondaire d'un transformateur

A l'aide du tableau II, déterminons le courant de court-circuit au bout du câble de 80m.

Détermination de Icc aval connaissant Icc amont

Icc = 28 kA

50 mm² cuivre
23 m



Icc = 15,5 kA

Cuivre (réseau 400 V)	longueur de la canalisation (en m)																					
section des conducteurs de phase (mm ²)	Valeur la plus proche par défaut																					
1,5																	1,8	2,8	3,8	5,1		
2,5																	3,0	4,3	6,1	8,6		
4																	3,7	5,3	7,4	10,6		
6																	4,4	6,2	8,6	12,1		
10																	6,0	8,5	11,7	16,3		
16																	8,0	11,2	15,5	21,4		
25																	10,7	14,8	20,3	28,1		
35																	13,2	18,4	25,4	34,8		
50																	15,5	21,4	29,3	40,1		
70																	18,8	26,2	35,8	48,8		
95																	22,1	30,5	41,5	56,1		
120																	25,4	34,8	46,8	62,7		
150																	29,7	40,1	53,5	72,1		
185																	34,0	46,1	61,1	82,1		
240																	40,1	53,5	70,7	94,1		
300																	46,1	61,1	80,1	107,1		
2 x 120																	52,1	69,1	91,1	121,1		
2 x 150																	58,1	77,1	101,1	135,1		
2 x 185																	64,1	85,1	111,1	148,1		
Icc amont (en kA)																						
50	47,7	47,7	48,8	45,6	43,7	41,8	39,2	36,0	32,2	28,1	23,8	19,5	15,8	12,1	9,2	6,9	5,1	3,7	2,7	1,9	1,4	1,0
40	38,5	38,5	37,9	37,1	36,0	34,6	32,8	30,5	27,7	24,6	21,2	17,8	14,5	11,4	8,8	6,7	5,0	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0
35	33,8	33,8	33,4	32,6	31,9	30,8	29,3	27,5	25,2	22,7	19,7	16,7	13,7	11,0	8,5	6,5	4,9	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0
30	29,1	29,1	28,8	28,3	27,7	26,9	25,7	24,3	22,5	20,4	18,0	15,5	12,9	10,4	8,2	6,3	4,8	3,5	2,6	1,9	1,4	1,0
25	24,4	24,4	24,2	23,8	23,4	22,8	22,0	20,9	19,6	18,0	16,1	14,0	11,9	9,8	7,8	6,1	4,6	3,4	2,5	1,9	1,3	1,0
20	19,6	19,6	19,5	19,2	19,0	18,6	18,0	17,3	16,4	15,2	13,9	12,3	10,6	8,9	7,2	5,7	4,4	3,3	2,5	1,8	1,3	1,0
15	14,8	14,8	14,7	14,6	14,4	14,2	13,9	13,4	12,9	12,2	11,3	10,2	9,0	7,7	6,4	5,2	4,1	3,2	2,4	1,8	1,3	0,9
10	9,9	9,9	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,3	9,0	8,6	8,2	7,6	6,9	6,2	5,3	4,4	3,6	2,9	2,2	1,7	1,2	0,9
7,5	7,0	6,9	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3	6,1	5,7	5,3	4,9	4,3	3,7	3,1	2,5	2,0	1,6	1,2	0,9	0,7
5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,8	3,5	3,1	2,7	2,2	1,8	1,4	1,1	0,8	0,7	0,5
4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0	0,8	0,7	0,5
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,5
2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7	0,5
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5

Valeur la plus proche par excès

Tableau 4 La valeur de Icc aval en fonction du Icc amont.

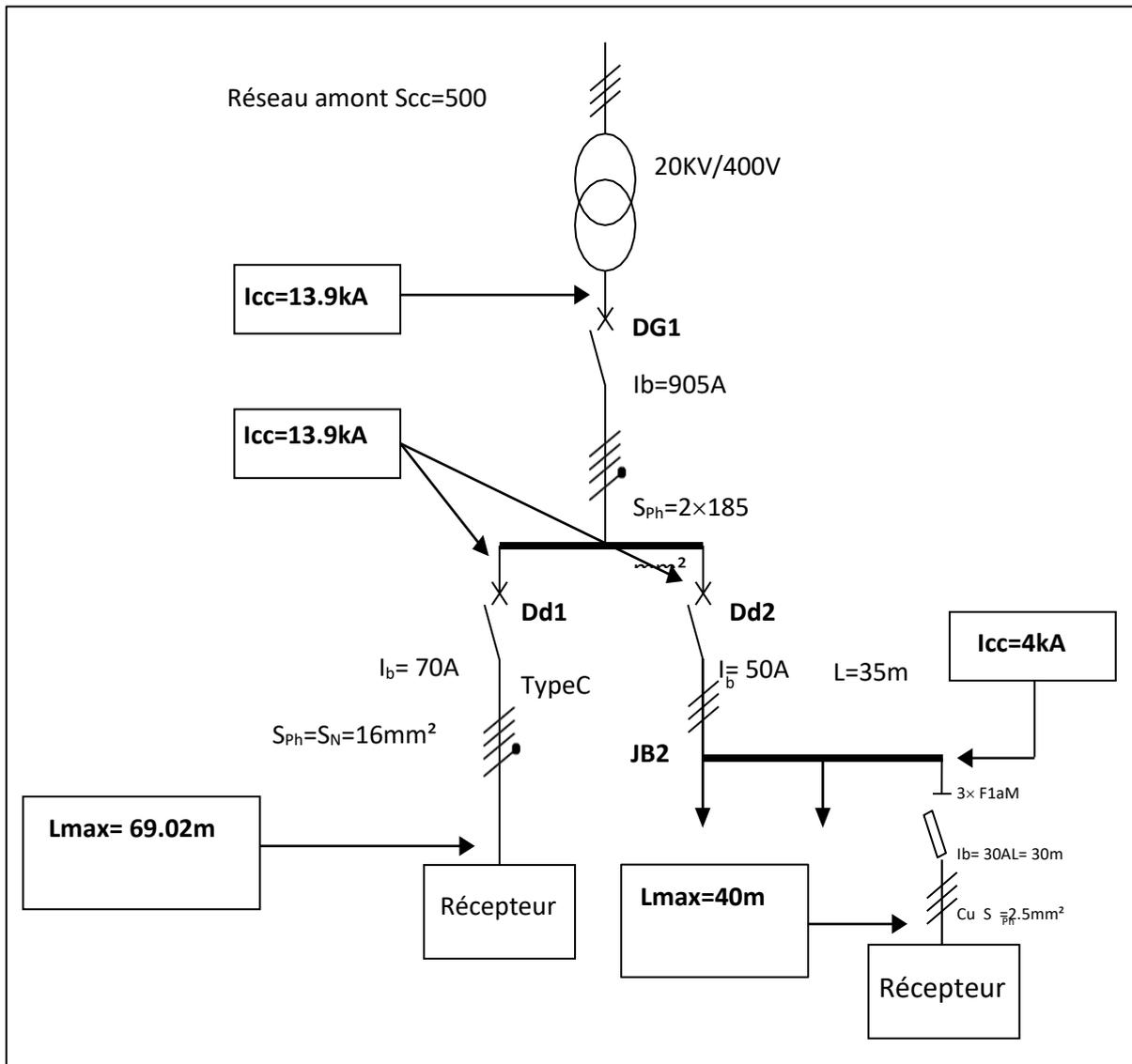
Cuivre	Section	Longueur de la canalisation
230 400	120	75
		Icc amont
Icc	7kA	Courant de court-circuit au niveau considéré
		5kA

Prendre la valeur juste au-dessus du Icc calculé

Le PdC des disjoncteurs "départ" doit être ≥ à 5 KA

- **Exemple :**

Une entreprise de La Ciota test alimenté en basse tension $3 \times 400 \text{ V}$ par un transformateur de puissance apparente de 400 kVA. Une partie du schéma de l'installation vous est donnée ci-dessous.



À l'aide du tableau I, déterminons le courant de court-circuit à l'entrée secondaire du transformateur.

$$S = 400 \text{ kVA} \Rightarrow I_{cc} = 13806 \text{ A} \quad I_{cc} = 13.9 \text{ kA}$$

À l'aide du tableau II, déterminons le courant de court-circuit au niveau du Jeu de barres n°1.

3 .A l'aide du tableau II, déterminons le courant de court-circuit au niveau du Jeu de barres n°2.

On trouve $I_{cc} = 4 \text{ kA}$

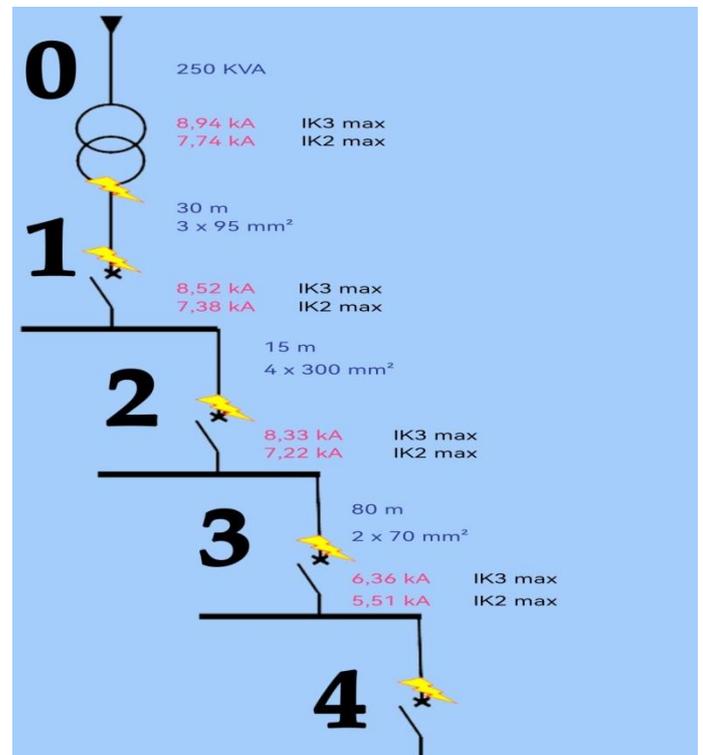
2.10 La méthode par un logiciel

De nombreux logiciels ont été développés pour calculer les courants de court-circuit selon les normes (ex : logiciel Caneco, Tr-Ciel, SEE Calcul, Ecodial). L'état de l'art peut prendre en compte les aspects dynamiques des court-circuit et peut également effectuer des simulations

- Exemple :

calcul du courant de court-circuit par la méthode des impédances

Source	
Puissance de court-circuit du réseau haute tension en MVA (*)	600
Transformateur	
Puissance assignée du transformateur (*)	250
Type de refroidissement du transformateur (*)	Immergé
Tension nominal entre phases de l'installation (*)	400
Tableau de distribution Niveau 1	
Longueur de la canalisation en m	30
Section des conducteurs de phase	95
Nature de l'âme conductrice	Cuivre
Nombre de conducteurs en parallèle par phase	3
Type de canalisation	En trèfle
Tableau de distribution Niveau 2	
Longueur de la canalisation en m	15
Section des conducteurs de phase	300
Nature de l'âme conductrice	Aluminium
Nombre de conducteurs en parallèle par phase	4
Type de canalisation	En Barres
Tableau de distribution Niveau 3	
Longueur de la canalisation en m	80
Section des conducteurs de phase	70
Nature de l'âme conductrice	Cuivre
Nombre de conducteurs en parallèle par phase	2



Résultats des calculs du courant de court-circuit

Niveau source

Un en V	400, V	$Zq = \frac{(m \cdot Un)^2}{Skq}$
Skq en MVA	500	
Rq en mΩ	0,035	$Xq = 0.995 \cdot Zq$
Xq en mΩ	0,351	
Zq en mΩ	0,353	$Rq = 0.100 \cdot Xq$

Niveau transformateur

Un en V	400, V	IK3 max	1,8kA	$Zt = \frac{(m \cdot Un)^2 \cdot Ucc}{St \cdot 100}$
Ucc en %	4, %	IK2/IK1 max	1,56kA	
St en KVA	50, kVA	ΣR en mΩ	43,782	$Xt = 0.95 \cdot Zt$
Rt en mΩ	43,75	ΣX en mΩ	134,42	
Xt en mΩ	134,06	Z en mΩ	141,366	$Rt = 0.31 \cdot Zt$
Zt en mΩ	141,12			

Niveau protection transformateur

Longueur en m	15, m	IK3 max	1,79kA	$Zc1 = \sqrt{Rc^2 + Xc^2}$
Section en mm ²	70, mm ²	IK2/IK1 max	1,55kA	
Nbr de conducteurs	3	ΣR en mΩ	45,882	$Xc1 = \lambda \cdot \frac{L}{Nph}$
ρ en Ω mm ² /m	0,0294	ΣX en mΩ	134,87	
λ en mΩ	0,090	Z en mΩ	142,456	$IK3 = \frac{c.m. \cdot Un}{Z}$
Rc1 en mΩ	2,100			$Rc1 = \rho \cdot \frac{L}{S \cdot Nc}$
Xc1 en mΩ	0,450			
Zc1 en mΩ	2,148			$IK2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot IK3 \max$

Niveau TGBT

Longueur en m	2, m	IK3 max	1,78kA	$Zc2 = \sqrt{Rc^2 + Xc^2}$
Section en mm ²	400, mm ²	IK2/IK1 max	1,54kA	
Nbr de conducteurs	1	ΣR en mΩ	45,975	$Xc2 = \lambda \cdot \frac{L}{Nph}$
ρ en Ω mm ² /m	0,0185	ΣX en mΩ	135,17	
λ en mΩ	0,150	Z en mΩ	142,770	$IK3 = \frac{c.m. \cdot Un}{Z}$
Rc2 en mΩ	0,093			$Rc2 = \rho \cdot \frac{L}{S \cdot Nc}$
Xc2 en mΩ	0,300			
Zc2 en mΩ	0,314			$IK2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot IK3 \max$

Niveau coffret divisionnaire

Longueur en m	60, m	IK3 max	1,64kA	$Zc3 = \sqrt{Rc^2 + Xc^2}$
Section en mm ²	50, mm ²	IK2/IK1 max	1,42kA	
Nbr de conducteurs	1	ΣR en mΩ	68,187	$Xc3 = \lambda \cdot \frac{L}{Nph}$
ρ en Ω mm ² /m	0,0185	ΣX en mΩ	139,97	
λ en mΩ	0,080	Z en mΩ	155,691	$IK3 = \frac{c.m. \cdot Un}{Z}$
Rc3 en mΩ	22,212			$Rc3 = \rho \cdot \frac{L}{S \cdot Nc}$
Xc3 en mΩ	4,800			
Zc3 en mΩ	22,725			$IK2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot IK3 \max$

<i>Puissance en kVA du transformateur triphasé immergé dans l'huile (410 v)</i>										
	50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600
In (A)	70	141	225	352	563	887	1127	1408	1760	2253
Icc (kA)	1,76	3,5	5,59	8,69	13,81	21,5	18,29	22,71	28,16	35,65
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6
Perte cuivre	1,35	2,15	2,35	3,25	4,6	6,5	10,7	13	16	20

<i>Puissance en kVA du transformateur triphasé enrobé TRIHAL (410 v)</i>										
	100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250
In (A)	141	225	352	444	563	704	887	1127	1408	1760
Icc (kA)	2,34	3,74	5,82	7,32	9,2	11,54	14,48	18,29	22,71	28,14
Ucc (%)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Perte cuivre	2,05	2,7	3,6	4,6	5,5	6,5	7,8	9,4	11	13,1

2.11 Conclusion

Toute installation électrique doit être protégée contre les court-circuit et ceci, sauf exception, chaque fois qu'il y a une discontinuité électrique, ce qui correspond le plus généralement à un changement de section des conducteurs. L'intensité du courant de court-circuit est à calculer aux différents étages de l'installation ; ceci pour pouvoir déterminer les caractéristiques du matériel qui doit supporter ou couper ce courant de défaut.

3.1 Introduction

L'utilisation de la simulation sous MATLAB/SIMULINK à l'avantage d'être rapide de détecter les défauts de court-circuit.

Dans cette partie nous allons utiliser le logiciel de simulation MATLAB/SIMULINK pour analyser le court-circuit sur les formes d'ondes et les amplitudes de courants, tension et de puissance, au niveau d'un nœud quelconque dans un réseau électrique HTA.

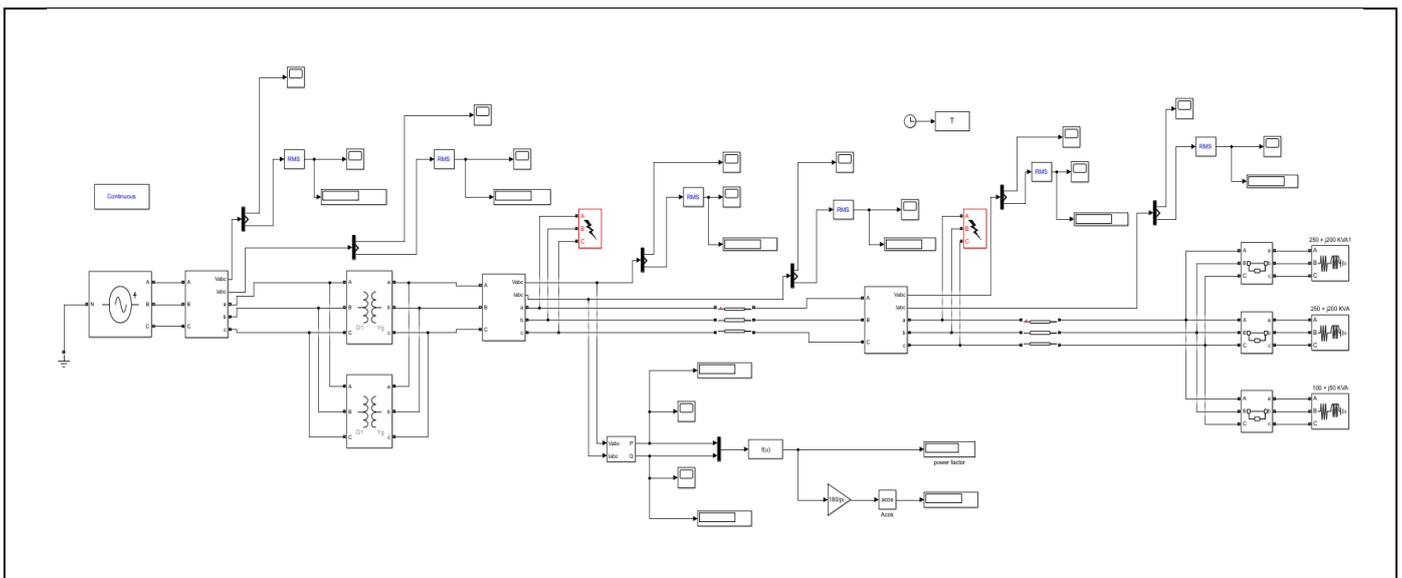


Figure 0-1 Le schéma global de réseau étudié

3.2 Les résultats de simulation:

a) *Court-circuit monophasé:*

On simule un court-circuit monophasé aux niveau de la phase (a). le court-circuit débute à $t = 0.08s$ jusqu'à $0.12s$.

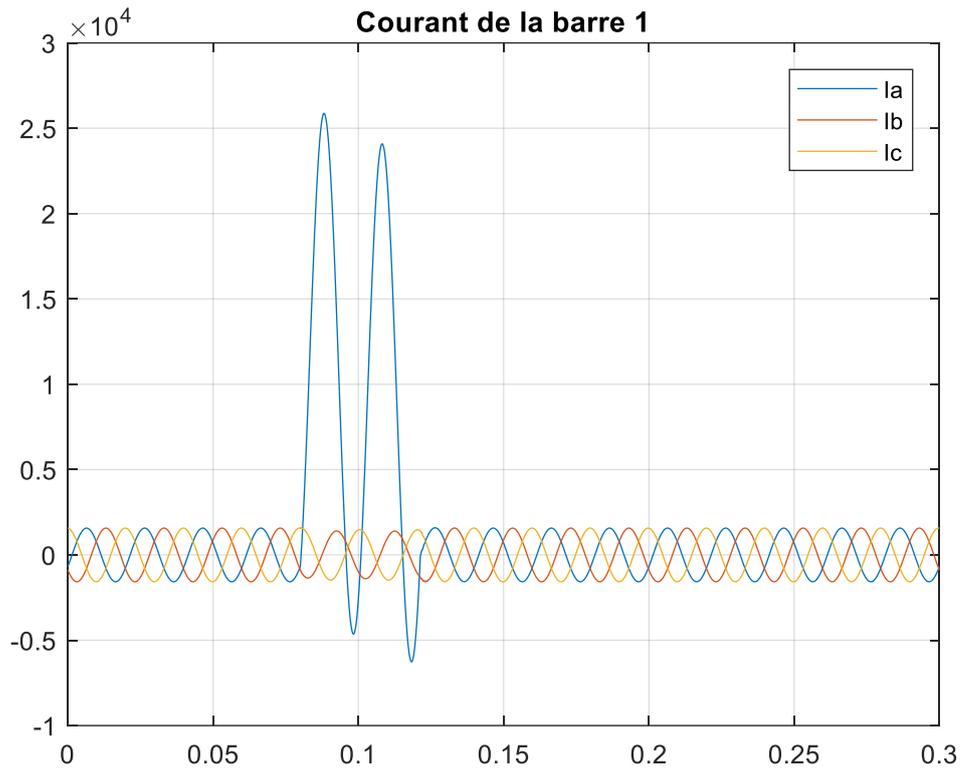


Figure 0-2

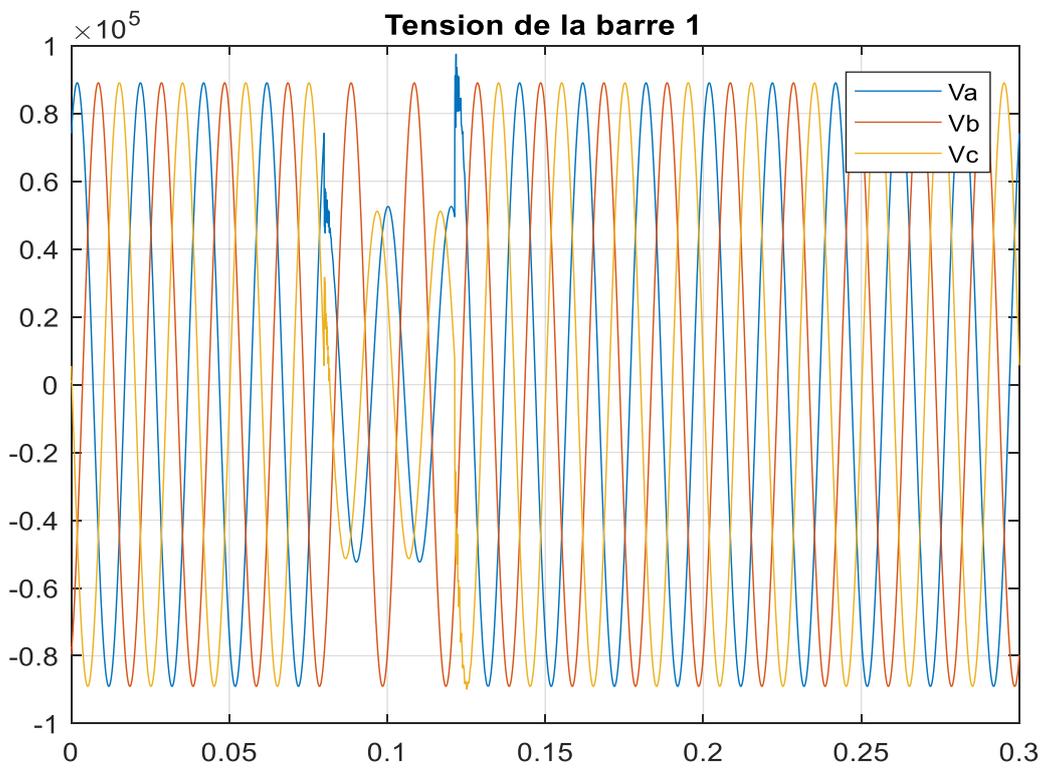


Figure 0-3

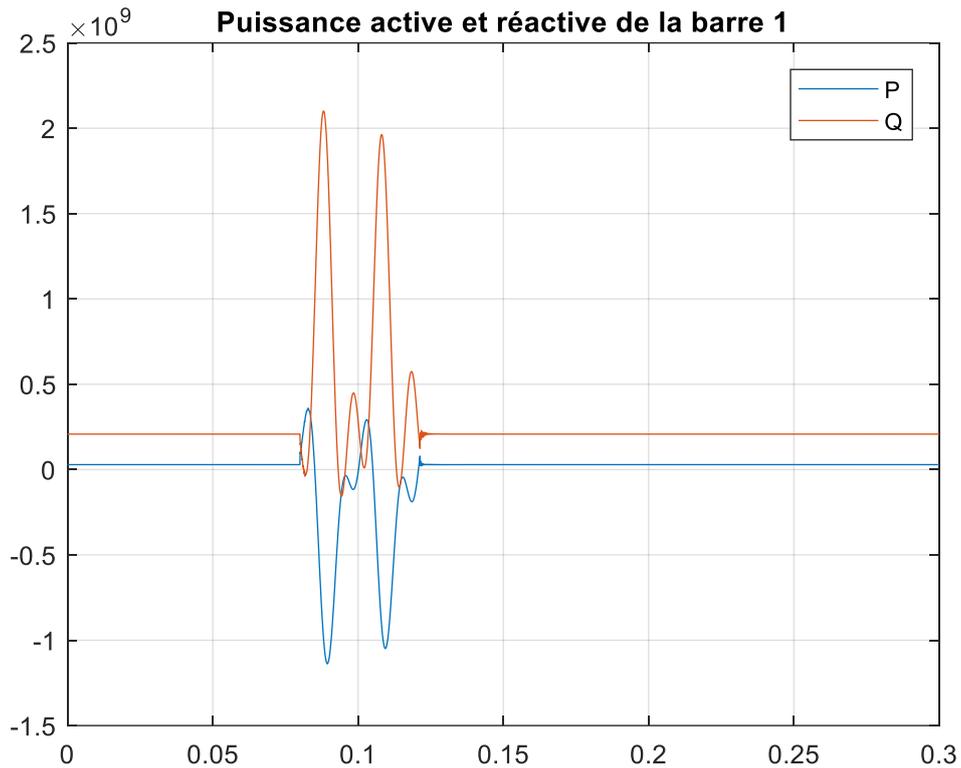


Figure 0-4

Le court-circuit a lieu pratiquement au maximum de la tension. Avant le court-circuit, la tension aux bornes de la charge est égale à la tension du réseau d'alimentation. Après l'apparition du court-circuit, la tension de la phase en court-circuit devient nulle. Le courant de court-circuit est très élevé (plus de 25 kA). La courbe de la figure 4.4 illustre l'évolution des puissances active et réactive avant, durant la période de défaut et après l'application de c-c monophasé.

b) Court-circuit biphasé (a) et (b):

On étudie lcc lors d'un court-circuit entre 2 phases (phase a-phase b). Le court-circuit débute à $t = 0.08s$ jusqu'à $0.12s$.

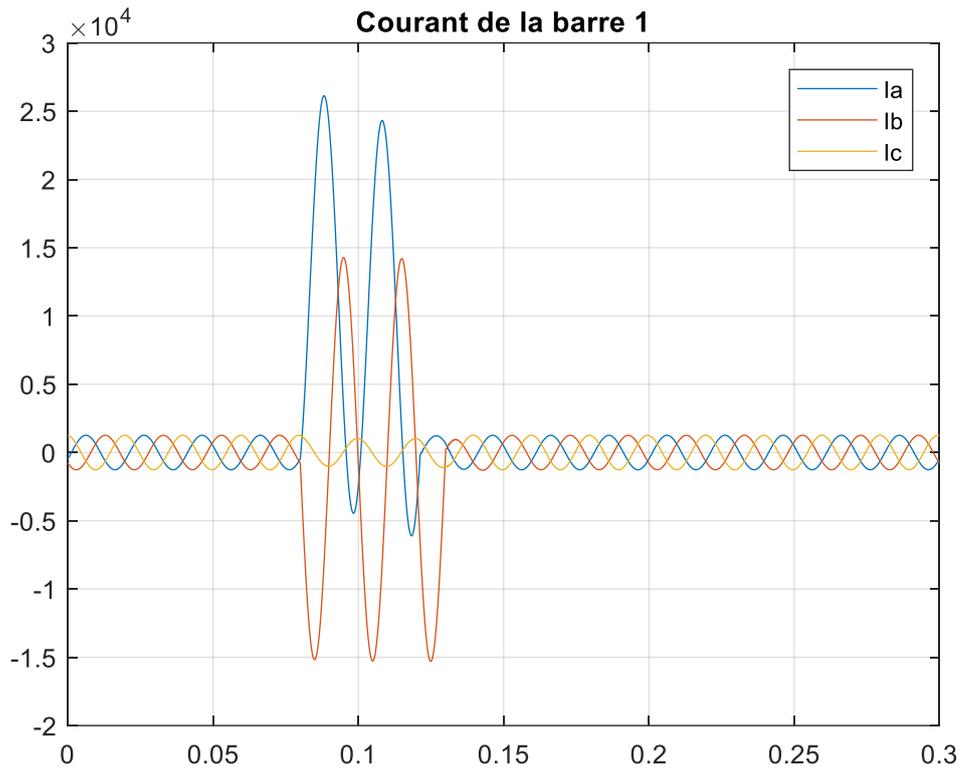
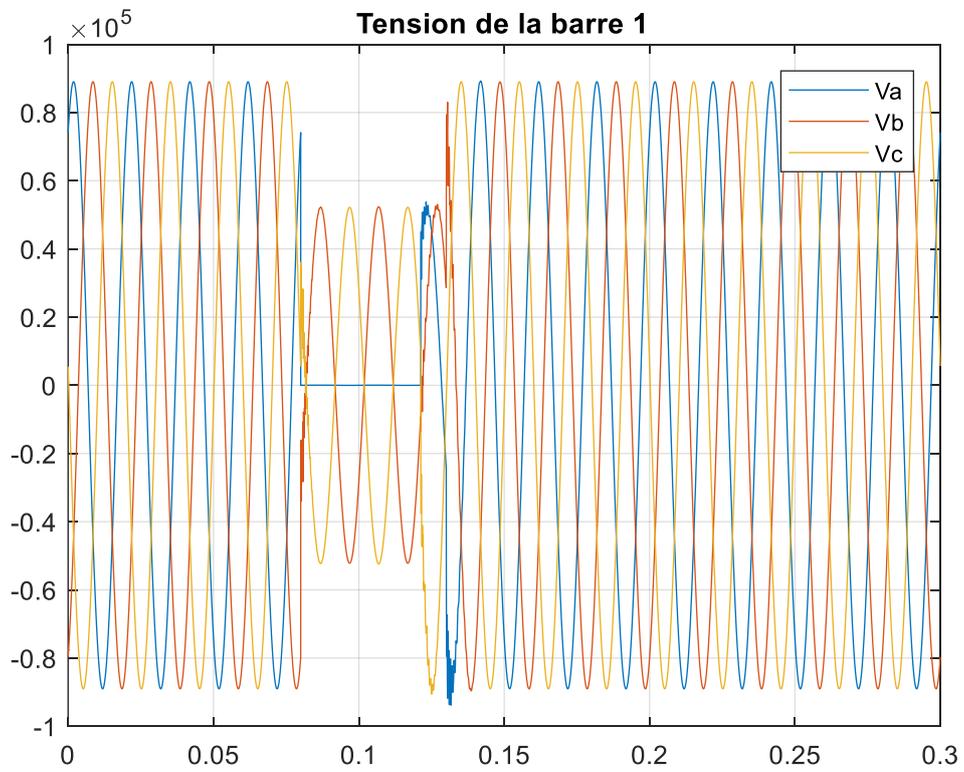


Figure 0-5



Figure

0-6

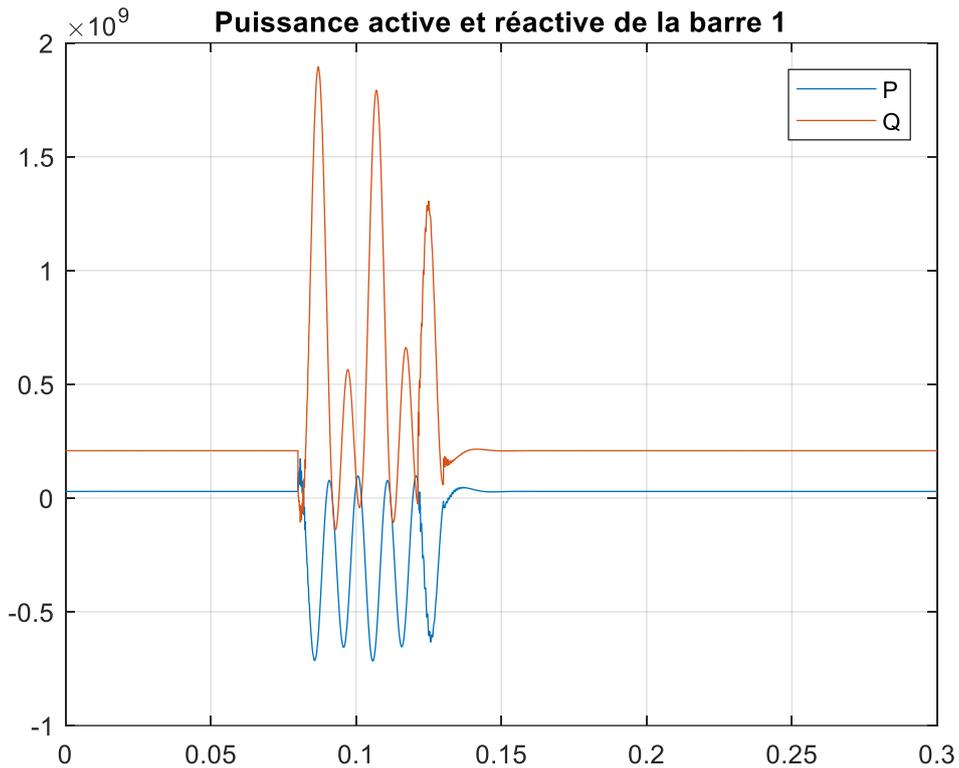


Figure 0-7

Le court-circuit a lieu pratiquement au maximum de la tension. Après l'apparition du court-circuit, la tension dans la phase (a) et (b) devient nulle. Le courant de court-circuit est très élevé plus que le courant de court-circuit monophasé (plus de 25 kA). La phase (c) n'est pas affectée par le court-circuit. Les courants de court-circuit I_{cca} et I_{ccb} sont en opposition de phase. Le court-circuit est asymétrique ; la valeur crête du courant pour la 1ère alternance est d'environ 25kA. La courbe de la figure 4.7 illustre l'évolution des puissances active et réactive avant, durant période de défaut et après l'application de c-c biphasé.

c) Court-circuit triphasé (a) (b) et (c) :

On simule un court-circuit triphasé aux borne de la phase (a), (b) et (c). Le court-circuit débute à $t = 0.08$ s jusqu'à 0.12s.

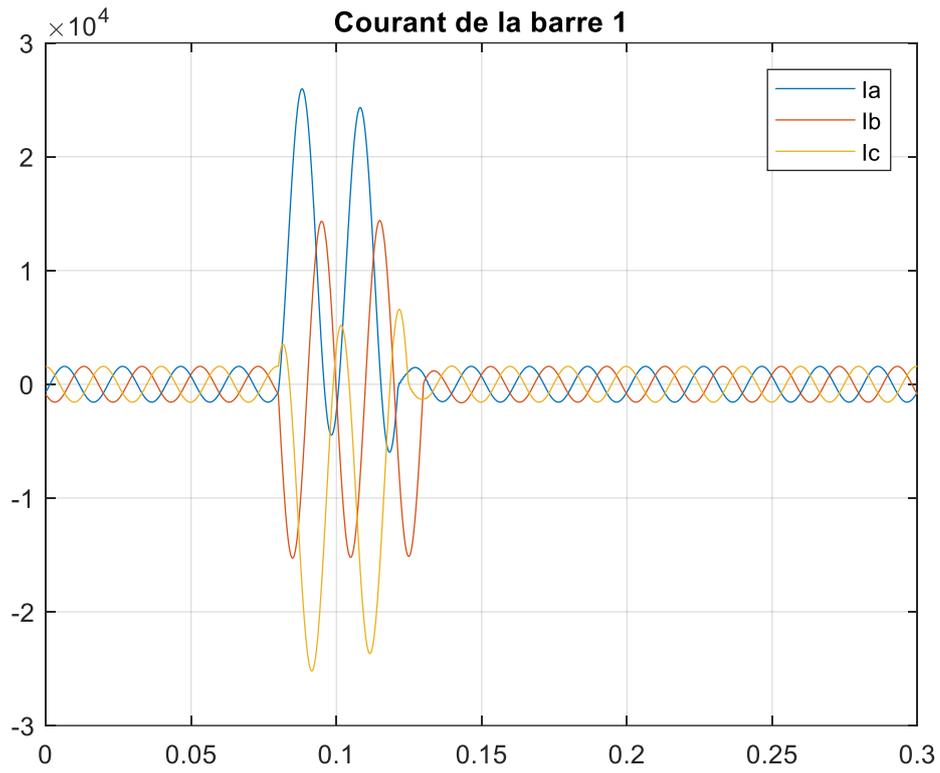


Figure 0-8

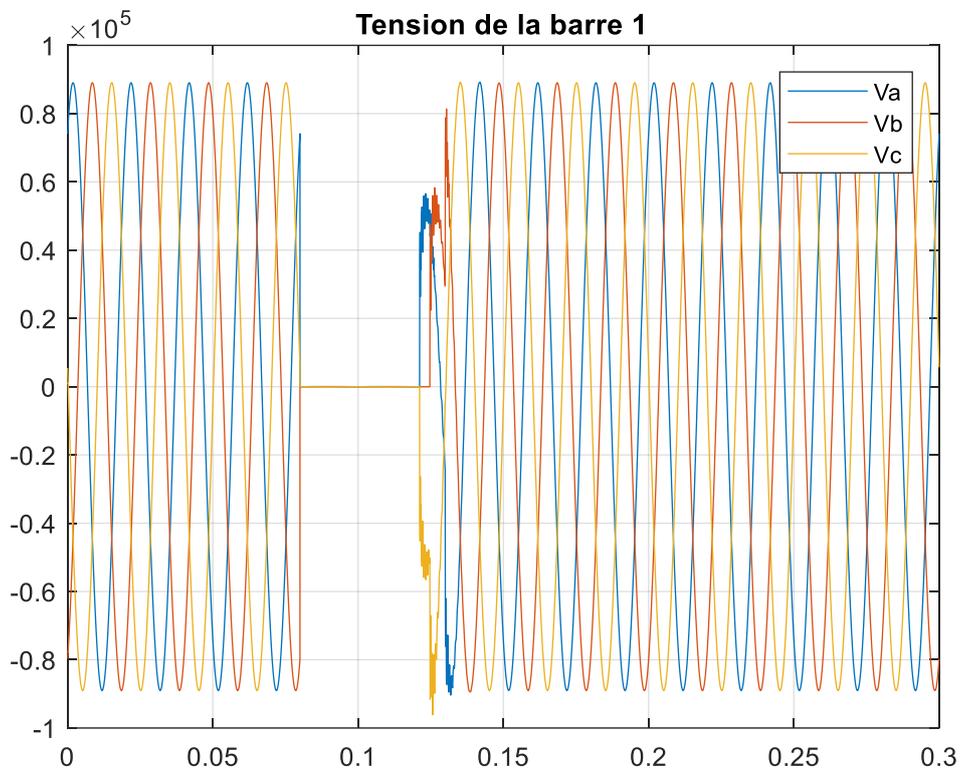


Figure 0-9

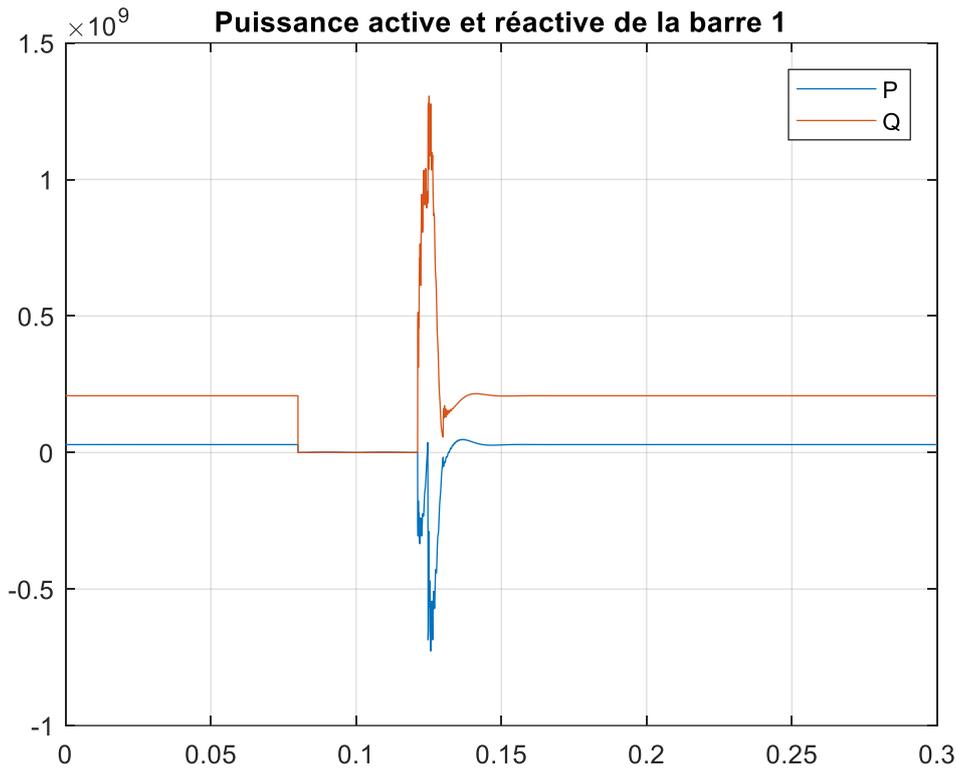


Figure 0-10

Les 3 phases sont affectées par le court-circuit. Après l'apparition du court-circuit, la tension dans les phases (a), (b) et (c) devient nulle. La valeur crête du courant pour la première alternance est d'environ 25 kA. La courbe de la (figure 4.10) illustre l'évolution des puissances active et réactive avant, durant période de défaut et après l'application de c-c triphasé.

3.3 Conclusion

Tout fonctionnement d'un réseau électrique peut être exposé à l'apparition de défauts se manifestant souvent par des courants élevés de « court-circuit », avec des conséquences qu'il est essentiel de savoir gérer au mieux.

Pour le calcul du courant de court-circuit il y a plusieurs méthodes qu'ont été conçues de telle sorte que le courant de court-circuit puisse être calculé à la main ou à l'aide d'un moyen informatique.

L'utilisation de la méthode de simulation avec MATLAB/SIMULINK à l'avantage d'être rapide et facile de configurer les défauts de court-circuit.

1. Conclusion générale

Différentes méthodes de calcul des courants de circuit ont été développées et incluses par la suite dans les normes.

Un certain nombre de ces méthodes étaient initialement conçues de manière à ce que les courants de court-circuit pourraient être calculés à la main ou à l'aide d'une calculatrice. Cependant, dans les processus, ils sont devenus plus compliqués, comme la méthode à main les calculs ne sont possibles que pour le plus grand nombre de cas simples.

Aujourd'hui, un certain nombre de logiciels sont conformes aux exigences applicables standard, par exemple MATLAB/SIMULINK, un programme conçu pour les installations HTA.

Tous les programmes informatiques conçus pour calculer les courants de court-circuit sont principalement préoccupés par :

Déterminer l'écart et la fabrication requises des capacités de l'appareillage de commutation et de l'électro-capacités de résistance mécanique de l'équipement.

Détermination des paramètres des relais de protection et les cotes de fusibles pour assurer un niveau élevé de discrimination dans le réseau électrique.

L'objectif principal de ce travail est de calculer les courants de court-circuit pour choisir le pouvoir de coupure de l'équipement de protection (disjoncteur) en fonction du courant de court-circuit. Et pour pouvoir déterminer les caractéristiques du matériel qui doit supporter ou couper ce courant de court-circuit.

Pour la continuité de ce travail, on propose comme perspective de faire une étude bien détaillée sur l'implantation des limiteurs de courants de défauts dans les réseaux électriques et de voir leurs importances pour limiter l'appel du courant de défaut.

- **Référence Bibliographiques**

[1] électrotechnique:http://www.electrosup.com/reseau_electrique.php

[2] Laibi.A'contributionàlaclassificationdesdéfautdanslesréseauxélectrique';thèsededoctorat;UniversitéSEDDIK BEN YAHIA JIJEL

[3] électrotechnique:http://www.electrosup.com/stabilite_des_reseaux_electriques.php

[4]international électrotechnique commission:
<https://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=601-03-02>

[5]SCRIBD :<https://fr.scribd.com/document/468576166/Materiel-de-conduite-et-de-surveillance>

[6] ABDELBAKI.AetBELKHIRA.DetLAHOUASSA.Y"calculatedecourantdecourt-circuitdanslesréseauxélectriques"PFE; UniversitéM'SILA ; 2011-2012.

[7]CHOISIR.COM ;<https://www.choisir.com/energie/articles/169678/les-differents-types-de-defaut-electrique>

[8] calculdecourant decourt-circuit:

<http://sorel80.free.fr/Electrotechnique/CalculdescourantsdeCourt-circuit>.

[9] BenoîtdeMetz-Noblat, FrédéricDumas&ChristophePoulain, "Calculdescourantsdecourt-circuit", Cahiertechnique 158, SchneiderElectric, 2005.

[10] électrotechnique<http://www.electrosup.com/electrotechnique.php>

[11] courantcontinuehttp://www.bonne-mesure.com/courant_continu.php#cite_note-0

[12] protectionélectrique

http://www.electrosup.com/protection_des_reseaux_electriques.php

[13] wiki installationélectrique

https://fr.electricalinstallation.org/frwiki/Tableaux_simplifi%C3%A9s_du_calcul_de_I%27Icc_en_aval_d%E2%80%99une_canalisation

[14] LEMDANI.S"importanceetnécessitedel'étudedelacompensationetdesacontributionsala gestion de l'exploitation des longues lignes de transport a extra haut tension "mémoire demagister; Université Mohamed Boudiaf ; 2010.

[15] HenriPersoz,GérardSantucci,Jean-ClaudeLemoine,PaulSapet«Laplanification

[16] https://fr.wikipedia.org/wiki/Relais_%C3%A9lectrom%C3%A9canique