



LafargeHolcim

**LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES  
Génie Electrique**

**RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES**

**Intitulé :**

**Etude de sélectivité des protections électriques au niveau du broyeur**

**Réalisé Par :**

**CHRIFI ALAOUI Soukaina**

**Encadré par :**

**Pr LAMCHARFI TAJEDDINE (FST FES)**

**M.RHOUNI Mehdi (Entreprise)**

**Soutenu le 11 Juin 2019 devant le jury**

**Pr Lahbabi Mhammed (FST FES)**

**Pr Lamhamdi Tijani (FST FES)**

**Pr Lamcharfi Tajeddine (FST FES)**



## SOMMAIRE :

Remerciements .....	Page 3
Résumé .....	Page 4
Liste des figures .....	Page 5
Liste des tableaux .....	Page 6
Liste des abréviations.....	Page 7
Introduction générale	
<i><u>Chapitre I: Présentation de l'entreprise d'accueil</u></i>	
1-Presentation de Lafarge holcim	
✚ Lafarge Holcim Maroc .....	Page 10
✚ Lafarge Holcim Ras alma.....	Page 11
✚ Activités et produits.....	Page 12
2-Generalites sur le ciment et processus de fabrication.....	Page 13
<i><u>CHAPITRE II: Généralités sur la sélectivité et la protection électrique</u></i>	
1. Définition des concepts .....	Page 16
2. Principaux défauts affectant les réseaux	
✚ Les courts circuits .....	Page 17
✚ Les autres types de défauts.....	Page 17
3. Les fonctions de protections et leurs applications .....	Page 18
4. Les dispositifs de coupure	
✚ Introduction.....	Page 19
✚ Différents dispositifs .....	Page 20
5. Généralités sur la sélectivité et ses différents types	
✚ Définition .....	Page 21
✚ Qualité de sélectivité .....	Page 22
✚ Types de sélectivité .....	Page 23
<i><u>CHAPITRE III : Etude de sélectivité pour le poste du broyeur et choix des dispositifs de protection</u></i>	
1. Introduction .....	Page 24
2. Calcul théorique	
✚ Calcul des courts circuits .....	Page 25
✚ Calcul de pouvoir de coupure .....	Page 25
✚ Calcul de calibre et de chute de tensions.....	Page 27
3. Présentation du logiciel Caneco BT	
✚ Introduction .....	Page 28
✚ Présentation de l'interface et difficultés retrouvées	Page 29
4. Validation des résultats par Caneco BT .....	Page 30
5. Proposition de dispositifs de protections .....	Page 31
<i><u>IV-Conclusion</u></i> .....	Page 32



## REMERCIEMENTS :

Plusieurs personnes ont contribué activement à la réalisation de ce rapport de fin d'études tant que pour la partie théorique que pour l'étude terrain, et je tiens à les remercier.

En premier lieu, je profite de cette occasion afin de remercier mon Encadrant Pédagogique Mr LAMCHARFI pour son soutien pédagogique et moral qui m'a été très utile pendant toute ma formation, ses conseils et son apport technique à la bonne maîtrise de ce rapport.

Je tiens aussi à remercier tout particulièrement mon encadrant au sein de l'entreprise Mr RHOUNI MEHDI pour sa disponibilité, et son soutien, en m'accordant sa courtoisie afin de me répondre à mes différentes questions vue mon expérience limitée.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont eu la gentillesse de bien m'aider à la réalisation de ce dernier avec beaucoup de patience et de pédagogie, ceux qui m'ont communiqué leurs opinions.

Enfin, je suis reconnaissante, envers chaque membre de ma famille.





---

## RESUME :

Dans le but de former des jeunes diplômés capables de s'intégrer dans la vie professionnelle et afin de les armer d'aptitudes et de compétences exigées par l'administration publics et les entreprises privées, la faculté des sciences et techniques de Fès connue par ses solides bases en ce qui concerne la bonne formation exige à ses étudiants d'effectuer un stage de fin d'étude portant sur un thème précis selon son option de spécialisation.

Le thème de notre étude est porté sur les dispositifs de protection de la ligne électrique LAFARGE HOLCIM RASS ELMA .Notre étude a consisté à faire le choix des dispositifs de protection pour le poste électrique du broyeur ensuite à choisir la sélectivité adéquate à appliquer entre chaque protection, et le réglage de ces protections de ce poste électrique

Pour l'atteinte des objectifs nous avons défini un plan de protection pour pouvoir choisir des éléments de protection contre les principaux défauts affectant les réseaux et la détermination des réglages des unités de protections. Ce plan a permis le réglage de chaque fonction de protection grâce aux valeurs obtenues à l'issue de calculs basés sur les caractéristiques détaillées des éléments de l'installation. Chaque fonction de protection est réglée afin d'obtenir les performances optimales dans l'exploitation du réseau

Pour cette étude nous avons effectué les différents calculs de courant de court-circuit que nous avons ensuite vérifié à l'aide du logiciel CENECO BT. Avec CANECO nous avons modélisé notre réseau électrique et calculer les différents courants de courts circuits. Le calcul des courants de courts circuits maximaux nous a permis de faire le choix des dispositifs de coupure. Après le choix des protections et les valeurs de réglage obtenues, nous avons fait le choix du mode de sélectivité adéquat à notre système de protection et ainsi fait une proposition de valeurs de réglage des protections.



## *LISTE DES FIGURES :*

Figure 1 : Le groupe Lafarge Holcim Ras El Ma.....	Page 11
Figure 2 : Implantation de Holcim Ras Elma .....	Page 12
Figure 3 : Activités et produits de Lafarge Holcim.....	Page 12
Figure 4 : Composition du ciment .....	Page 12
Figure 5 : Exploitation de la carrière Ras Elma .....	Page 13
Figure 6 : Concassage .....	Page 13
Figure 7 : Broyage cru .....	Page 14
Figure 8 : Refroidisseur .....	Page 15
Figure 9 : symbole de protection par code ANSI .....	Page 16
Figure 10 : Courbes des déclencheurs magnétothermiques et électroniques	
Page 20	
Figure 11 : Sélectivité totale .....	Page 22
Figure 12 : sélectivité partielle .....	Page 22
Figure 13 : Interface du logiciel CANECO BT .....	Page 29
Figure 14: Disjoncteur compact proposée.....	Page 31



---

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques du disjoncteur modulaire .....Page 20

Tableau 2 : Caractéristiques du disjoncteur à usage général .....Page 20

Tableau 3 : Tableau de comparaison (manuel, CANECO BT).....Page 30

### Tableaux annexes :

Tableau 4: Note de calcul du poste ciblé par CANECO BT.....Page 33



---

*Liste des abréviations :*

- TGBT : Tableau Générale Basse Tension
- BT : Basse Tension
- MT : Moyenne Tension
- SLT : Schéma de Liaison a La Terre
- CU : Cuivre
- AL : Aluminium
- PEN : Conducteur de Protection
- NF : Norme Française
- PDC : Pouvoir De Coupure.
- BET : Bureau d'Etudes
- IB : Courant d'emploi
- Icc : Courant de court-circuit
- In : Courant nominal
- IZ : courant admissible



## INTRODUCTION GENERALE :

La protection des réseaux électriques désigne l'ensemble des appareils de surveillance et de protection assurant la stabilité d'un réseau électrique. Cette protection est nécessaire pour éviter la destruction accidentelle d'équipement coûteux et pour assurer une continuité de l'alimentation électrique. Un réseau électrique comporte trois parties :

- ✓ La production ;
- ✓ Le transport haut tension ;
- ✓ La distribution en haute et basse tension.

Dans l'une ou l'autre de ses parties, chaque ouvrage peut être l'objet d'incidents, tels que le court-circuit.

Pour éviter que ces incidents ne détruisent les ouvrages et ne soit un danger pour l'homme, toute une gamme d'appareillage est installée pour assurer la protection. Parmi ces appareils, on peut citer les disjoncteurs, interrupteurs-sectionneurs commandés par des relais de protections chargés de mettre hors tension la partie en défaut. Les systèmes de protections permettent d'assurer la sécurité des personnes et des matériels. Pour cela, ils doivent pouvoir:

- ✚ Détecter et éliminer les défauts le plus rapidement ;
- ✚ Assurer la protection des biens et des personnes ;

Pour assurer un bon fonctionnement du système de protection, on est amené à choisir le mode sélectivité adéquat et assurer un bon réglage des protections. La sélectivité entre les protections a pour but d'assurer la continuité de service et de garantir la fonction secours entre les différents éléments de la protection. Ils constituent le thème du présent travail :

« Etude de la sélectivité des protections électriques du broyeur au niveau de Lafarge-Holcim »



Notre problématique est la suivante : **Comment peut-on choisir le mode de sélectivité adéquate à notre réseau afin de proposer un réglage des protections contre les défauts ?**

Pour répondre à cette problématique, nous avons organisé notre mémoire comme suit :

- ✚ Dans le **premier chapitre**, nous avons présenté l'entreprise d'accueil, ses différentes activités ainsi que le processus de fabrication de ciment ;
- ✚ Nous avons présenté dans le **deuxième chapitre** les généralités sur la sélectivité et la protection, où nous avons défini des concepts, présenté les défauts pouvant affecter le réseau, les équipements de protections et autres appareillages intervenants pour le bon fonctionnement du réseau ;
- ✚ Le **troisième chapitre** est consacré à la modélisation et aux calculs des défauts de notre interconnexion, aux choix du mode de sélection, aux principes de réglage des protections et la proposition des valeurs de réglage ainsi que des recommandations que nous avons proposées.



## Chapitre 1 : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL :

### I-Présentation de Lafarge-Holcim

#### 1-Lafarge-Holcim Maroc

Le leader national de la fabrication des matériaux de construction, Lafarge-Holcim Maroc est présent à travers ses activités : le ciment, les granulats, le béton, le plâtre et la chaux. Gérée par le siège sis à Casablanca, la société est implantée dans plusieurs villes du Royaume. Elle emploie actuellement 1140 collaborateurs, dispose d'une capacité de production supérieure à 6,5 millions de tonnes par an et détient 41,5% de part de marché.

#### a-Historique :

1833

• Naissance du cimentier LAFARGE après la reprise, par son fondateur Leon Pavin de Lafarge, d'une activité familiale lancée en 1749 dont l'usine exploite une carrière.

1864

• Premier chantier de grande envergure pour l'entreprise → Le site livre 11000 tonnes de chaux pour le Canal de Suez.

1919

• L'activité est transformée en société anonyme sous le nom de « Société anonyme des chaux et ciments de Lafarge et du Teil » et dès 1939, Lafarge devient le premier cimentier français et progressivement l'un des leaders mondiaux.

1980

• Lafarge n°1 du ciment en Amérique du Nord-Mise au point des bétons à hautes performances.

1995

• Lafarge met en place ses premières initiatives de recyclage : des déchets sont réutilisés comme combustibles ou matériaux de substitution dans tous les sites industriels où c'est techniquement possible, en toute sécurité.

2010

• Lafarge accélère sa stratégie d'innovation et présente Aether, un projet visant à réduire l'empreinte CO2 du ciment, lors de la célébration des 20 ans de son Pôle Technologique.

2012

• Lafarge lance son programme AMBITIONS DEVELOPPEMENT DURABLE 2020 et s'engage sur les trois volets du développement durable -social, économique et environnemental.

2014

• Annonce du projet de fusion entre égaux pour créer Lafarge-Holcim.

2015

• Fusion Lafarge-Holcim.



## 2-Lafarge-Holcim Ras El Ma:



**Figure 1** : Le groupe LafargeHolcim Ras El Maa

La cimenterie de Fès Ras El Ma, groupe spécialisé dans la fabrication de ciment, du béton et des granulats. Mises en service en 1993, l'usine d Fès est dotée d'une capacité de production d'un million de tonnes de ciment par an et elle est réputée l'une des plus dynamique du groupe.

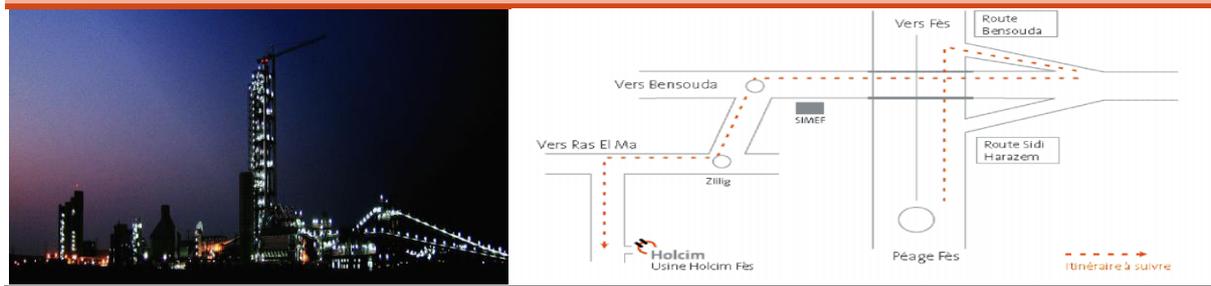
L'usine de Fès emploie directement 125 personnes (exploitation, commercial et administratif) et quelques 75 personnes en sous-traitance et prestation de services.

L'usine de Holcim Maroc à Ras El Ma -Fès est tenue de respecter comme toutes les usines de Holcim les standards environnementaux du groupe Holcim Ltd. Ainsi l'usine de Fès dispose de moyens de contrôle en continu des émissions de gaz et de poussière sur les cheminées principales du procédé. L'usine de Fès est doublement certifiée depuis 2002 ISO 9001 versions 2000 et ISO 14001.

L'usine de Fès a comme souci le respect des principes du développement durable.

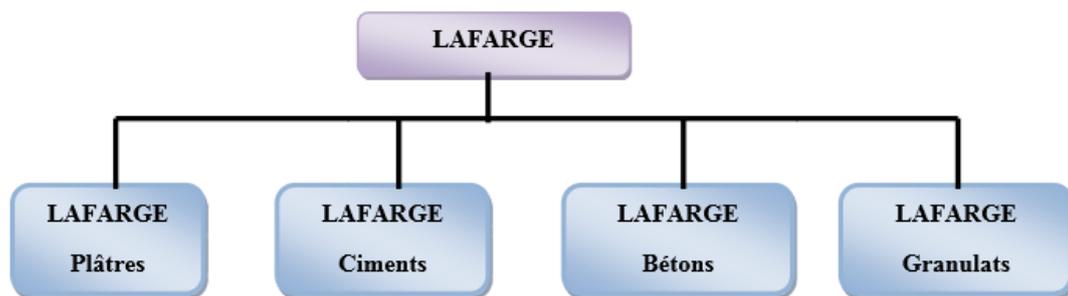
A ce titre, elle utilise des combustibles de substitution telle que les pneus usés, les huiles et graisses usagées ainsi que les déchets industriels de type pharmaceutiques.

Elle économise ainsi que les combustibles fossiles et préserve les ressources naturelles. Sur le point de l'énergie électrique, l'usine de Fès est la première usine au Maroc à avoir utilisé un procédé de broyage vertical pour le ciment (pour la capacité de broyage ciment démarré en juin 2004 et qui coûté 320 millions de dirhams), ce qui lui permet de faire des économies sur sa consommation électrique.



**Figure2:** implantation de Holcim Fès Ras El Ma

### 3- Activités et produits



**Figure3 :** *Activités et produits de LAFARGE-Holcim*

## II-Généralités sur le ciment et processus de fabrication

### 1- Qu'est-ce que le ciment ?

Poudre minérale, le ciment est un liant hydraulique utilisé dans différents domaines, principalement comme matériau de construction. Il est fabriqué à partir de la cuisson, le mélange et le broyage de différentes matières premières.

Tout d'abord, sont mélangés du calcaire, de l'argile et des additifs tels que le minerai de fer et le sable ; ce mélange appelé "cru", est broyé et porté à haute température (~1450°C) dans un four cylindrique \*. Les transformations physico-chimiques provoquent la création d'un produit appelé clinker. Par la suite l'ajout de différents éléments tels que le gypse, la pouzzolane et le calcaire nous donne le ciment.



**Figure 4:** *Composition du ciment*

## 2-Processus de fabrication

### ✚ Exploitation de la matière première

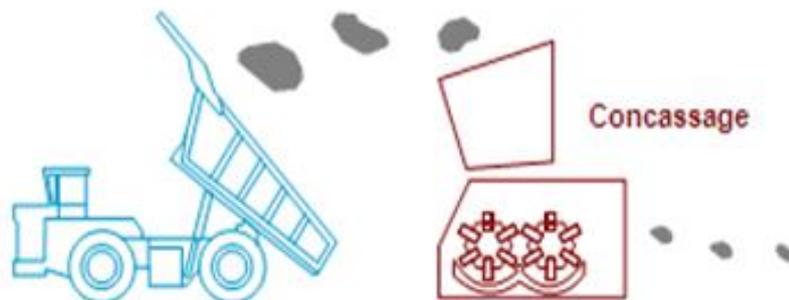
Deux carrières sont mis à la disposition de l'usine: l'une est située à la proximité de l'atelier du concassage donne du calcaire (matière riche en chaux), et l'autre est située à la région du Fès (Bhalil) donne du schiste. Le reste des matières premières est soit pris depuis les sources de la région ou porté depuis l'étranger selon les besoins. L'extraction du calcaire représente 70 % du tonnage des matières premières nécessite l'emploi d'explosifs il est extrait des parois rocheuses de la carrière à ciel ouvert à proximité de l'usine par abattage à l'explosif.



*Figure 5: exploitation de La carrière Ras El Ma*

### ✚ Concassage

Le concassage se situe à proximité de la carrière de calcaire qui existe au voisinage de l'usine et compte plus de 2 siècles de réserves exploitables en calcaire de bonne qualité. Le but de cette opération est de réduire les dimensions des blocs qui atteignent parfois 1,2m. La granulométrie du produit concassé est de 95% < 80mm.



*Figure 6 : Concassage*

### Pré- homogénéisation

Après concassage, la matière crue présente toujours des fluctuations importantes dans sa composition, c'est pourquoi elle est introduite dans une tour d'échantillonnage puis stockée dans l'installation de pré homogénéisation.

Elle permet une bonne répartition des couches qui en résulte une distribution moyenne de la composition chimique. Le jeteur de type Stocker déverse la matière sur la ligne génératrice supérieure du tas et effectue des allées et retours successifs. Par la suite, les couches du tas ont la forme d'une surface de prisme et s'encastrent les unes sur les autres.

### Broyage cru

C'est une opération qui consiste à préparer un mélange homogène avec une bonne répartition granulométrique pour assurer les meilleures conditions de la cuisson du mélange cru (farine crue). Il consiste à l'introduire dans le broyeur à cru où il subit à des actions mécaniques afin de l'obtenir à la sortie du concasseur avec une dimension comprise entre 0 et 200 $\mu$ m. Les matières premières sont introduites dans le broyeur pour être finement broyée.

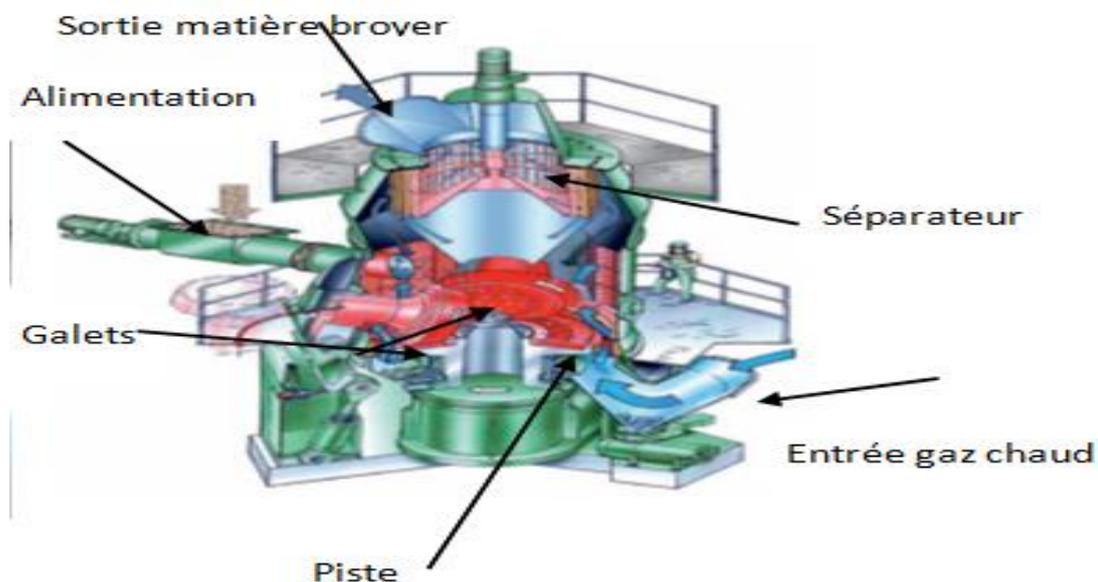


Figure7: Broyeur cru

### Homogénéisation :

Dès sa sortie du broyeur, La farine crue produite est transportée par des aéroglosses vers un silo d'homogénéisation dont le rôle est d'homogénéiser le cru de façon à ce que le mélange acquière sa composition chimique optimale et ses caractéristiques uniformes pour en assurer une bonne cuisson et obtenir un clinker d'une qualité constante.

### Cuisson

A la sortie du préchauffeur, la farine arrive dans le four rotatif où s'effectue l'étape la plus importante de sa transformation. L'alimentation farine est située à l'extrémité opposée au brûleur. Le four rotatif est de forme cylindrique de 3,6m de diamètre, de 62,5m de longueur, avec une pente d'inclinaison de 3% et une vitesse de rotation pouvant atteindre 2,5 tr/mn. L'isolation du four se fait par des briques réfractaires. Le combustible utilisé est le coke de pétrole en marche normale et le gasoil au moment de chauffe (parfois, le charbon, les grignons d'olives ou les pneus). La matière qui sort du four est appelée «clinker».

### Refroidissement

Quand le clinker sort du four à environ 1300°C, il est passé au refroidissement avant stockage, pour cela, l'usine dispose d'un refroidissement à grille. Il est constitué de 2 grilles, chaque grille est composée de plusieurs éléments légèrement inclinés.



*Figure 8 : Refroidisseur*

### Le stockage et l'expédition

Le clinker prêt à l'emploi est transféré à un silo de stockage à l'aide d'un transporteur à godets. Par la suite il est broyé sur le site pour la préparation du ciment.



## CHAPITRE II: Généralités sur la sélectivité et la protection électrique

### 1-Définition des concepts

**La sélectivité** : c'est la coordination des dispositifs de coupure automatique pour qu'un défaut, survenant en un point quelconque du réseau, soit éliminé par le dispositif de protection placée immédiatement en amont du défaut, et par lui seul.

**La protection** : c'est l'ensemble des dispositions destinées à la détection des défauts et des situations anormales des réseaux afin de commander le déclenchement d'un ou plusieurs disjoncteurs et si nécessaire, d'élaborer d'autres ordres de signalisations.

Notre réseau de distribution comporte, un réseau amont, plusieurs jeux de barres, des autotransformateurs, des transformateurs et des lignes électriques.

- ✚ **Le réseau amont** : encore appelé source de production, il est destiné à mettre à la disposition de l'ensemble des consommateurs la possibilité d'un approvisionnement adapté à leurs besoins en énergie électrique ;
- ✚ **Les jeux de barres (JDB)** : appelé également « barres omnibus » est un conducteur en cuivre ou en aluminium de faible impédance auquel peuvent être reliés plusieurs circuits électriques appelés départ. En fonction du niveau de tension, ces jeux de barres sont soit à l'intérieur d'appareillage électrique appelé cellule, soit à l'extérieur à l'air libre.
- ✚ **Le transformateur** : est un appareil statique transformant une énergie électrique portée par un courant alternatif de tension donnée en une énergie électrique portée par un courant alternatif de tension différente. Le transformateur peut être éleveur ou abaisseur de tension.
- ✚ **L'autotransformateur** : est un appareil statique destiné à transformer un système de courant alternatif en un système de courant alternatif de même fréquence, d'intensité et de tension. Le principe de l'autotransformateur est tout à fait similaire à celui du transformateur. La seule différence, les deux enroulements ne forment qu'un enroulement unique. On crée le secondaire en exploitant une partie du bobinage primaire.
- ✚ **Les lignes électriques** : elles transportent l'énergie électrique produite par les centrales électriques vers les consommateurs. Ces lignes sont aériennes, composées de câbles conducteurs généralement en alliage d'aluminium, suspendus à des supports, pylônes ou poteaux



✚ Les postes électriques : est un élément du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité. Il permet d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de l'abaisser en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels). Les postes électriques se trouvent aux extrémités des lignes, aussi au début d'un départ de transmission ou de distribution.

## 2-Différents défauts affectants le réseau

### ✚ les courts circuits

Trois principales caractéristiques définissent les courts circuits :

#### ✓ Nature :

La nature d'un court-circuit peut être mécanique due à une rupture de conducteurs, liaison électrique accidentelle entre deux conducteurs comme elle peut être électrique suite à la dégradation de l'isolement entre phases, ou entre phase et masse ou terre, ou suite à une surtension d'origine interne (manœuvre) ou atmosphérique (coup de foudre) ;

Elle peut provenir aussi d'une erreur d'exploitation : mise à la terre d'une phase, couplage entre deux sources de tension différentes ou des phases différentes.

#### ✓ Localisation :

Le court-circuit peut être :

- **Interne à un matériel** (câble, transformateur, jeux de barres...), il entraîne généralement des détériorations ;
- **Externe à un matériel** (câble, transformateur, jeux de barres...)

#### ✓ Durée :

- **Auto-extincteurs** : le défaut disparaît de lui-même ;
- **Fugitive** : le défaut disparaît sous l'action des protections et ne réapparaît pas lors de la remise en service ;
- **Permanente** : ils nécessitent la mise hors tension du matériel en question et l'intervention du personnel d'exploitation.



### Les autres types de défauts

- + **Les surtensions** dues à un coup de foudre ;
- + **Les surtensions de manœuvre** (d'un interrupteur ou d'un disjoncteur) ;
- + **Les surcharges** sur les câbles, les transformateurs, les moteurs ou les alternateurs ;
- + **les variations de tension** dues à un mauvais fonctionnement des régulateurs en charges d'un transformateur ou, une sous-charge ou surcharge du réseau;
- + Sur les moteurs, une fréquence de démarrage trop élevée entraînant un échauffement exagéré et des chocs mécaniques sur les accouplements. Les démarrages trop longs ou le blocage du rotor entraînant les mêmes conséquences ;
- + Sur les alternateurs, la perte d'excitation due à un défaut dans le circuit du rotor (coupure, court-circuit, etc.), elle entraîne un échauffement du rotor et du stator et, une perte de synchronisme avec le réseau. Les variations de fréquences dues à une surcharge ou au mauvais fonctionnement d'un régulateur de fréquence.

### 3-Les fonctions de protections et leurs applications

Les fonctions de protection sont réalisées par des relais ou des appareils multifonctions comme Spam et MiCOM. Elles sont définies de façon normalisée par leur code ANSI. Le Relais est l'élément central de la chaîne de protection.

Les relais de protection ou appareils multifonctions sont des appareils qui comparent en permanence les grandeurs électriques des réseaux (courant, tension, fréquence, puissance, impédance, etc.) à des valeurs prédéterminées et qui donnent automatiquement des ordres d'action (généralement ouverture d'un disjoncteur) ou une alarme lorsque la grandeur surveillée dépasse un seuil prédéterminé.

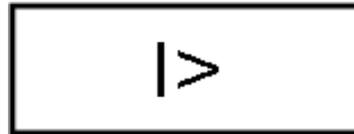
Le rôle des relais de protection est de détecter tout phénomène anormal pouvant se produire sur un circuit électrique tel que court-circuit, variation de tension, défauts dans les machines.

On distingue plusieurs types de protection mais seulement deux types feront l'attention de notre étude. Il s'agit de la :



- ✓ Protection à maximum de courant phase (code ANSI 50/51),
- ✓ Protection à maximum de courant terre (code ANSI 50N/51N, 50G/51G).

Ces types de protections sont les plus utilisés par Lafarge holcim, le symbole de la protection est représenté sur la figure ci-dessous



*Figure 9 : symbole de la protection à maximum de courant*

#### 4-Les dispositifs de coupures

Dans un réseau électrique, les surintensités peuvent être dues à un court-circuit ou une surcharge. Les dispositifs de coupures permettant d'éliminer ces surintensités sont les disjoncteurs dans notre cas. Le rôle des protections est d'assurer la sécurité des personnes et des biens, ainsi que la continuité de service. Ces fonctions ne se vérifient pas que si le choix des appareils de protections est vérifié par les normes. Les caractéristiques à prendre en compte dans le choix d'un dispositif de protection sont :

- ➔ Le courant assigné ou courant d'utilisation dans les conditions normales.
- ➔ Le pouvoir de coupure.
- ➔ La courbe de déclenchement.

#### Différents dispositifs

- ✓ Disjoncteur :

Sa fonction principale est la protection, assure également la fonction de commande, et suivant son type d'installation.

On peut distinguer **deux types** de disjoncteur :

➔ **Disjoncteur modulaire :**

Disjoncteur Modulaire			
Type	Plage de Réglage	Réglage du Thermique	Réglage du Magnétique
<b>C</b>	5In - 10In	Fixe	Fixe
<b>B</b>	3In - 5In	Fixe	Fixe
<b>D</b>	10In - 20In	Fixe	Fixe
<b>K</b>	10In - 14In	Fixe	Fixe
<b>Z</b>	2,4In - 3,6In	Fixe	Fixe

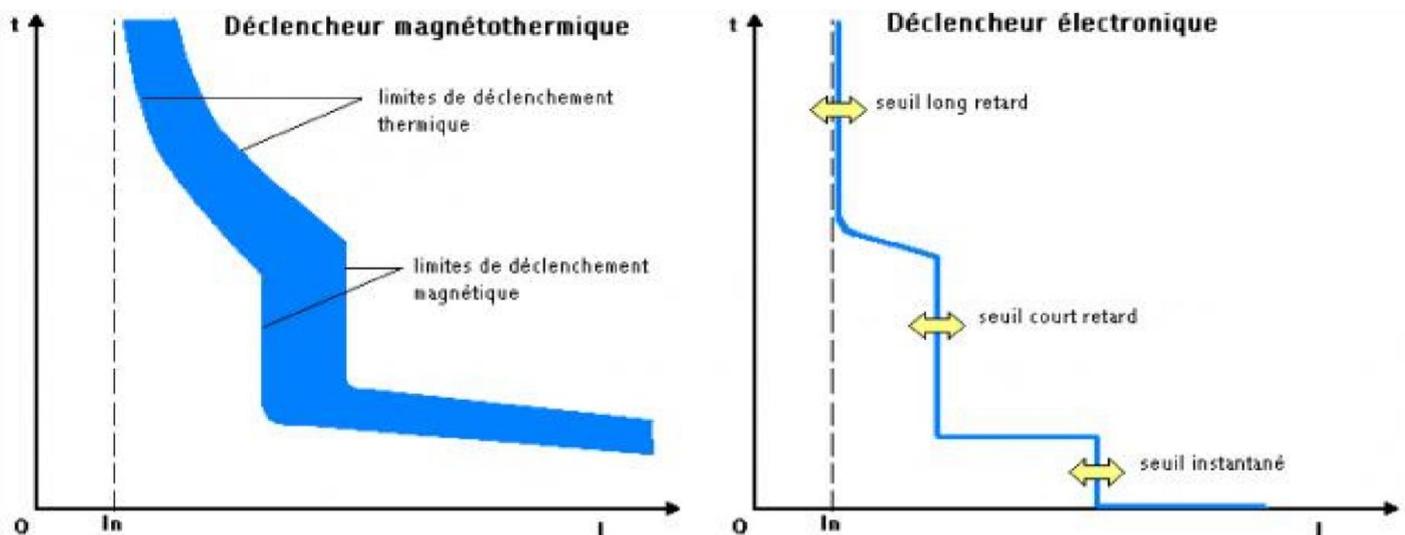
*Tableau 1 : Disjoncteur modulaire*

➔ **Disjoncteur à usage général :**

Disjoncteur à usage général					
Déclencheur Magnétothermique (TM)			Déclencheur Electronique (STR..SE)		
Calibre	Régl. Thermique	Régl. Magnétique	Io : Précalibrage	0,5 à Irth	6 crans
Jusqu'à 160A	0,8In à In	Fixe	Ir: Réglage Thermique	0,4In à In	8crans
200A à 250A	0,8In à In	5In à 10In	Im : Réglage Magnétique	2In à 10In	

*Tableau2: Caractéristique d'un disjoncteur à usage général*

- ✓ **Déclencheurs :** Le déclencheur permet l'ouverture des pôles du disjoncteur lors d'un défaut (court-circuit, surcharge). Il est de nature magnétothermique ou électronique. Ce dernier cas permet une plus grande précision et un réglage plus souple.



*Figure 10 : courbe de déclencheur magnétothermique et électronique*

## 5- La sélectivité

### Définition :

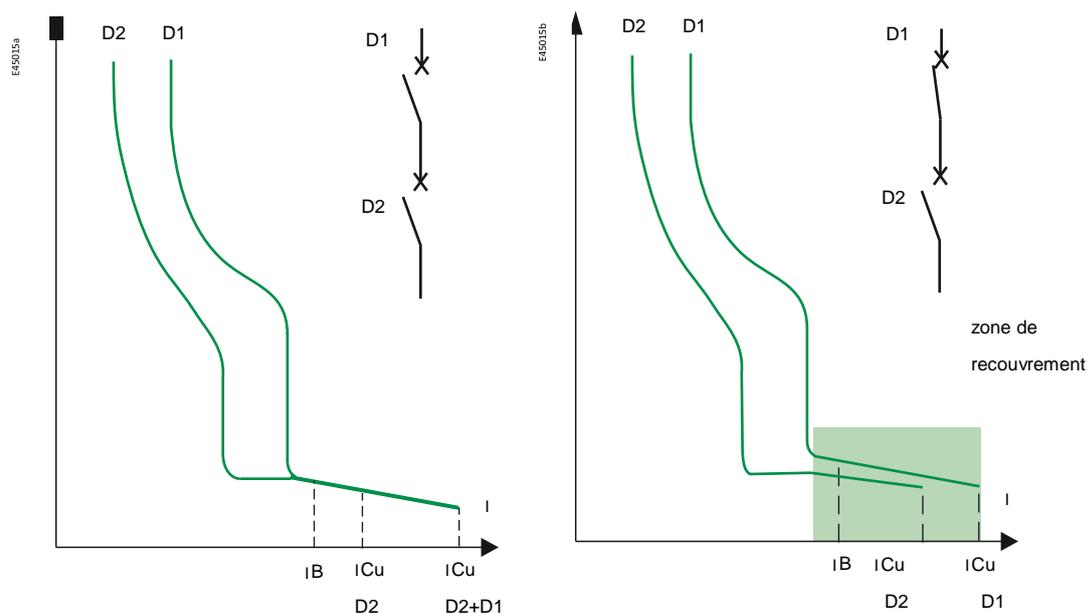
La sélectivité consiste à assurer la coordination entre les caractéristiques de fonctionnement de disjoncteurs placés en série de telle manière qu'en cas de défaut en aval seul le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut déclenche. Il est donc défini un courant  $I_s$  de sélectivité tel que :

- $I_{\text{défaut}} > I_s$  : les deux disjoncteurs déclenchent.
- $I_{\text{défaut}} < I_s$  : seul D2 élimine le défaut.

$I_s$  étant la limite de sélectivité, si le courant de défaut est inférieur à cette valeur  $I_s$ , seul le disjoncteur D2 aval déclenche,

Si le courant de défaut est supérieur à cette valeur  $I_s$ , les disjoncteurs D1 et D2 déclenchent. Comme pour la filiation, la sélectivité doit être vérifiée par des essais pour des points critiques.

La sélectivité et la filiation ne peuvent être garanties que par le constructeur qui consignera ses essais dans des tables.



### Qualités de sélectivité :

Sélectivité totale ou partielle : La valeur  $I_s$  est à comparer à  $I_{cc}(D2)$  présumé au point D2 de l'installation.

- Totale :  $I_s > I_{cc}(D2)$ , c'est-à-dire que, quelle que soit la valeur de courant de défaut, D2 seul l'élimine, la distribution est totalement sélective si D2 s'ouvre et si D1 reste fermé ;

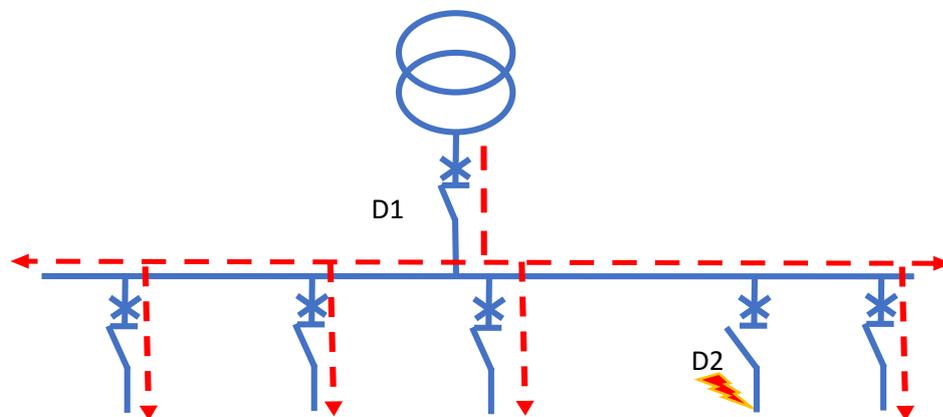


Figure11 : Sélectivité totale

- Partielle :

La sélectivité est partielle si la condition ci-dessus n'est pas respectée jusqu'au plein courant de court-circuit, mais seulement jusqu'à une valeur inférieure. Cette valeur est appelée limite de sélectivité.

Dans l'éventualité d'un défaut les disjoncteurs D1 et D2 s'ouvrent

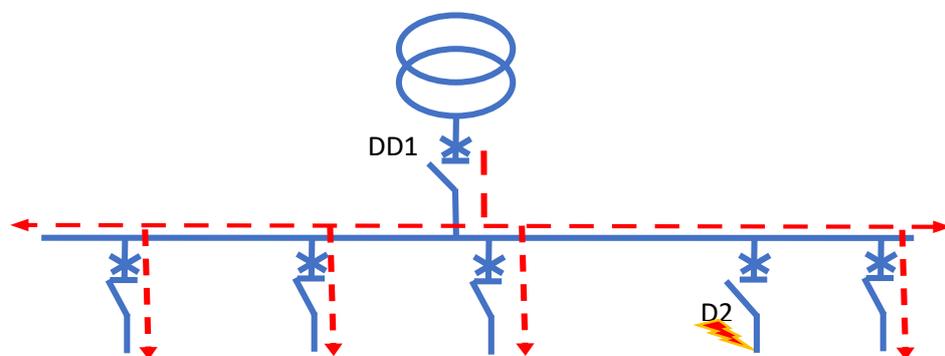


Figure 12: Sélectivité partielle



---

### **Types de sélectivité :**

#### ✓ **La sélectivité ampère- métrique :**

Elle est basée sur le fait qu'un défaut est d'autant plus faible qu'il est éloigné de la source. Les courants de réglages des protections sont donc ascendants en partant du récepteur vers la source.

#### ✓ **La sélectivité chronométrique :**

Cette technique permet d'obtenir une sélectivité au-delà du courant de réglage magnétique du disjoncteur amont. Le principe est de laisser le temps au disjoncteur aval de déclencher en premier en retardant l'action du disjoncteur amont, ce qui impose quelques contraintes. L'appareil amont doit être temporisable et être capable de supporter le courant de court-circuit et ses effets pendant toute la durée de temporisation.



## CHAPITRE 3 : Etude de sélectivité du poste électrique broyeur et choix de dispositifs de protection

### Introduction :

Ce chapitre a pour objet l'étude de la protection du poste électrique broyeur. On est amené à effectuer des calculs de courants de court-circuit, pouvoir de coupure, chute de tension, théoriquement ensuite avec le logiciel Caneco BT grâce aux données et caractéristiques des éléments de l'interconnexion. Après avoir effectué les calculs et obtenu les valeurs, nous allons comparer nos résultats, et ensuite utiliser les résultats obtenus à l'aide du logiciel pour faire des propositions des seuils de réglage de la ligne électrique.

### I-Calcul théorique

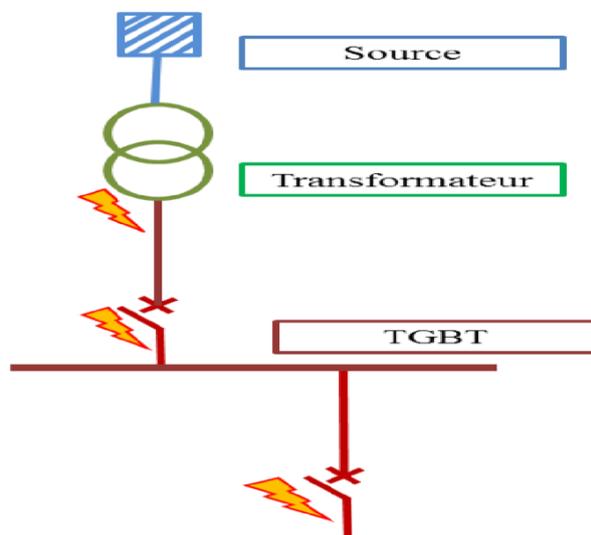
#### Calcul des courants de courts circuits :

La connaissance des intensités des courants de court-circuit ( $I_{cc}$ ) aux différents points d'une installation est indispensable pour la conception du réseau électrique (pouvoir de coupure, tenue des câbles aux surintensités, sélectivité...). Le défaut triphasé dans une installation alimentée par un transformateur est essentiellement examiné. Il correspond en effet à l'intensité du courant de court-circuit la plus élevée. L'intensité du courant de court-circuit est à calculer aux différents étages de l'installation (changement de section des conducteurs). Pour choisir et régler convenablement les protections, les articles 434-2 et 5332 de la norme NF C 15-100 nécessitent de déterminer pour chaque circuit deux valeurs du courant de court-circuit :

- **Le courant maximal** de court-circuit correspond à un court-circuit à proximité immédiate des bornes en aval de l'organe de protection, il détermine :
  - ✓ Le pouvoir de coupure  $P_{dc}$  des disjoncteurs.
  - ✓ Le pouvoir de fermeture des appareils.
  - ✓ La tenue thermique des canalisations et de l'appareillage.
  
- **Le courant minimal** de court-circuit indispensable au choix de la courbe de déclenchement des disjoncteurs et des fusibles, en particulier quand :
  - ✓ La longueur des câbles est importante et/ou que la source est relativement impédance (générateurs onduleurs).

- ✓ La protection des personnes repose sur le fonctionnement des disjoncteurs ou des fusibles, c'est essentiellement le cas avec les schémas de liaison à la terre du neutre TN ou IT.

Pour le calcul des courants de court-circuit, dans notre installation, on a utilisé la méthode des impédances. Cette méthode est la plus précise à condition de connaître toutes les caractéristiques de la boucle de défaut, y compris celles de la source d'alimentation. Les éléments R et X dépendent des éléments constituant l'installation. Les différentes expressions de R et X sont illustrées dans le schéma suivant :



$$Z_q = \frac{(m \cdot U_n)^2}{S_{cc}}$$

$U_n$  : tension composée nominale

$S_{cc}$  : puissance de court circuit du source.

$$R_s = 0.1 \times Z_s \quad X_s = 0.995 \times Z_s$$

$$Z_{Tr} = \frac{(m \times c \times U_n)^2}{S} \times \frac{U_{cc}}{100}$$

$$R_{Tr} = 0.31 \times Z_{Tr} \quad X_{Tr} = 0.95 \times Z_{Tr}$$

$S$  = Puissance du transformateur (KVA)

$U_{cc}$  : tension de court - circuit du transformateur en %.

Liaison :

$$R_L = \rho_0 \times \frac{L}{S}$$

$\rho_0 = 18,51$  pour le cuivre.

$\rho_0 = 29,41$  pour l'aluminium.

$XL = 0,09 * L$  (câble uni-jointifs)

$XL = 0,13 * L$  (câble uni-espacés)

$XL = 0,08 * L$  (câble uni-trèfle, multi)

Par cette méthode de calcul de courant de court-circuit,  $I_{cc}$  est égal à :

$$I_{cc3} = C \times m \times \frac{U_n}{\sqrt{3} \times Z_T}$$

$$Z_T = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

**C** : Facteur de tension pris égale à :

⇒  $C = 1,05$  pour les courants maximaux

⇒  $C = 0,95$  pour les courants minimaux

**M** : Facteur de charge pris égale à 1.05 quelle que soit la source (Transformateur Générateur).

**Un** : Tension nominale de l'installation entre phase et phase.



**$Z_t$  : Impédance de la boucle de défaut**, c'est-à-dire la somme vectorielle des résistances et des réactances.

## II-APPLICATION DES CALCULS SUR NOTRE RESEAU:

Dans notre installation, on va détailler le calcul du courant de court-circuit appliqué aux différents points du circuit, en partant du réseau amont jusqu'au récepteur.

### 1- Impédance du réseau Amont (source)

La connaissance des caractéristiques du réseau amont se limite généralement aux indications fournies par le distributeur, à savoir la puissance de court-circuit  $S_{cc}$ .

$$Z_s = \frac{m \times C \times U_n^2}{S_{cc}}$$

### Application numérique :

Avec  $S_{cc} = 500 \text{ MV}$ ,  $U_n = 380\text{v}$ ,  $m = 1.05$ ,  $C = 1.05$

- On obtient :  $Z_s = \frac{(1.05 \times 380)}{500 \times 10^6} = 3.528 \times 10^{-4} \Omega = 0.353 \text{m}\Omega$
- Donc  $X_s = 0.95 \times Z_s = 0.335 \text{m}\Omega$   
 $R_s = 0.1 \times X_s = 0.033 \text{m}\Omega$

### 2- Impédances du transformateur

$$\text{On a : } Z_{tr} = \frac{m \times c \times U_n}{S} \times \frac{U_{cc}}{100}$$

Application numérique avec  $S = 1600 \text{KVA}$   $U_{cc} = 6 U_n = 380\text{v}$

- ⇒ On obtient :  $Z_s = \frac{1.05 \times 1.05 \times 380^2}{1600 \times 10^3} \times \frac{6}{100} = 6.615 \text{m}\Omega$
- ⇒ Donc  
 $R_{Tr} = 0.31 \times Z_{Tr} = 2.05 \text{m}\Omega$   
 $X_{Tr} = 0.95 \times Z_{Tr} = 6.28 \text{m}\Omega$

### 3- Impédance du liaison du câble vers le TGBT

Il s'agit là d'un câble en a et multiconducteur d'une section de 120 et de longueur de 119 m donc:

$$\Rightarrow X_l = 0.09 \times 119 = 10.71 \text{m}\Omega$$



Par suite, le courant de court-circuit maximal à ce niveau est  $I_{ccmax}=7,63Ka$

#### 4- Courant nominal ,Calibre et pouvoir de coupure

- \* Courant d'emploi :  $I_b = \frac{S}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{U} = 119,75$
- \* Calibre (In) : on a  $I_b = 119.75A$  .donc on choisit  $I_n \geq I_b$ ,  $I_n = 125$
- \* Pouvoir de coupure (PDC) :  $PdC \geq ICC3 \Rightarrow$  avec  $ICC3 = 69.75 \Rightarrow PdC = 70 kA. s$

#### 5- Chute de tension

Après avoir connu la section minimale du câble, une vérification de la chute de tension est recommandée pour s'assurer qu'elle est conforme aux normes (NF C 15-100). Si la chute de tension est acceptable, la section normalisée choisie est la section minimale déjà calculée, sinon, la section minimale doit être augmentée avec vérification de la chute de tension.

$$\diamond \text{ En triphasé : } \Delta U (\%) = \sqrt{3} \times I_B \times L \times (R \times \cos(\varphi) + X \times \sin(\varphi)) \times 100 / U$$

$$\Delta U(\%) = \sqrt{3} \times I_B \times L \times (\rho S \times \cos(\varphi) + X \times \sin(\varphi)) \times 100 / U$$

$$\diamond \text{ En monophasé : } \Delta U(\%) = 2 \times I_B \times L \times (S \times \cos(\varphi) + X \times \sin(\varphi)) \times 100$$

Avec :

L : La longueur du conducteur en km

I<sub>B</sub>: Courant d'emploi en A

R: La résistance linéique du conducteur en  $\Omega$  km

$\rho$  : La résistivité du conducteur :  $22.5\Omega.mm^2 km$  « cuivre »,  $37\Omega.mm^2 km$  «l'aluminium »

S : La section du conducteur en  $mm^2$

X: La réactance linéique du conducteur en  $\Omega. km$ , elle vaut  $0.08\Omega km$  pour les câbles tripolaires,  $0.12\Omega km$  pour les câbles unipolaires serrés en nappe ou en triangle et  $0.15\Omega km$  pour les jeux de barre.



U: Tension nominale entre phases.

V: Tension nominale entre phase et neutre.

*Application numérique :*

Avec une longueur de 150m et une section 70 mm<sup>2</sup> et d'après l'équation précédente:

$$\Delta U(\%) = \frac{\sqrt{3} \times 119,75 \times 150 \times (0,037 \div 70 \times 0,8) + 0,08 \times 10^{-3} \times 0,6 \times \frac{100}{380}}{0,6 \times \frac{100}{380}}$$

$$\Delta U(\%) = 4.4\%$$

La chute de tension du circuit est plus grande : il faut augmenter la section de conducteur jusqu'à avoir une chute de tension inférieure à 3%.

III-Présentation du logiciel CANECO BT :



CANECO BT, est un logiciel de calculs et schémas d'installation électrique basse tension, il est considéré comme Leader Européen dans ce domaine.

En effet, il détermine les canalisations ainsi que tout l'appareillage de distribution d'après une base de données multi-fabricant. Il produit tous les schémas et les documents nécessaires à la conception, réalisation, vérification de l'installation.

*1-Présentation de l'interface de travail du logiciel :*

Une interface contenant les différents menus et fonctionnalités nécessaires à la saisie des données correspondantes au projet.

Les commandes contenues dans ces menus permettent soit de déclencher directement des actions, soit d'afficher un sous-menu ou une Boîte de dialogue.

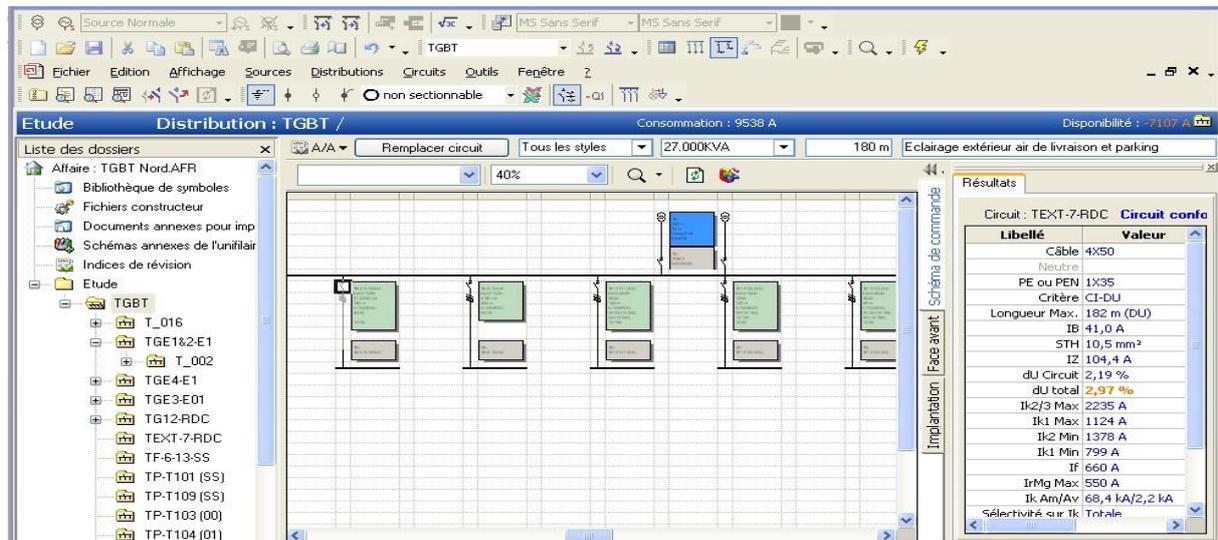


Figure13: Interface CANECO BT

### 2-Difficultés trouvées:

Durant le stage que j'ai effectué, il est à noter qu'il s'est déroulé sans souci majeur, quelques petits imprévus ou inconvénients sont venus importuner ces journées :

- ✗ Difficultés de comprendre et de maîtriser le logiciel qui est de base conçu pour les bureaux d'études électriques en une courte durée.
- ✗ Nouveau vocabulaire électrique (exemples : TGBT, départ-arrivé, SLT, JB ...)
- ✗ Logiciel payant et indisponibilité d'une version gratuite de ce dernier.
- ✗ Manque de données nécessaires pour le déroulement du calcul et la mise en marche du logiciel.

### 4-Validation des résultats par le logiciel Caneco bt :

Dans cette partie, nous allons comparer les résultats retrouvés théoriquement à ceux trouvés numériquement à l'aide du logiciel.



DEPART	ARRIVER	Manuel			CANECO		
		Section	Chute de tension	Icc Max	Section	Chute de tension	Icc Max
TGBT NEW CRUSHER	201-3 E1	3*120	2,699%	7,63 KA	3X (1X120)	2,730%	7 ,36 KA
	2P1-1V1 #01	3*120	2,864%	5,47 KA	3X (1X120)	2,890%	5 ,21 KA
	2P1-1V1 #02	3*6	1,837%	4,64 KA	5x6	1,680%	4 ,26 KA
	2P1-1V1 #03	3*35	2,892%	2,37 KA	4x35	2,550%	2 ,25 KA
	2P1-1V1 #04	3*25	2,793%	1,66 KA	4x25	2,460%	1 ,58 KA
	2P1-1V1 #05	3*50	2,495%	3,64 KA	4x50	2,970%	2 ,23 KA
	2P1-1V1 #06	3*16	2,388%	0,55 KA	5x16	2,130%	0 ,83 KA
	2P1-1V1 #07	4*3*240	1,904%	25,34 KA	3X3X (1X240)	1,890%	28 ,07 KA
	2P1-1V1 #08	3*240	1,958%	28,41 KA	3X (1X150)	1,190%	11 ,79 KA
	2P1-1V1 #09	2*3*185	1,906%	31,04 KA	2X3X (1X185)	1,590%	34 ,48 KA
	2P1-1V1 #10	3*185	2,011%	12,78 KA	3X (1X120)	2,000%	6 ,34 KA
	2P1-1M1 #01	3*3*185	1,922%	30,15 KA	3X3X (1X185)	1,780%	30 ,78 KA
	2P1-1M1 #02	4*3*240	1,905%	23,97 KA	3X3X (1X185)	1,980%	27 ,57 KA
	2P1-1M1 #03	5*3*240	2,067%	24,11 KA	4X3X (1X240)	1,970%	26 ,85 KA
	2P1-1M1 #04	5*3*240	1,824%	27,75 KA	4X3X (1X240)	1,750%	30 ,44 KA
	2P1-1M1 #05	2*3*240	2,098%	19,96 KA	3X3X (1X185)	1,550%	23 ,45 KA
	2P1-1M1 #06	2*3*240	1,974%	13,68 KA	2X3X (1X150)	1,990%	17 ,15 KA
	2P1-1M1 #07	5*3*240	1,936%	27,41 KA	5X3X (1X240)	1,950%	28 ,64 KA
	2P1-1M1 #08	5*3*240	2,086%	27,71 KA	5X3X (1X240)	1,930%	30 ,40 KA

*Tableau 3 : Comparaison des résultats trouvés manuellement et numériquement*

D'après le tableau, on constate que les résultats concernant les sections des câbles b, chute de tension et court court-circuit sont à presque les mêmes.

**Conclusion :**

Les résultats que nous avons obtenu à partir de la comparaison entre la méthode manuelle et la méthode numérique ( avec logiciel CANECO BT ) , nous ont permis d'une part de valider les résultats trouvés théoriques, et d'autre part, d'assurer la performance du logiciel CANECO BT . Mais, il faut signaler que l'utilisateur du logiciel CANECO BT doit avoir à la fois un esprit technique et critique afin d'aboutir à des résultats et dans une durée plus courte. Ceci, en consultant parallèlement les catalogues pour optimiser le temps et le cout de l'installation.

✓ Choix des protections convenables

Suite aux calculs effectués, on choisit un disjoncteur de type Compact NSX160H type H à un PDC de 70kA, plus un déclencheur magnétothermique de TM125D 3P3D avec les caractéristiques suivantes :

- × **Réglage du thermique ( $I_r$ )** : Notre disjoncteur doit être réglé selon :  $0.7 \times I_n$  jusqu'à  $1 \times I_n \Rightarrow I_r = 120A$
- × **Réglage du magnétique ( $I_m$ )** : Notre disjoncteur doit être réglé selon la règle:  $7 \times I_n$  jusqu'à  $10 \times I_n \Rightarrow I_n = 1250A$



*Figure 14 : Disjoncteur Compact NSX160H*



## CONCLUSION

Ce projet de fin d'études fut une opportunité pour moi pour participer à la phase étude et ingénierie du projet « Etude de sélectivité des protections électriques au niveau du broyeur » au sein de LAFARGE HOLCIM RASS ELMA, et qui représente un supplément de formation si riche dont j'ai eu la chance de bénéficier.

Ce stage technique a été très enrichissant tant sur le plan relationnel que sur le plan professionnel. Le travail que nous avons réalisé dans le cadre de ce Projet de Fin d'études m'a permis d'une part de m'intégrer dans le milieu industriel, et d'autre part d'établir des relations avec les professionnels confirmés dans le domaine électrique qui m'ont aidé à développer mes capacités d'adaptation et à enrichir mes connaissances techniques. Il m'a permis de mieux percevoir les différents défis que peut rencontrer un ingénieur dans la réalisation de ses projets.

Au début, en tant que stagiaire dans l'équipe du département électrique, j'ai pu découvrir le monde industriel et plus particulièrement une cimenterie, de connaître au premier les phases de son alimentation électrique. J'ai aussi pu constater la distribution des départements suivant le processus de la production du Clinker, ainsi que surtout le sujet qui m'as été attribué m'as permis d'approfondir mes connaissances théoriques afin de choisir le type de sélectivité adéquate pour le poste cible ainsi que les réglages obligatoires pour éviter tout défaut électrique. C'est ainsi que j'ai observé la bonne organisation du travail menant vers une bonne mise en service.

J'ai ainsi pu comprendre comment les divers services d'une entreprise collaboraient ensemble autour du projet et l'ensemble des moyens de communication entre ouvriers de terrain et cadres.

Je garde du stage un excellent souvenir, il constitue désormais une expérience professionnelle valorisante et encourageante pour mon avenir.

Enfin je tiens à exprimer ma satisfaction d'avoir pu travailler dans des bonnes conditions matérielles et un environnement agréable.



## Annexes

Révision		A																				
<b>RESEAU</b>																						
Rég.de N		TN																				
Tension		380 V																				
<b>DISTRIBUTION</b>																						
Amont		SOURCE																				
Repère		TGBT																				
Designation																						
I Totale		2431,02 A																				
I installée		9501,04 A																				
Ik3 max		68435 A																				
Ik1 max		58851 A																				
dU max		0,79 %																				
<b>CIRCUIT</b>	Repère																					
	Repère Récepteur																					
Designation	COMPENSATION1																					
	COMPENSATION2																					
Nb	Consommation	1 600KVAR																				
Alimentation		Normal																				
<b>LAISON</b>	JdB Amont																					
	Type	Pose	U1000R2V	13	U1000R2V	13	U1000R2V	13	U1000R2V	13	U1000R2V	13	U1000R2V	13	U1000R2V	13	U1000R2V	13	U1000R2V	13	U1000R2V	13
	Longueur	Arme	60 m	Al	239 m	Al	84 m	Cu	204 m	Al	83 m	Cu	235 m	Al	150 m	Cu	198 m	Cu	196 m	Cu	180 m	Cu
	L.Max prot.		159 m	(Cl)	240 m	(Cl)	96 m	(Cl)	240 m	(Cl)	122 m	(Cl)	300 m	(Cl)	170 m	(DU)	203 m	(Cl)	203 m	(Cl)	222 m	(DU)
	dU Totale		2,19 %		3,37 %		2,82 %		4,00 %		3,27 %		2,65 %		1,85 %		2,49 %		2,47 %		1,77 %	
	Câble		4X3X(1X185)		4G50		4G10		4G50		5G16		4G50		4G35		5G10		4G10		5G16	
	Neutre	Séparé	4X(1X185)																			
	PE/PEN																					
	IB	Iz	972,40 A	1026,03 A	36,50 A	104,15 A	27,30 A	71,54 A	53,20 A	104,15 A	53,20 A	69,03 A	26,70 A	104,43 A	26,50 A	109,15 A	9,72 A	51,51 A	9,72 A	51,51 A	9,72 A	69,03 A
	Ik3 Max	Ik2 Min	42069 A	30305 A	1690 A	1040 A	1545 A	948 A	1976 A	1217 A	2482 A	1525 A	1718 A	1058 A	2960 A	1828 A	650 A	403 A	665 A	408 A	1154 A	708 A
	Ik1 Min	ID	22163 A	22162,8 A	602 A	602,4 A	548 A	548,4 A	706 A	705,6 A	884 A	884,4 A	613 A	613,2 A	1062 A	1062 A	233 A	232,8 A	235 A	235,2 A	409 A	409,2 A
	Sélectivité		I<25,00kA		Totale																	
<b>PROT.</b>	Protection	NSX100H		NSX100H		NSX100H		NSX100H		NSX100H		NSX100H		NSX100H		NSX100H		NSX100H		NSX100H		
		Micrologic 2.0		TM40D		TM32D		TM63D		TM63D		TM32D		TM32D		TM16D		TM16D		TM16D		
	Calibre	IrThIN	1000 A	973,00 A	40 A	37,00 A	32 A	27,30 A	63 A	53,20 A	63 A	53,20 A	32 A	26,70 A	32 A	26,50 A	16 A	11,20 A	16 A	11,20 A	16 A	11,20 A
		IrMgIN		9730,0		500,0		400,0		500,0		500,0		400,0		400,0		190,0		190,0		190,0
	Tempo	IrMg max.	20 ms	20148 A		502 A		457 A		588 A		737 A		511 A		885 A		194 A		196 A		341 A
Cont. Ind.		Prot Base		Prot Base		Prot Base		Prot Base		Prot Base		Prot Base		Prot Base		Prot Base		Prot Base		Prot Base		
Ir Diff.																						
Tempo Diff.		0 ms		0 ms		0 ms		0 ms		0 ms		0 ms		0 ms		0 ms		0 ms		0 ms		

Révision		A		
<b>RESEAU</b>				
Rég.de N		TN		
Tension		380 V		
<b>DISTRIBUTION</b>				
Amont		SOURCE		
Repère		TGBT		
Designation				
I Totale		2431,02 A		
I installée		9501,04 A		
Ik3 max		68435 A		
Ik1 max		58851 A		
dU max		0,79 %		
<b>CIRCUIT</b>	Repère Circuit	COMPENSATION1		
	Repère Récepteur	COMPENSATION2		
Designation				
Nb	Consommation	1 600KVAR		
Alimentation		Normal		
<b>LAISON</b>	JdB Amont			
	Type	Pose	U1000R2V	13
	Longueur	Arme	15 m	Cu
	L.Max prot.		58 m	(Cl)
	dU Totale		0,91 %	
	Câble		4X3X(1X185)	
	Neutre	Séparé	1X185	
	PE/PEN			
	IB	Iz	911,60 A	1395,11 A
	Ik3 Max	Ik2 Min	61273 A	46916 A
	Ik1 Min	ID	32890 A	32890 A
	Sélectivité		I<25,00kA	
<b>PROT.</b>	Protection	NS1600H		
		Micrologic 2.0		
	Calibre	IrThIN	1600 A	
		IrMgIN	13680,0	
	Tempo	IrMg max.	20 ms	
Cont. Ind.		Prot Base		
Ir Diff.				
Tempo Diff.		0 ms		

**Tableau 4 : Note de calcul de Caneco bt pour le poste électrique Broveur**