

LICENCE
Electronique Télécommunication et Informatique
(ETI)

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Mise à niveau du poste charbon
A&B**

Réalisé Par :

**EL-BAKKOUCHI Asmaa
EL-HASSOUNI Sahar**

Encadré par :

P^r E. ABARKAN (FST FES)

Soutenu le 13 Juin 2013 devant le jury

Pr E. ABARKAN (FST FES)

Pr T. LAMHAMDI (FST FES)

Pr H. ELMOUSSAOUI (FST FES)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

« رَبِّ اشْرَحْ لِي صَدْرِي وَيَسِّرْ لِي أَمْرِي
وَأُحِلِّ عَقْدَةً مِنْ لِسَانِي يَفْقَهُوا قَوْلِي »
سورة طه

صدق الله العظيم

رَبَّنَا عَلِّمْنَا مَا يَنْفَعُنَا وَنَفِّعْنَا بِمَا عَلَّمْتَنَا، إِنَّكَ
أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

وعاء نبوي

Dédicaces

On dédie ce modeste travail :

À ceux que personne ne peut récompenser des sacrifices qu'ils ont consentis pour notre éducation et notre bien-être :

Nos chers parents.

Qu'ils trouvent ici l'hommage de notre gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera à la hauteur de leurs sacrifices et leurs prières pour nous ;

Pour l'amour et le soutien et pour tous les agréables moments passés et à venir.

A nos frères et sœurs, nos amis et les gens que nous aimons, qui ont cru en nous et nous ont soutenus.

REMERCIEMENT

On tient à exprimer notre gratitude et notre plus haute reconnaissance, en premier lieu, à notre encadrant Monsieur **ABARKAN** El Hossein pour tout le temps qu'il nous a consacré et tous les conseils qu'il nous a prodigué durant notre Projet de Fin d'Etudes.

On tient à remercier aussi **Groupe LAFARGE-BOUSKOURA** de nous avoir accueillis tout au long de notre Projet de Fin d'Etude au sein du service électrique.

On remercie particulièrement :

- Monsieur EL IDRISSI Mohammed, notre parrain industriel.
- Messieurs IMEJJAD Saïd, EL-AYBOUD Hassan et EL-BAQALI Yassine, qui nous ont formés tout au long de la période de notre stage en nous faisant part de leurs expériences professionnelle et de leurs compétences.
- Le personnel de l'atelier électrique pour leur aide.

On tient à remercier aussi tout le corps professoral de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, et tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Résumé

Le présent document est le rapport du projet de fin d'étude, effectué dans le cadre de la formation de Licence Sciences et Techniques à la Faculté des Sciences et Technique de Fès, option Electronique Télécommunication et Informatique.

Le sujet de projet se résume comme suit :

❖ ***Mise à niveau du poste charbon A&B.***

Il consiste à faire l'étude d'une nouvelle installation de l'armoire N/S, ainsi que l'installation d'une armoire de compensation.

A cette fin, et après avoir fait une étude critique sur l'état du poste actuelle, l'étude a été consacré dans un premier volet, à la nécessité de secourir des équipements dans le poste, dont l'arrêt pouvait influencer d'une manière indésirable sur la continuité de la production, et cela en dimensionnons l'inverseur N/S.

Dans un deuxième volet, et dans le but de rétablir une installation électrique qui répond aux exigences de la production, on a dimensionné les batteries de condensateur pour compenser la puissance réactive consommé par le poste.

Liste des Figures

Figure 1.1 : Implantation industrielles de lafarge dans le monde	4
Figure 1.2 : Photo de l'usine de Bouskoura	6
Figure 1.3 : Différents zones de lafarge de bouskoura	7
Figure 1.4 : Organigramme de l'usine de Bouskoura.....	8
Figure 1.5 : Constituants principaux du ciment	9
Figure 1.6 : Les 10 étapes de fabrication du ciment	10
Figure 1.7 : Extraction de la matière à partir des carrières	11
Figure 1.8 : Atelier de concassage	11
Figure 1.9 : Atelier de Broyage Cru	12
Figure 1.10: La ligne de Cuisson	13
Figure 1.11: Circuit de refroidissement.....	14
Figure 1.12 : Stockage de ciments et expédition	14
Figure 1.13: Procès de fabrication du ciment.....	15
Figure 2.1. : Classification des types de la maintenance.....	19
Figure 2.2. : Démarche suivi pour le choix d'un type de maintenance.....	20
Figure 2.3. : Organisation générale du département maintenance	22
Figure 2.4. : Démarche pour la maintenance conditionnelle	24
Figure 2.5 : Démarche pour les arrêts subis.....	25
Figure 2.6 : Démarche pour les arrêts programmés	26
Figure 3.1 : Nouvelle architecture du poste charbon A&B	29
Figure 3.2 : Schéma global de l'installation du poste charbon A&B.....	31
Figure 3.3 : Schéma de distribution des armoires	32
Figure 4.1 : Inverseur normal/secours.....	33
Figure 4.2: Synoptique du poste charbon A&B	36
Figure 4.3 : Schéma de la nouvelle installation des équipements à secourir	40
Figure 4.4 : Organigramme du mode non enterré	48
Figure 5.1: Graphe de variation de la puissance utile en KW	61
Figure 5.2: Graphe de variation du facteur de puissance dans le poste	62
Figure 5.3: <i>Variation de $\cos\phi$ en fonction de la puissance réactive des condensateurs</i>	62
Figure 5.4 : Compensation globale	63
Figure 5.5 : Compensation par secteur	64
Figure 5.6 : Compensation individuelle	64
Figure 5.7 : Batteries fixes	66
Figure 5.8 : Principe de la compensation automatique d'une installation	66
Figure 5.9 : Batteries automatique	67
Figure 5.10 : Graphe du niveau d'harmoniques global en tension et en courant	68
Figure 5.11 : Mode et type de compensation dans une installation	69

Liste des Tableaux

Tableau 1.1 : Fiche Signalétique du groupe Lafarge du Maroc	5
Tableau 1.2 : Structure d'actionnariat du groupe Lafarge du Maroc	5
Tableau 1.3 : Produits fabriqués	8
Tableau 4.1: Relevé de puissance des équipements à secourir	39
Tableau 4.2: Bilan de puissance des équipements à secourir	40
Tableau 4.3: Les caractéristiques des câbles utilisés	44
Tableau A : Lettre de sélection en fonction du mode de pose et du type de câbles	45
Tableau 1 : Facteur de correction K_1 lié aux principaux mode de poses	46
Tableau 2 : Facteur de correction K_2 pour groupement de plusieurs circuits en une couche ...	46
Tableau 3 : Facteur de correction K_3 pour les températures ambiantes	47
Tableau 4.4: Choix de la section des câbles en fonction de I'_z	50
Tableau 4.5: La section des câbles.....	51
Tableau 4.6 : Valeur max de la chute de tension	51
Tableau 4.7 : Formule de la chute de tension	52
Tableau 4.8 : Résistances et Réactances des équipements à secourir	52
Tableau 4.9 : La chute de tension	53
Tableau 4.10 : La chute de tension.....	54
Tableau 4.11 : Courant de court-circuit	55
Tableau 5.1 : Tableau du bilan de puissance du poste charbon A&B.....	58
Tableau 5.1: Tableau du bilan de puissance du poste charbon A&B(suite)	59
Tableau 5.1: Tableau du bilan de puissance du poste charbon A&B(suite)	60

Sommaire

Dédicaces.....	ii
Remerciement	iii
Résumé	iv
Liste des figures	v
Liste des tableaux	vi
INTRODUCTION.....	1
Présentation du projet	2
Chapitre 1 : Présentation de Lafarge du Maroc	3
I. Présentation de Lafarge groupe	4
II. Présentation de Lafarge du Maroc	4
2.1 Présentation générale du Groupe.....	4
2.2 Historique du Groupe Lafarge du Maroc	5
2.3 Fiche signalétique et actionnariat de Lafarge du Maroc	5
III. Lafarge de Bouskoura	6
3.1 Activité & stratégie	6
3.2 Caractéristique de l'usine de Bouskoura	6
3.3 Spécificité et performance	6
3.4 Organigramme de l'usine de Bouskoura	8
3.5 Produits fabriqués	8
IV. La fabrication du Ciment	9
4.1 Le ciment : définition et composition	9
4.2 Diagramme du flux : fabrication du Ciment	10
4.3 Les ressources d'énergie utilisées.....	15
Chapitre 2 : Présentation de la fonction maintenance au sein de l'unité	17
I. Généralité sur la maintenance	18
1.1 Introduction	18
1.2 Définition	18
1.3 Objectifs de la maintenance	18

Projet de fin d'étude

1.4	Types de la maintenance.....	19
1.5	Critères de choix d'un type de maintenance	20
II.	Département Maintenance, Lafarge du Maroc Bouskoura	21
2.1	Introduction	21
2.2	Missions et objectifs	21
2.3	Structure organisationnelle	21
2.4	Organigramme	22
2.5	Relation du département maintenance avec les différents directions et départements	23
2.6	Les procédures de travail	24
Chapitre 3 : Architecture et schémas électriques du poste charbon A&B		28
I.	Présentation de l'architecture du poste charbon A&B	29
1.1	Définition	29
1.2	Objectifs	29
1.3	Réalisation de l'architecture du poste charbon A&B.....	29
II.	Schémas électrique du poste	30
2.1	Définition.....	30
2.2	Objectifs.....	30
2.3	Schéma global du poste	31
Chapitre 4 : Présentation de l'inverseur normal/secours, bilan de puissance et dimensionnement		33
I.	Présentation d'inverseur normal/secours	34
1.1	Définition.....	34
1.2	Objectif	34
1.3	Principe de fonctionnement	34
1.4	Organigramme de permutation.....	35
II.	Identification des équipements à secourir et relevé de puissance.....	35
2.1	Equipements à secourir	35
2.2	Relevé de puissance	37
III.	Bilan de puissance	40
IV.	Dimensionnement d'inverseur normal/secours.....	41
4.1	Schéma unifilaire	41
4.2	Dimensionnement de l'installation électrique	42
Chapitre 5 : Analyse réseau et compensation de l'énergie réactive		56
I.	Compensation de l'énergie réactive	57
1.1	Définition	57
1.2	Objectifs	57
1.3	Principe	57
1.4	Bilan de puissance	57
II.	Calcul de la puissance réactive de la batterie de compensation	61
2.1	Analyse de l'existant	61
2.2	Calcul de la puissance réactive des batteries	62
III.	Choix du mode de compensation	63
3.1	Compensation globale	63

Projet de fin d'étude

3.2	Compensation par secteur	63
3.3	Compensation individuelle	64
IV.	Choix de type de compensation	65
4.1	Compensation fixe	65
4.2	Compensation automatique ou en gradins.....	66
V.	Choix de l'équipement de compensation dans les réseaux perturbés par les harmoniques	67
5.1	Analyse de l'existant	67
5.2	Choix de la batterie.....	68
	Conclusion	71
	BIBLIOGRAPHIE.	

INTRODUCTION

De nos jours, les entreprises industrielles évoluent dans un contexte où la performance ne réside plus seulement dans leur capacité à produire ou à vendre, mais également dans leur maîtrise des défaillances et de la disponibilité de l'outil de production.

C'est pourquoi la maintenance prend une importance croissante et se révèle une des fonctions clé de la réussite de l'entreprise, on a qu'à penser aux différentes tendances vers un degré plus élevé d'automatisation, d'une complexité dans la technologie et d'une diversité accrue des machines et des outils de production. Ceci ne fait que renforcer les besoins d'une entreprise d'avoir une approche formelle et structurée concernant la fonction maintenance.

Dans ce cadre, le présent projet de fin d'étude vient pour approfondir les performances de la maintenance, ainsi que la proposition d'une nouvelle installation du poste charbon A&B, qui respecte les mesures de sécurité et la consommation adéquate de l'énergie en se référant à des normes internationales.

Projet de fin d'étude

Au chapitre 1, on commence par une présentation de l'entreprise d'accueil, ensuite dans le chapitre 2 on donne une description de la fonction maintenance au sein de l'unité ainsi que son processus de fonctionnement.

Le chapitre 3, fera l'objet d'une présentation de la nouvelle architecture du poste ainsi que le nouveau schéma électrique du poste.

Finalement les chapitres 4 et 5, font l'objet du dimensionnement de l'inverseur N/S et l'armoire de compensation.

Présentation du Projet

I- Acteurs du projet :

Le maître d'ouvrage est la société Lafarge de Bouskoura qui est une société de production de ciments.

La Faculté des Sciences et Techniques de Fès, Département Génie Electrique, présenté par EL-BAKKOUCHI Asmaa et EL-HASSOUNI Sahar, et avec le suivi et l'encadrement de :

- ✓ Pr. ABARKAN EL Hossein (enseignant à FST de Fès);
- ✓ Mr. IMEJJAD Said (Agent Technique).

II- Contexte pédagogique :

Projet de fin d'étude

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de projet de fin d'études indispensable pour l'obtention du diplôme de Licence en Sciences et Techniques délivré par La Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

III- Cahier des charges :

Le travail demandé consiste à faire :

- ✓ Une architecture (Armoire et Emplacement) ;
- ✓ Des schémas Electriques ;
- ✓ Une identification des équipements à secourir et relevé de puissance ;
- ✓ Un bilan de puissance et dimensionnement de l'inverseur N/S ;
- ✓ Une analyse réseau et compensation de l'énergie réactive.

CHAPITRE 1 :

I. Présentation de LAFARGE GROUPE :

Leader mondial des matériaux de construction, Lafarge occupe des positions de premier plan dans chacun de ses métiers. Avec un portefeuille géographique diversifié et équilibré et 71 000 collaborateurs dans 70 pays, Lafarge est au cœur de la croissance mondiale. Il accompagne ainsi le développement des économies et répond notamment aux immenses besoins des pays émergents en matière de logements et d'infrastructures.

Présent dans quatre continents du globe, (voir figure 1.1) avec un chiffre d'affaires 16169 en millions d'euro réalisé en 2010.



Figure1 .1: Implantations industrielles de Lafarge dans le monde.

II. Présentation de Lafarge du Maroc :

2.1 Présentation générale du Groupe:

Lafarge du Maroc est une entreprise spécialisée dans la fabrication des matériaux de construction comme le ciment, le béton, le granulat, le plâtre et la chaux.

Lafarge MAROC représente 42 % de la production de ciment dans le marché marocain. Il faut signaler que le groupe Lafarge MAROC donne de l'importance à l'usine Bouskoura puisqu'elle représente 49 % de production au sein du groupe et 22 % à l'échelle nationale.

Le dispositif industriel de Lafarge est constitué de 4 usines (Casablanca, Meknès, Tétouan et Tanger), une usine de plâtre (Safi) et neuf centrales à Béton.

2.2 Historique du Groupe Lafarge du Maroc :

Leader sur le marché cimentier du Maroc et adossé à un groupe de renommée internationale, le groupe LAFARGE MAROC occupe une place privilégiée parmi les grandes multinationales du pays.

En 1930, LAFARGE s'implante au MAROC en créant la première cimenterie d'un pays à Casablanca, principal marché jusqu'à lors de la consommation de ciments.

Quelques années plus tard, le groupe se développe et crée une deuxième cimenterie à Meknès. Entre 1982 et 1984, il fait acquisition de deux autres cimenteries dans le nord du pays (Tétouan et Tanger), une usine de plâtre à Safi et neuf centrales à bétons (BPE).

Projet de fin d'étude

Il fallait attendre le 10 juin 1995 pour que la naissance du groupe LAFARGE MAROC voie le jour lors de la signature d'une convention de partenariat entre la SNI (société nationale d'investissement) et le groupe LAFARGE qui aboutit à la mise en œuvre d'un holding (50%LAFARGE et 50% SNI).

La conséquence immédiate de cet accord fut la dotation du groupe d'une structure financière forte avec augmentation du capital qui s'élève jusqu'à 1.5 milliards de dirhams.

2.3 Fiche signalétique et actionnariat de Lafarge du Maroc :


<u>Raison sociale</u>	Lafarge du Maroc
<u>Forme Juridique</u>	Société Anonyme
<u>Date de création</u>	1930
<u>Activité principale</u>	Fabrication et commercialisation du ciment
<u>Capital</u>	1 746 911 300 DHS
<u>Effectif</u>	222
<u>Production annuelle</u>	3 250 000 tonnes
<u>Siège Social</u>	6, route de Mekka, Quartier Les Crêtes B.P 17 234 Casablanca
<u>Logo</u>	

Tableau 1.1 : Fiche Signalétique du groupe Lafarge du Maroc.

<u>Actionnaire</u>	<u>% Pourcentage détenu</u>
Lafarge Maroc	69,4
CDG	8
CIMR	3,9
Lafarge Cementos	0,6
BID	5,5
AUTRES	12,6

Tableau 1.2 : Structure d'actionnariat du groupe Lafarge du Maroc.

III. Lafarge de Bouskoura :

3.1 Activité & Stratégie :

Lafarge de Bouskoura constitue l'une des quatre cimenteries de Lafarge Maroc. Avec les nouveaux investissements réalisés, la Cimenterie de Bouskoura augmente sa capacité en même temps qu'elle rénove et étend son dispositif d'ensachage. Grâce à une Production supplémentaire de 900 000 tonnes, elle sera en mesure d'accompagner la demande accrue du marché.

3.2 Caractéristiques de l'usine de Bouskoura :

- Localisation : 35 Km au sud de Casablanca.

Projet de fin d'étude

- Effectifs : 217 personnes.
- Capacité de l'usine: 3MT (comprenant la nouvelle ligne de production de 900000 tonnes inaugurée en décembre 2006).
- Investissement: 81 millions d'euros.
- Plus importante capacité de production de ciment dans le pays.
- Seule usine dotée d'une unité de broyage et d'ensachage de ciment blanc au Maroc.



Figure 1.2 : Photo de l'usine Bouskoura.

3.3 Spécificité et performance :

Mise en service en juillet 2010, l'usine de Bouskoura est l'une des plus modernes cimenteries dans le monde. Elle a bénéficié des technologies les plus économiques et les plus avancées en matière de protection de l'environnement et d'économie de l'énergie et de l'eau.

En matière de performance industrielle, nous avons confirmé le maintien de notre niveau d'excellence concernant la fiabilité et le temps moyen de bon fonctionnement de nos fours, ce qui classe notre usine parmi les plus maîtrisées et les plus fiables. Nous utilisons de plus en plus de coke soufré pour faire baisser la facture énergétique. Sur le plan du kW/heure, des actions dédiées nous ont permis de compenser l'augmentation de la consommation électrique liée au développement des produits spéciaux.

L'unité est composée de plusieurs ateliers, chacun servira pour une fonction bien ciblée dans la fabrication du ciment, il s'agit d'une usine complète avec une ligne à voie sèche d'une production annuelle de 2,29 millions de tonnes de clinker et 3,25 millions de tonnes de ciment.

Expédition &
broyage à ciment

Cuisson

Atelier de
broyage à cru

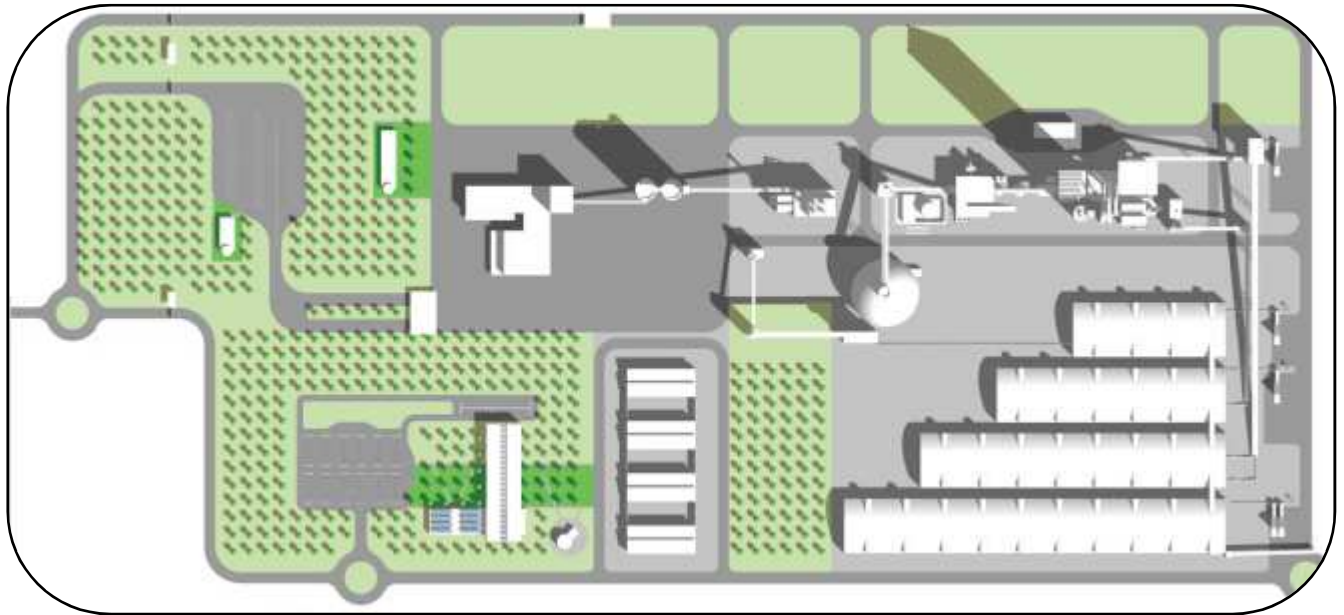


Figure 1.3 : Différentes zones de Lafarge Bouskoura.

3.4 Organigramme de l'usine de Bouskoura :

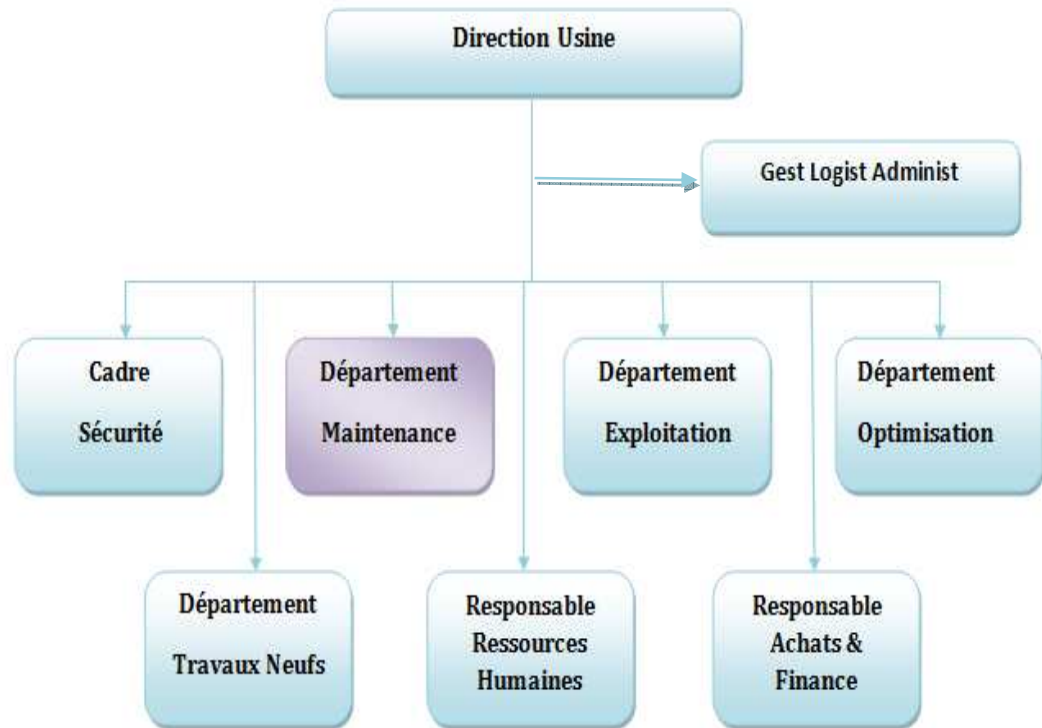


Figure 1.4 : Organigramme de l'usine de Bouskoura.

3.5 Produits fabriqués :

Les produits fabriqués à Lafarge Bouskoura sont CPJ 45, CPJ 35 et CPA 55, ces trois types de ciments CPJ35, CPJ45, CPA55 se différencient selon des pourcentages précis des ajouts au clinker. Pour le cas de laboratoire des essais chimiques de l'usine de Bouskoura, les différentes compositions de ciments sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

	CPJ35	CPJ45	CPA55
Calcaire	35.6%	24%	0%
Cendres volantes	3.21%	6.52%	0%
Gypse	2.8%	3.14%	5.64%
Clinker	58.39%	66.34%	94.36%

Tableau 1.3 : Produits fabriqués

Les produits cimentiers sont désignés par trois lettres qui représentent la composition et la résistance à la compression après 28 jours.

IV. La fabrication du Ciment :

Projet de fin d'étude

Le procédé de production du ciment ; au sein de l'usine de Bouskoura ; comprend 10 étapes, c'est un procédé complexe qui exige un savoir-faire, une maîtrise des outils, des techniques de production, des contrôles rigoureux continus de la qualité du produit, et un matériel performant. Dans la suite, de cette partie, une description de la voie sèche de production du ciment au sein de l'usine de Bouskoura.

4.1 Le ciment : définition et composition.

Le ciment (du latin Caementum, signifiant pierre non taillée). Une substance hydraulique, finement moulue qui gâchée avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit rapidement, atteignant en peu de jours son maximum de résistance suite à des réactions et processus d'hydratation.

Son emploi le plus fréquent est sous forme de poudre utilisée avec de l'eau pour agréger du sable fin et des graviers (granulats) pour donner le béton.

Le mot " ciment " peut désigner différents matériaux comme par exemple :

- Le plâtre
- La Chaux commune,
- La pouzzolane naturelle
- Le ciment prompt,
- Le ciment Portland appelé aussi ciment artificiel

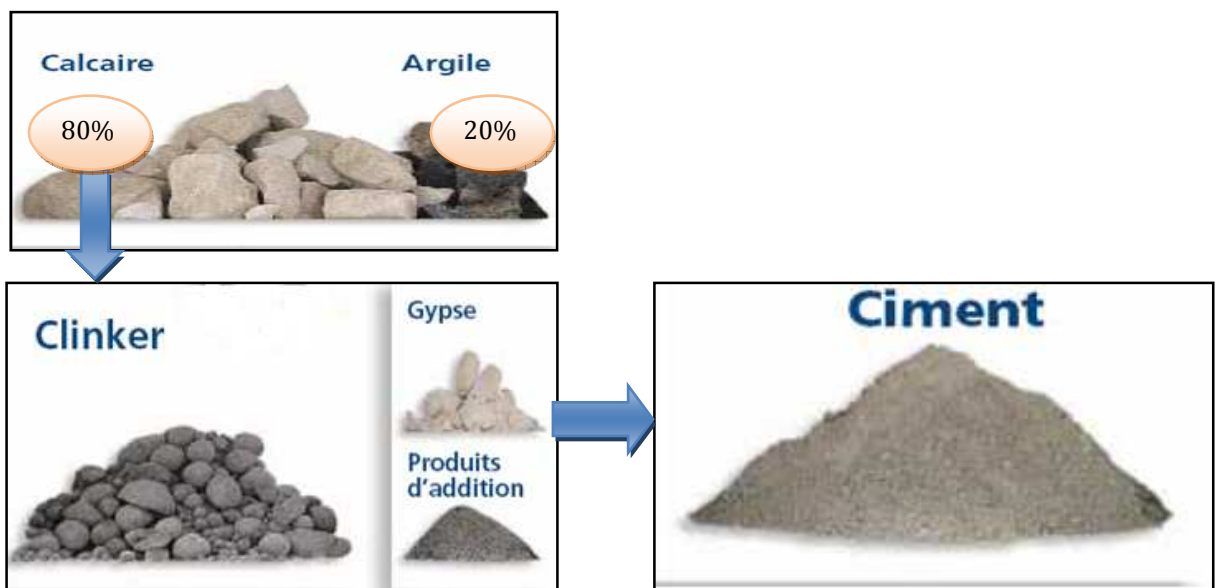


Figure 1.5 : Constituants principaux du ciment.

4.2 Diagramme du flux : fabrication du Ciment

La fabrication de ciment se réduit schématiquement aux quatre opérations suivantes:

- Préparation et stockage de la matière première
- Préparation du cru
- Cuisson
- Broyage et conditionnement

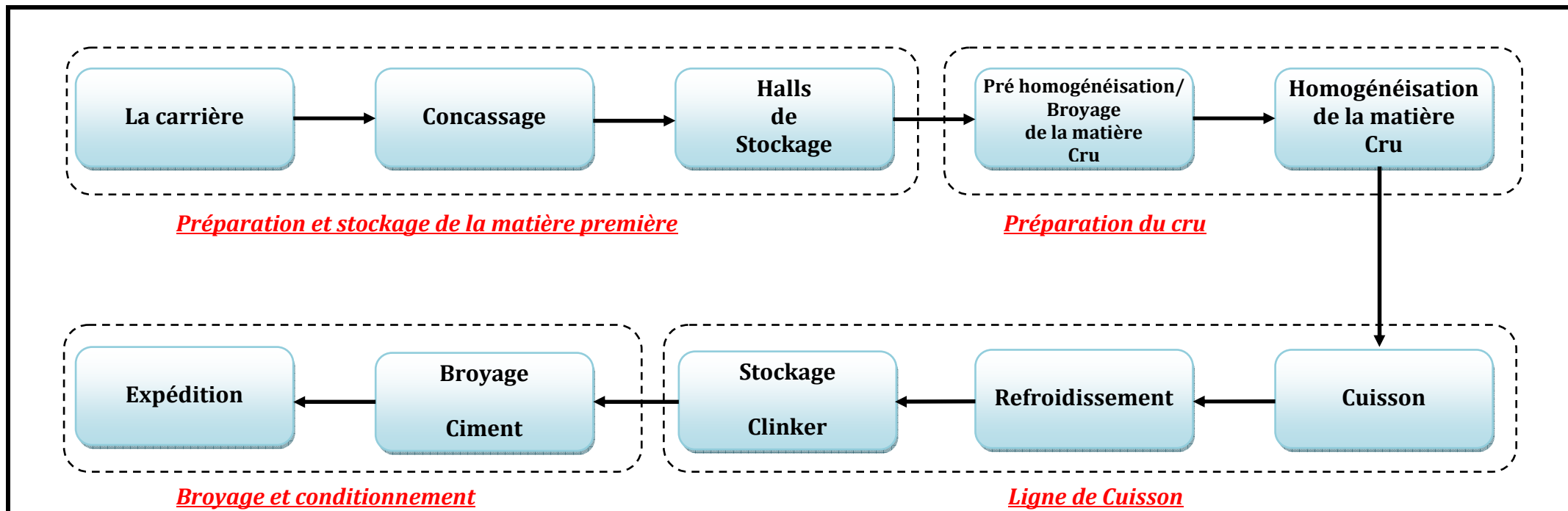


Figure 1.6 : Les 10 étapes de fabrication du ciment.

4.2.1 La carrière : EXTRACTION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

Les matières premières sont extraites des parois rocheuses d'une carrière à ciel ouvert par abattage à l'explosif ou à la pelle mécanique. La roche est reprise par des dumpers vers un atelier de concassage. Pour produire des ciments de qualités constantes, les matières premières doivent être très soigneusement échantillonnées, dosées et mélangées de façon à obtenir une composition parfaitement régulière dans le temps.

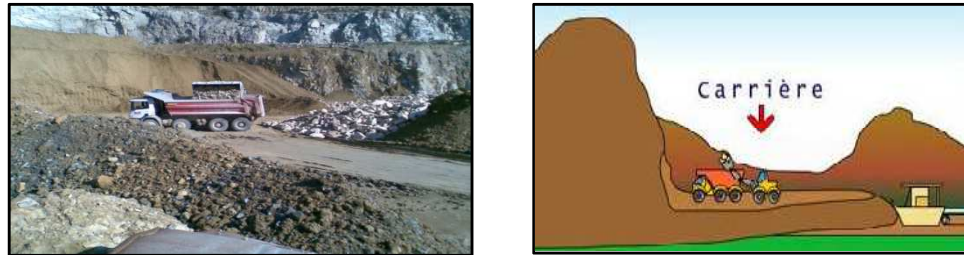


Figure 1.7 : Extraction de la matière à partir des carrières.

4.2.2 Le concassage : PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE.

C'est une opération qui consiste à réduire la granulométrie de la matière première en fragments de faibles dimensions (25 à 40 mm). Elle assure également un certain mélange de matière première arrivant de la carrière. En effet le calcaire et le schiste transportés par les camions sont déchargés dans deux ATM à vitesse variable ce qui permet de régler le débit de concassage.

La matière passe par deux étapes de concassage : le premier est un concasseur à mâchoires et le second un concasseur à marteaux. Les deux étages de concassage sont capables de fournir un débit de maximum 1100 t/h.

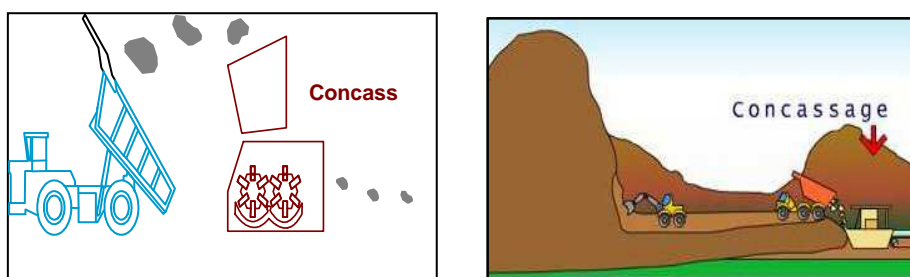


Figure 1.8: Atelier de concassage.

4.2.3 Les halls de stockage : PRÉPARATION DE LA MATIÈRE PREMIÈRE

➤ Un hall de stockage calcaire, couvert et équipé d'un système d'extraction automatique, Gratteur- pont et Jeteur.

➤ Un hall de stockage de matériaux Argile, couvert et équipé d'un système d'extraction automatique Gratteur- pont et Jeteur.

➔ Un hall de stockage de matériaux Additifs, couvert et équipé d'un système d'extraction automatique 2 Gratteur- pont et un Jeteur.

4.2.4 Le parc Pré homogénéisation et le parc des ajouts :

Après concassage, la matière crue présente toujours des fluctuations importantes dans sa composition, c'est pour cela qu'au moment du stockage au parc de pré homogénéisation la matière passe par une tour d'échantillonnage afin de déterminer la composition exacte des mélanges provenant des ATM. Ceci permet de garder une consigne bien déterminée concernant C_3S , le MS et le rapport A/F.

La pré homogénéisation consiste à déposer la matière en couches successives sous forme de chevron à l'aide d'un jeteur animé d'un mouvement de va et vient. La reprise est faite par un capteur.

L'usine dispose de trois parcs de stockage de matière première : deux parcs circulaires de pré homogénéisation pour le cru et un troisième parc pour les ajouts. Le remplissage de tous ces parcs se fait par le circuit de concassage.

Il faut signaler que les ajouts sont nécessaires pour avoir un cru régulier.

4.2.5 Le Broyage de la matière cru :

La fabrication du cru consiste à broyer finement un mélange de calcaire et d'argile pour faciliter les réactions chimiques au cours de la cuisson dans le four, La matière passe donc par des doseurs qui alimentent le broyeur sécheur.

La fonction de séchage est nécessaire pour diminuer le taux d'humidité de la matière. En plus de séchage et de fragmentation, le broyeur assure un mélange intime des différents minerais apportés par les matières premières et les ajouts de correction en faibles proportions.

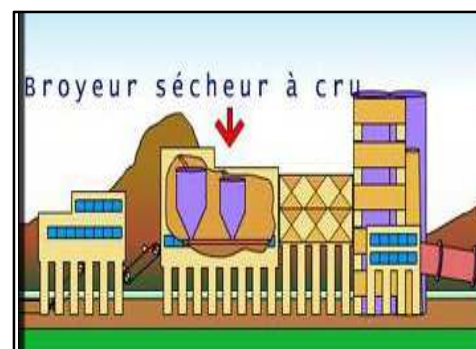
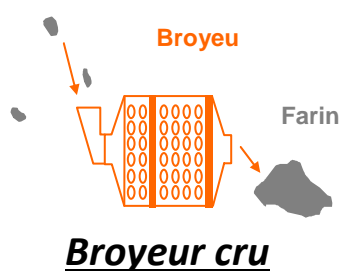


Figure 1.9: Atelier de Broyage Cru.

4.2.6 Homogénéisation de la matière Cru :

La farine est homogénéisée par brassage à l'air et stockée dans un silo puis transportée vers le préchauffeur.

L'homogénéisation permet d'obtenir un produit de caractéristiques chimiques et physiques uniformes qui autorisent la fabrication d'un clinker de qualité constante.

4.2.7 Cuisson :

Pour améliorer le bilan thermique, des échangeurs à cyclone (la Tour préchauffeur) sont utilisés en amont du four pour préchauffer la farine à une température aux environs de 900°C.

Le transfert de la chaleur dans les cyclones est dû à l'échange entre les gaz chauds sortant du four et le cru circulant à contre courant, ce qui permet la décarbonatation du carbonate de calcium pour donner la chaux (CaO) avec dégagement du gaz carbonique (CO₂). Ce processus est appelé pré-calcination.

Dans le four rotatif, la matière subit des transformations chimiques nécessaires à la fabrication du produit semi-fini « Clinker ».

La ligne de cuisson se compose de :

- Un préchauffeur à cinq étages muni d'un pré calcination
- Un four rotatif
- Un refroidisseur
- Un système de dépoussiérage avec filtre à manches de haute performance.

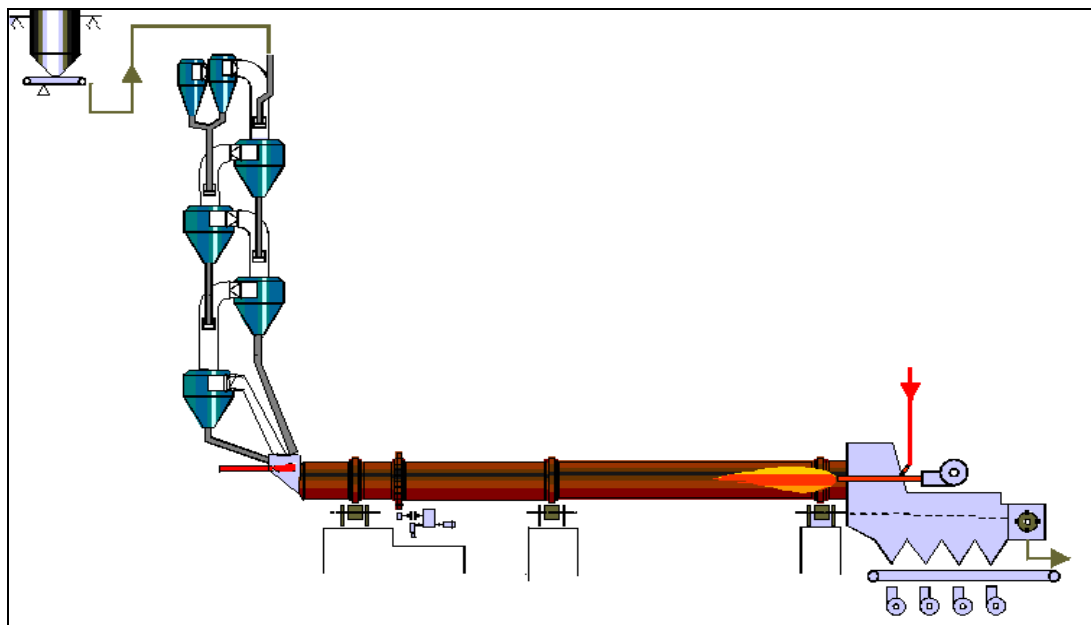


Figure 1.10: La ligne de Cuisson.

4.2.8 Le Refroidissement :

Il est situé en aval du four, c'est un refroidisseur à grilles horizontales au nombre de 3 à commande hydraulique. Le refroidissement est assuré par huit ventilateurs. L'air produit par ces ventilateurs est insufflé sous les grilles par des chambres de soufflage. Il traverse la couche du clinker en mouvement.

Chaque grille est composée de trente rangées de dix plaques trouées. Ces rangées de plaques sont en alternance, une fixe et une autre mobile. Elles sont montées de façon à ce que le mouvement des plaques mobiles de vas et vient entraîne le déplacement du clinker.

Projet de fin d'étude

Un transporteur métallique installé sous le refroidisseur assure le transport du clinker refroidi vers le hall de stockage.

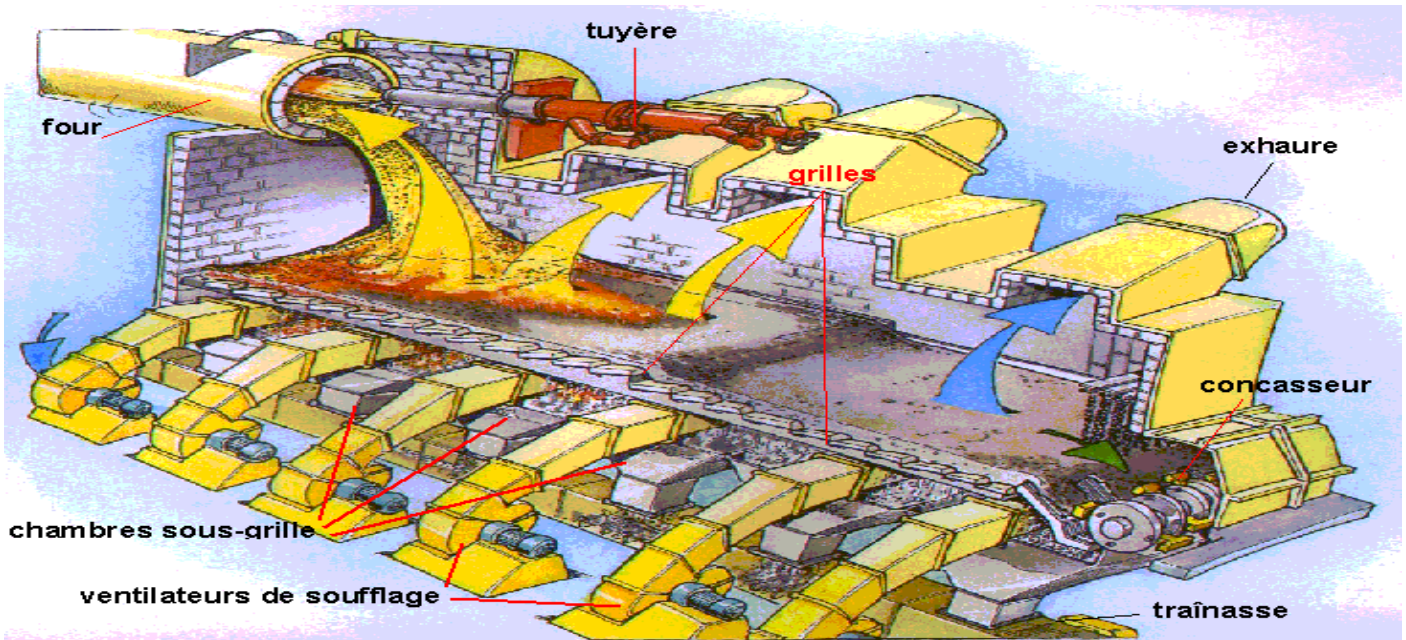


Figure 1.11: Circuit de Refroidissement.

4.2.9 Stockage Clinker :

Un stockage clinker est équipé d'un système d'extraction automatique et d'alimentation des ateliers de broyage ciment.

4.2.10 Broyage ciment :

Après refroidissement, les granules de clinker sont ensuite broyés avec addition de gypse. L'addition du gypse au clinker a pour but de régulariser la prise du ciment, notamment de celui qui contient des proportions importantes d'aluminate tricalcique et aussi de conférer au ciment des propriétés spécifiques correspondant aux différentes qualités du ciment (CPJ 35 ; CPJ 45 ; CPA 55).

Grâce à ce gypse, la prise du ciment, c'est-à-dire le début de son durcissement, s'effectue au plus tôt une demi-heure après le début de l'hydratation. Sans gypse, la prise serait irrégulière et pourrait intervenir trop rapidement.

4.2.11 Stockage de ciments et Expédition:

A la sortie du broyeur, le ciment est orienté vers les silos de stockage et de livraison. Trois silos pour la CPJ35, trois pour la CPJ45 et un silo pour la CPA55. Le transport s'effectue à l'aide d'un convoyeur pneumatique par des pompes Fuller. La livraison du ciment s'effectue soit en sacs, soit en vrac.

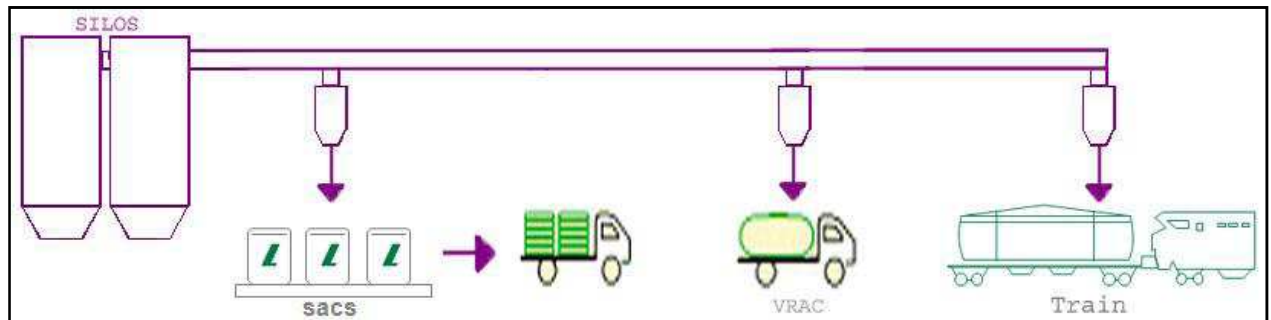


Figure 1.12 : stockage de ciments et expédition.

Le schéma ci-dessous résume les différentes transformations subies par la matière première jusqu'à l'obtention du ciment et son expédition :

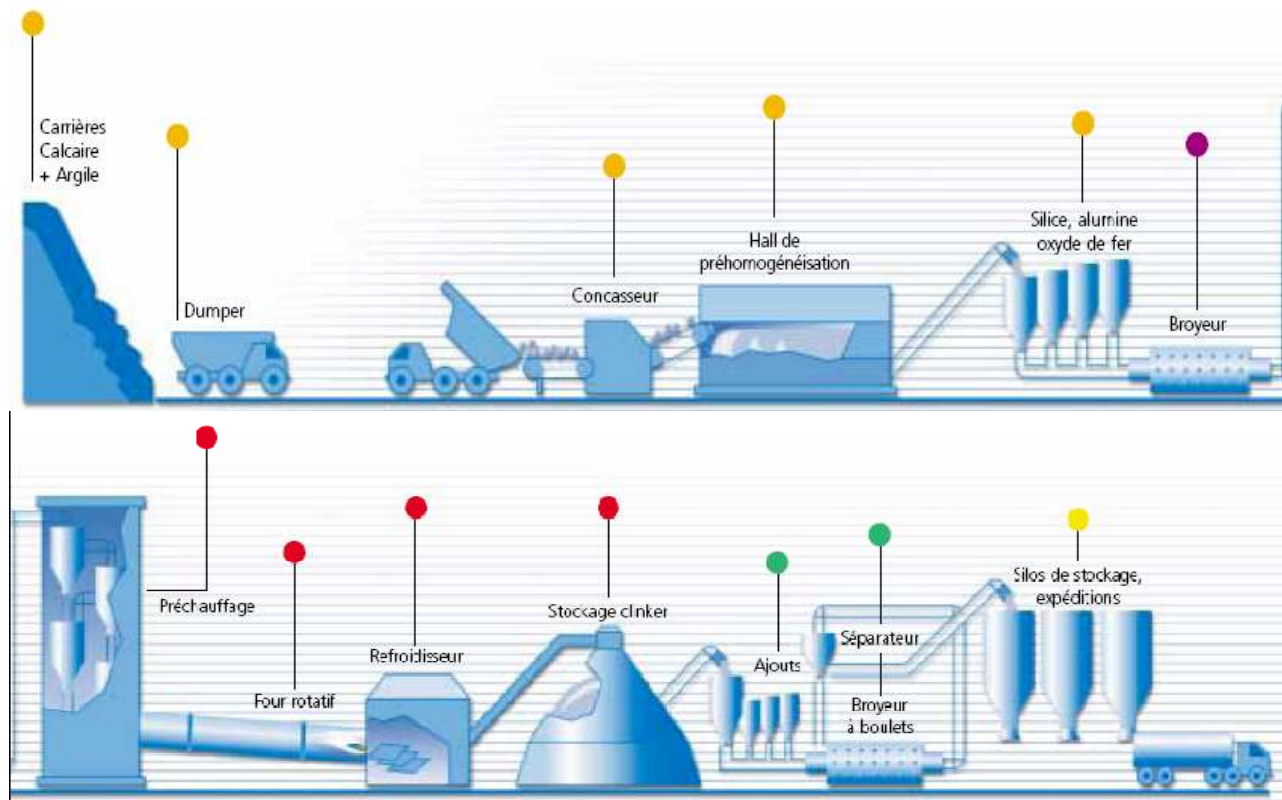


Figure 1.13 : Procès de fabrication du ciment.

4.3 Les ressources d'énergie utilisées :

4.3.1 Energie Thermique :

Le coke de pétrole et charbon constituent les principaux combustibles utilisés pour la production du clinker. Ils sont stockés dans un Hall couvert avec une capacité de stockage, muni d'un extracteur automatique.

L'atelier de broyage des combustibles comprend les principaux équipements suivants :

- un broyeur vertical, équipé d'un séparateur
- un filtre de dépoussiérage
- 2 silos de stockage du combustible.
- 2 doseurs rotatifs

Le fuel léger est utilisé uniquement pour chauffer le four rotatif jusqu'à une température déterminée, après on commence à ajouter le charbon avec des quantités importantes.

4.3.2 Energie Electrique :

- Le site est alimenté en électricité par la ligne Haute Tension 60 kV passant à proximité. L'énergie électrique haute tension (60 KV) est transformée en moyenne tension (5.5 KV) dans le poste électrique principal à l'aide de l'un des deux transformateurs haute tension, d'autre part, l'usine possède un parc de groupes électrogènes assurant la continuité du service en cas de coupure de l'électricité.
- Un système de récupération d'énergie (la chaleur des gaz chauds) provenant de la combustion à l'intérieur du four, pour production d'électricité via un échangeur diathermique (TURBODEN).
- Projet d'énergie renouvelable (projet d'avenir) visant à produire l'électricité à partir de l'énergie solaire.

4.3.3 Energie Pneumatique :

- Système d'alimentation en air sous pression, P = 7.bar (nombre des compresseurs 23).



Conclusion

Au terme de ce premier chapitre, on peut retenir que Lafarge Maroc usine de Bouskoura, dispose d'une ligne de production complète avec des équipements plus ou moins complexes dans leurs technologie, ces derniers doivent faire l'objet d'une bonne maitrise afin d'augmenter leur disponibilité et leur fiabilité dans le temps ce qui répercute positivement sur le rendement global du processus production.

Cela ne peut être le cas sauf si l'entreprise dispose d'une maintenance Réactif et Proactif, qui veille sur la disponibilité, la fiabilité et la sécurité de ces équipements. L'étude du département maintenance à l'usine de Bouskoura fera l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE 2 :

Présentation de la fonction maintenance au sein de l'unité

I. Généralité sur la maintenance

1.1. Introduction

La fonction maintenance a été pendant longtemps, considérée comme une fonction secondaire dans l'entreprise entraînant des dépenses non productives. Aussi, se limitait-elle jusqu'au XIXème siècle à des opérations de graissage, de nettoyage et de réparation des pannes. Mais des accidents portant atteinte à la sécurité ont été à l'origine de l'élaboration d'une réglementation des visites des équipements au début du XIXème siècle. Ce genre de maintenance dit " systématique " étant très coûteux a entraîné dans les années soixante la naissance de la maintenance conditionnelle ou " par diagnostique ", ainsi que la prise en considération de l'aspect économique et le recours, d'une façon plus accentuée, vers la prévision de la défaillance.

1.2. Définition

La maintenance est défini comme étant «l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé» (norme AFNOR X 60-010). Maintenir, c'est donc effectuer des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration, vérification, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production ainsi que la sécurité d'opération.

1.3. Objectifs de la maintenance

Les objectifs que la maintenance réalise à travers son organisation, sa gestion et ses interventions, sont très nombreux. Ils peuvent toutefois être groupés en sept axes :

- La disponibilité ;
- L'économie ;
- La qualité ;
- La durabilité ;
- La sécurité ;
- La productivité ;
- La protection de l'environnement.

1.4. Types de la maintenance

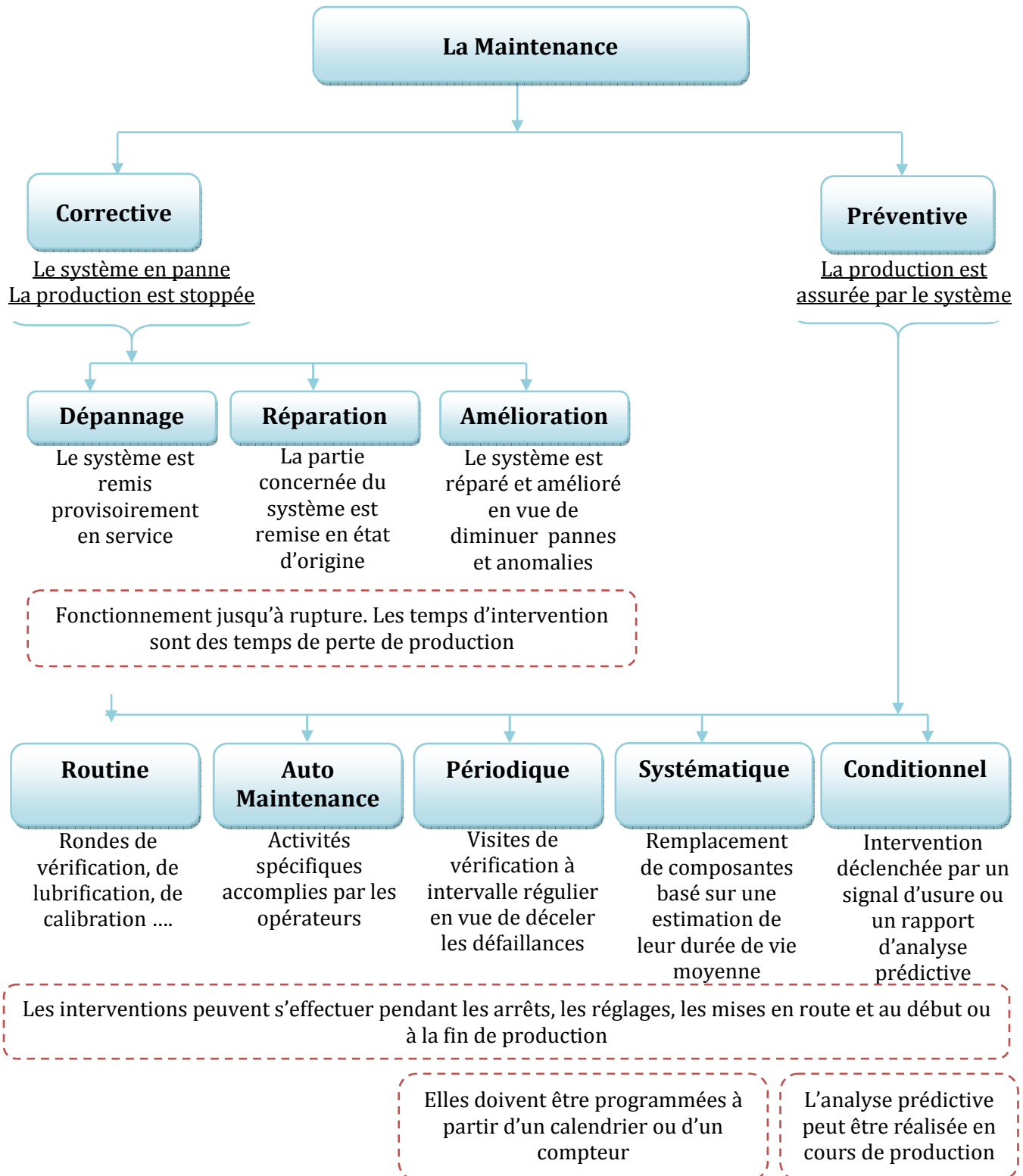


Figure 2.1. : Classification des types de la maintenance.

1.5. Critères de choix d'un type de maintenance

La mise en place d'une politique de maintenance corrective / prévisionnelle nécessite une analyse rigoureuse du système de production, des modes de dégradation, des paramètres physiques pertinents, des moyens à mettre en œuvre, des coûts induits, des objectifs en disponibilité et en gain économique, des qualifications du personnel, des réticences des personnels et des conséquences sur l'organisation générale du service. L'organigramme suivant représente la démarche suivie pour le choix d'un type de maintenance :

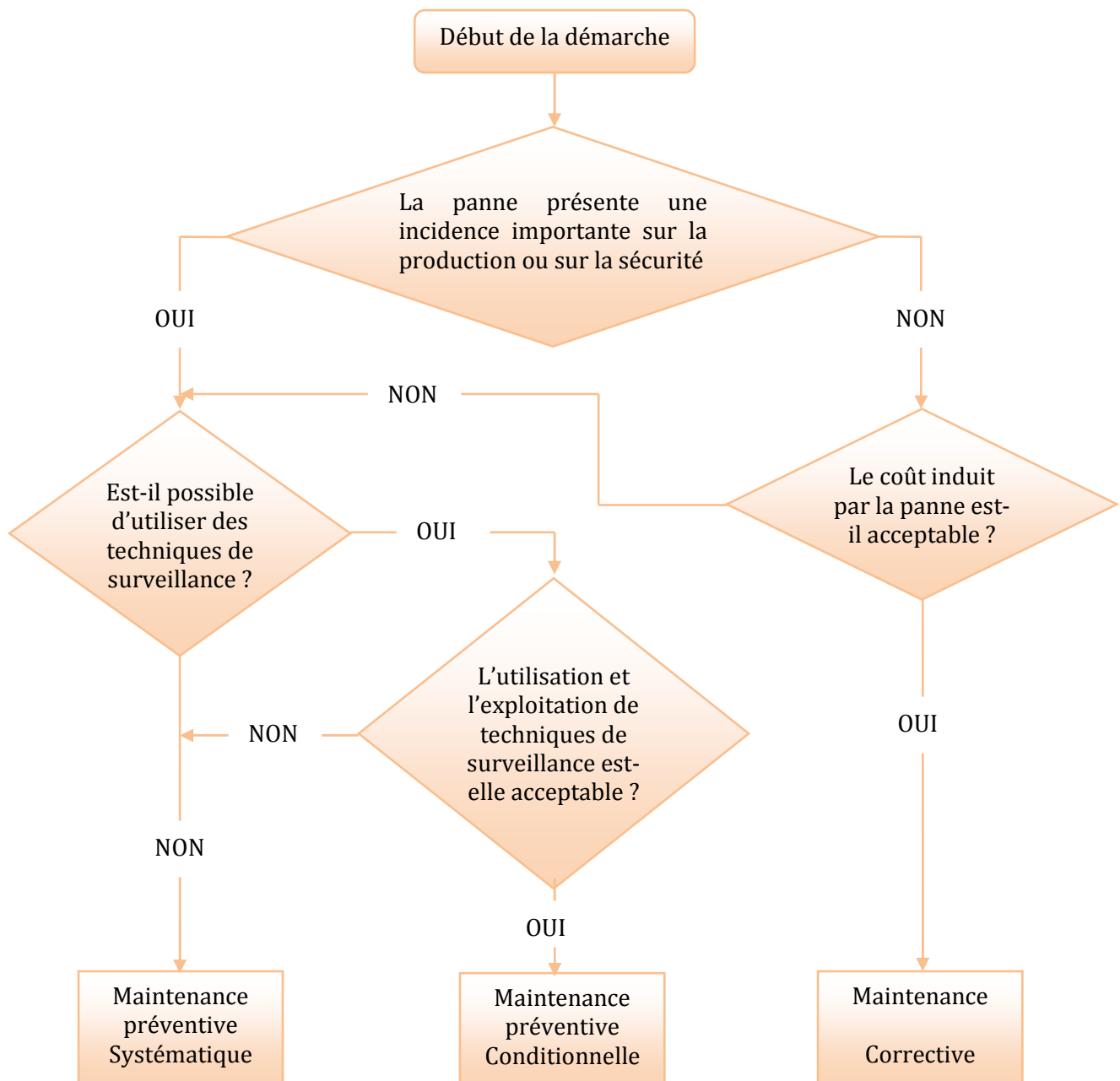


Figure 2.2 : Démarche suivie pour le choix d'un type de maintenance.

II. Département Maintenance, Lafarge du Maroc Bouskoura :

2.1 Introduction :

Dans l'intérêt de réaliser une étude sur le poste charbon A&B et de déceler sa faiblesse, afin de proposer des actions d'amélioration, il s'est avéré nécessaire de commencer par une description de l'organisation de la maintenance au sein de Lafarge Bouskoura.

2.2 Missions et objectifs :

Le département maintenance est appelée à remplir les missions suivantes:

- assurer la continuité de marche de l'outil de production (diagnostic, réparation, révisions et prévention) ;
- faire les modifications demandées en accord avec la production pour améliorer la productivité ;
- mettre en place et vérifier les dispositifs de sécurité tant pour le personnel que pour les installations.

Ses principaux objectifs peuvent être résumés en :

- Améliorer la disponibilité de l'équipement de production par :
 - ✓ Une diminution des pannes et défaillances et augmenter ainsi la fiabilité des équipements;
 - ✓ La mise en place d'un système de suivi des indicateurs de performances, notamment la disponibilité des équipements ;
- Améliorer la qualité du service par la mise en place de relation de type Client / Fournisseur entre la Production et la Maintenance;
- Diminuer les coûts de maintenance par un suivi rigoureux de tous les paramètres qui y entrent (main d'œuvre, matières ...).

2.3 Structure organisationnelle :

L'organisation du département maintenance est du type maintenance centralisée c'est-à dire que le département est distinct de la production et regroupe tous ses services techniques et équipes d'intervention (voir organigramme).

Le choix d'une telle structure organisationnelle découle du fait de la haute technicité des équipements, d'une forte contrainte de sécurité et de réglementations diverses.

Cette organisation est très favorable car elle permet des facilités à la gestion des compétences, des variations de charge de travail, la standardisation des méthodes et des pièces, l'économie d'échelle.

2.4 Organigramme :

Le département maintenance est organisé de la manière suivante:

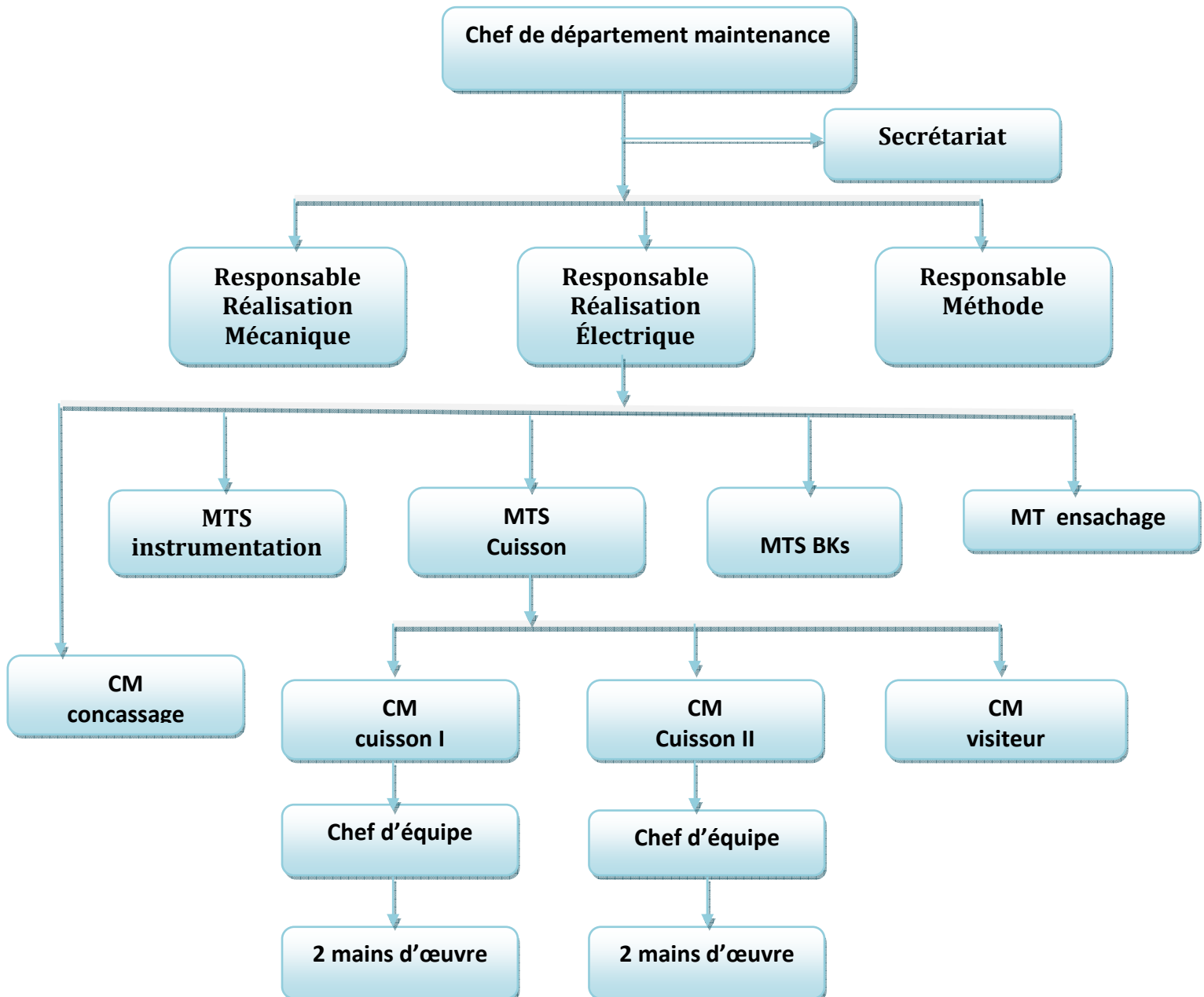


Figure 2.3. : Organisation générale du département maintenance.

Responsable réalisation Electrique :

C'est un ingénieur de formation Electrique, sous la direction du chef de département Maintenance. De ces missions :

- veiller au bon fonctionnement de l'ensemble des équipements, à la qualité des travaux électriques et au respect des délais planifiés,
- Faire appliquer les règles de sécurité, protection de l'environnement et de la qualité.

2.5 Relation du département maintenance avec les différents directions et départements :

Département Maintenance à Lafarge Bouskoura joue un rôle remarquable et jouit d'une place très importante dans l'activité de l'unité, en rentrant en interaction avec les autres départements à l'unité, et les directions à l'échelle du groupe.

a) Relation avec la direction « Projet et Maintenance » :

Elle vise à établir:

- ✓ Les consignes d'utilisation de conduite et de surveillance du matériel ;
- ✓ Implication dans les procédures de certification ;
- ✓ Le niveau de sécurité du matériel et du personnel ;
- ✓ Etude de renouvellement et amélioration des équipements ;
- ✓ Étude et préparation de nouveaux projets.

b) Relation avec le département « Production » :

- ✓ Planification des travaux préventifs ;
- ✓ Formation des opérateurs sur les machines et les précautions du travail.

c) Relation avec le service «Sécurité et environnement» :

- ✓ Assurer la sécurité du personnel et du matériel ;
- ✓ Aménagement des postes de travail ;
- ✓ Préserver l'état du matériel de production ;
- ✓ Veiller au respect des normes du groupe dans le cadre de la protection de l'environnement ;
- ✓ Participer à l'analyse des accidents de travail.

d) Relation avec la direction « Achat » :

- ✓ Consiste à Faire passer les commandes d'approvisionnement ;
- ✓ Etablir et faire respecter le cahier des charges des équipements de production ;
- ✓ Aider à régler les problèmes liés à la garantie des équipements.

e) Relation avec le département « Ressources humaines » :

- ✓ La maintenance participe dans la gestion du personnel (qualification, formation, évolutions de carrières...).

f) Relation avec le département « Contrôle et Gestion » :

- ✓ Contrôle des dépenses de la maintenance ;
- ✓ Contrôle des performances de département.

2.6 Les procédures de travail :

Ces procédures permettent de poser en vérité toute, les étapes essentiels pour le commencement, la préparation et l'exécution des travaux courants ou programmés ainsi des inspections planifiées.

À Lafarge Maroc usine de Bouskoura on parle de :

- ✓ la maintenance conditionnelle ;
- ✓ les arrêts subis ;
- ✓ les arrêts programmés.

a) Démarche suivie pour la maintenance conditionnelle :

Elle est effectuée sur la base de critère d'acceptation préétablis, elle concerne :

- L'analyse des huiles pour les centrales hydrauliques et lubrification ;
- L'analyse vibratoire ;
- La prise des mesures pour relever les indices d'usure/dégradation et les jeux mécaniques sur les équipements critiques (Four, Broyeurs, Concasseur, les élévateurs ...).

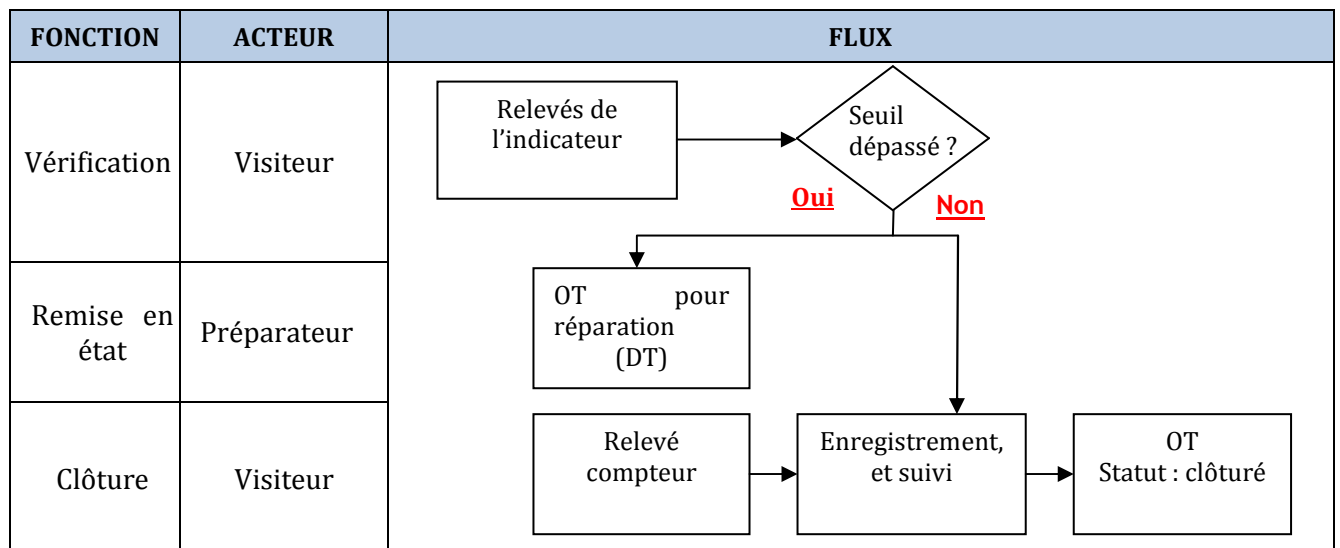


Figure 2.4 : Démarche pour la maintenance conditionnelle.

b) Démarche pour les arrêts subis :

Les arrêts subis se basent soit sur des déclarations de la part du département production après détection de la panne, dans ce cas on parle des AVIS N4, soit sur des visites périodiques (Visiteur) programmées par le service méthodes maintenance mécanique, pour déceler les anomalies.

Projet de fin d'étude

A l'issue de chaque visite, le visiteur doit rédiger un rapport sur lequel, il présente l'état du bien s'il nécessite une intervention AVIS N2, ces interventions sont classées en trois catégories:

- Très urgente ;
- A programmer à court terme ;
- A programmer à long terme (arrêts programmés).

La figure ci-dessous présente la démarche suivie pour les arrêts subis :

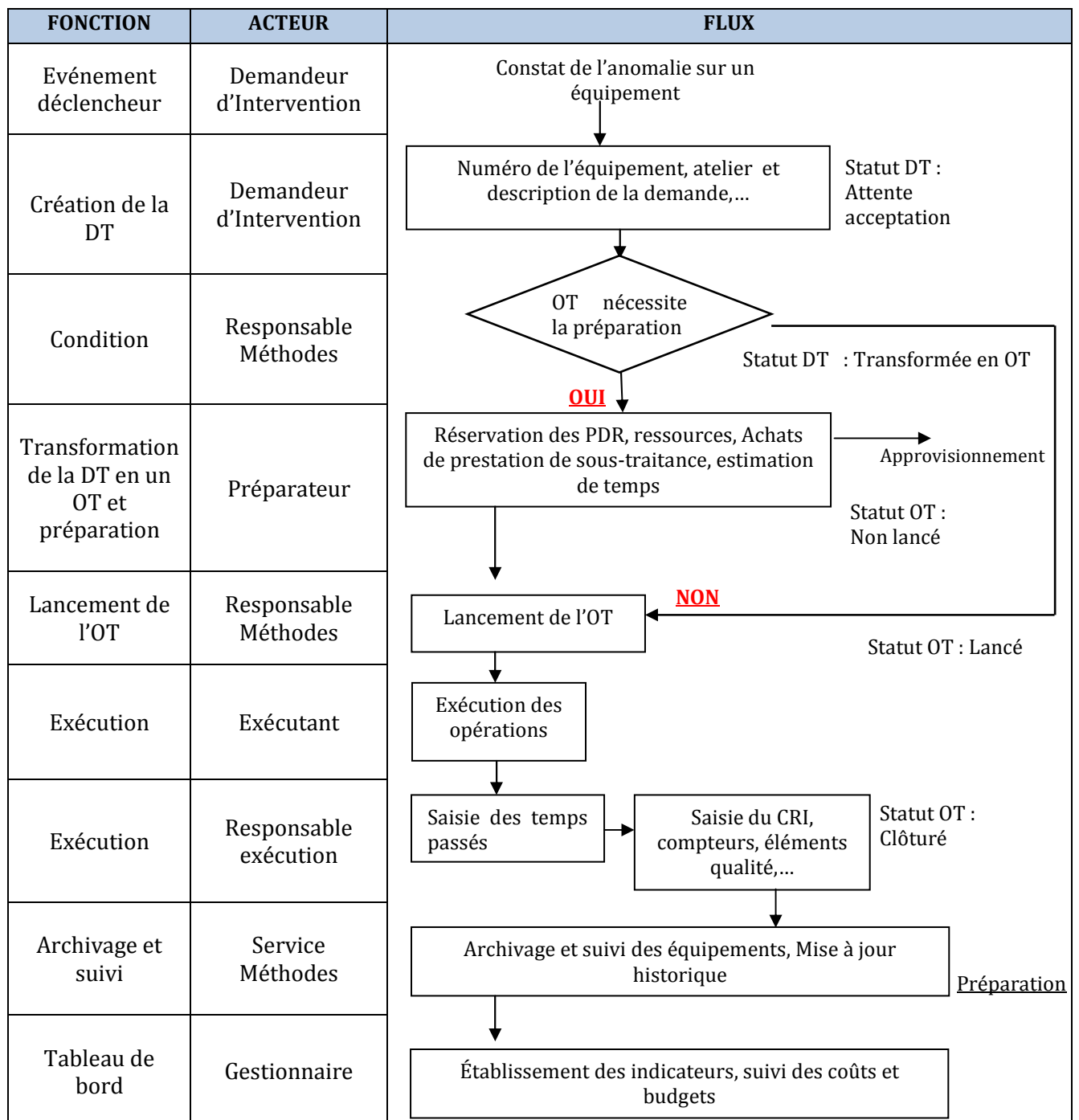


Figure 2.5 : Démarche pour les arrêts subis.

c) Démarche pour les arrêts programmés :

Ce sont les travaux de révisions systématiques établies par le service méthode, les grands entretiens GE, et les travaux de grosse intervention spécifique nécessitant un arrêt d'un jour ou plus.

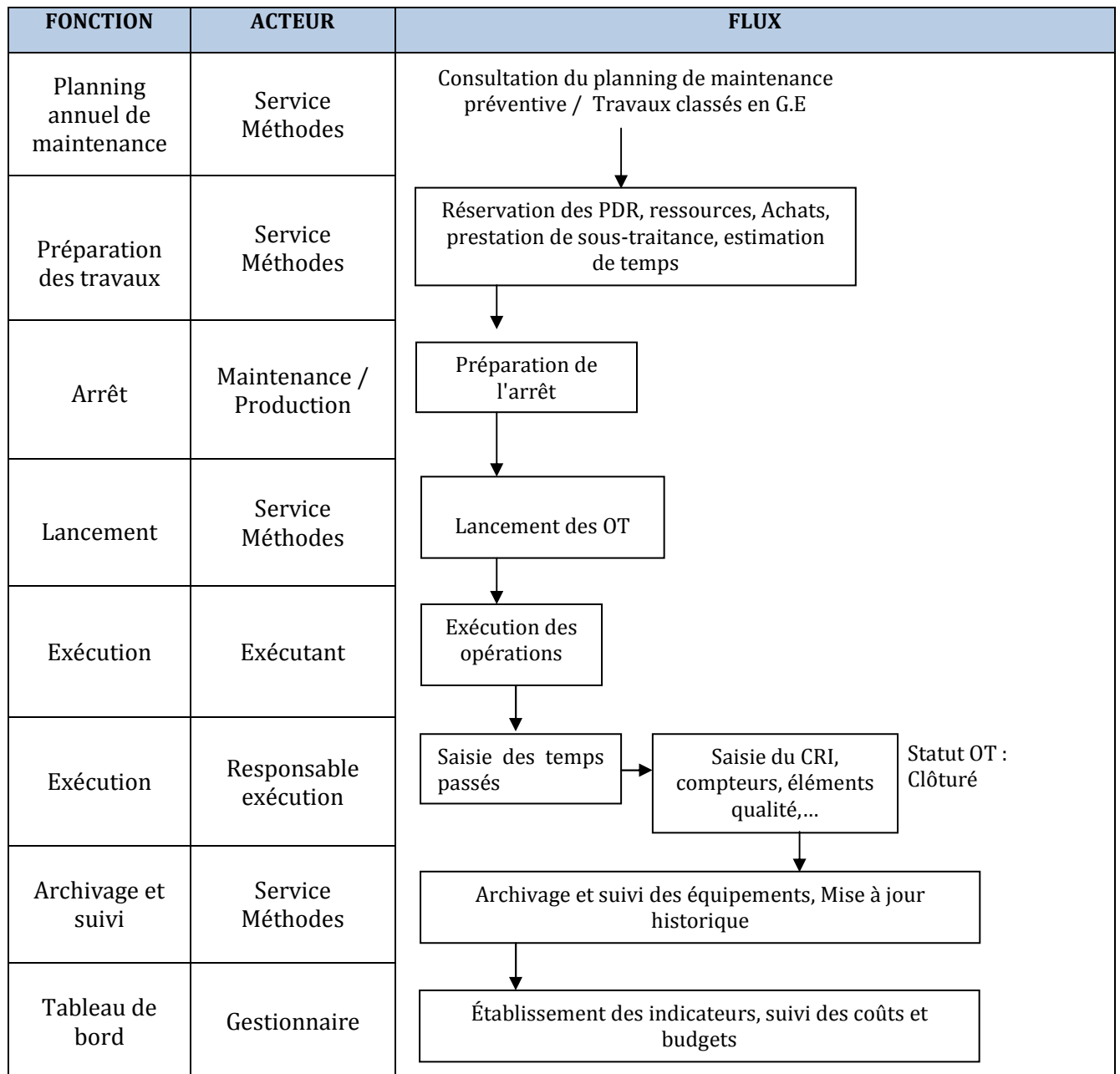


Figure 2.6 : Démarche pour les arrêts programmés.

OT : Ordre de Travail.

PDR : Pièce de rechange.

DT : Demande de Travail.

CRI : Compte-rendu d'intervention.

Conclusion

La description de l'état actuel du département maintenance nous a permis d'avoir une vision globale de celui-ci, de relever quelques problèmes relatifs à l'organisation et la structure du service, le suivi technique des équipements, le suivi des travaux et l'absence des indicateurs d'évaluation de l'état de la maintenance.

Le chapitre suivant illustre l'architecture et schémas électriques du poste charbon A&B.

CHAPITRE 3 :

Architecture et schémas électriques du poste charbon A&B

I. Présentation de l'architecture du poste charbon A&B :

1.1 Définition :

Dans le cadre du cahier des charges qui nous a été confié, il était question de traiter toute la nouvelle installation du poste charbon A&B, a commencer par la nouvelle architecture du poste.

1.2 Objectifs :

L'objectif principal est d'améliorer l'organisation des armoires, ainsi que l'installation de nouvelles armoires en vue des nouvelles installations prévu pour ce poste. Cela se passe par :

- ⇒ Une bonne mise en place des armoires, car on a remarqué dans l'état actuelle du poste qu'il est mal organisé et condenser.

1-3 Réalisation de l'architecture du poste :

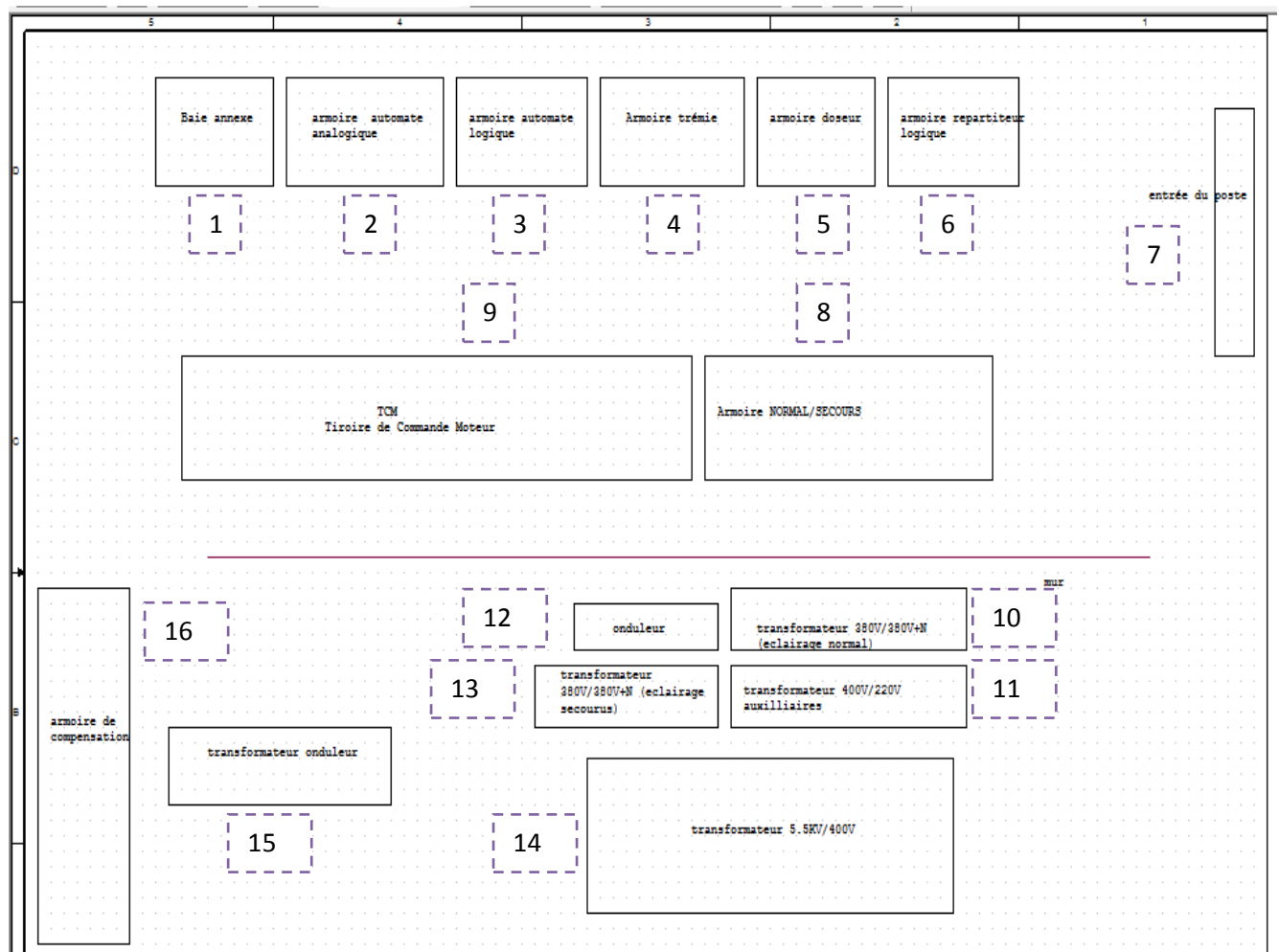


Figure3.1 : Nouvelle architecture du poste charbon A&B.

- 1 : Baie annexe ;
- 1 : Armoire automate analogique ;
- 2 : Armoire automate logique ;
- 3 : Armoire trémie ;
- 4 : Armoire doseur ;
- 5 : Armoire répartiteur logique ;
- 6 : Entrée du poste ;
- 7 : Armoire N/S ;
- 8 : Tiroirs de commande moteur ;
- 9 : Transformateur 380V/380V+N (éclairage normal) ;
- 10 : Transformateur 400V/220V auxiliaires ;
- 11 : Onduleur ;
- 12 : Transformateur 380V/380V+N (éclairage secours) ;
- 13 : Transformateur 5.5KV/400V ;
- 14 : Transformateur onduleur ;
- 15 : Armoire de compensation.

II. Schémas électriques du poste :

2.1 Définition :

A cause du manque de maintenance consacré à ce poste, on a constaté l'inexistence des documents en rapport avec les travaux effectués au cours des années précédentes, pour cela, la réalisation des schémas électriques était une étape prioritaire dans notre étude.

Pour la réalisation de cette tâche on a opté pour le logiciel Auto CAD qui réalise les schémas électriques.

2.2 Objectifs :

Les exigences de l'usine Lafarge Bouskoura étaient de faire les réalisations d'une Armoire Normal/Secours qui contient les équipements qui doivent rester sous tension en cas de panne, et une armoire de compensation d'énergie réactive dans le but de l'amélioration du $\cos \varphi$.

2.3 Schéma électrique global du poste :

Le schéma ci-dessous donne une vision globale sur le poste :

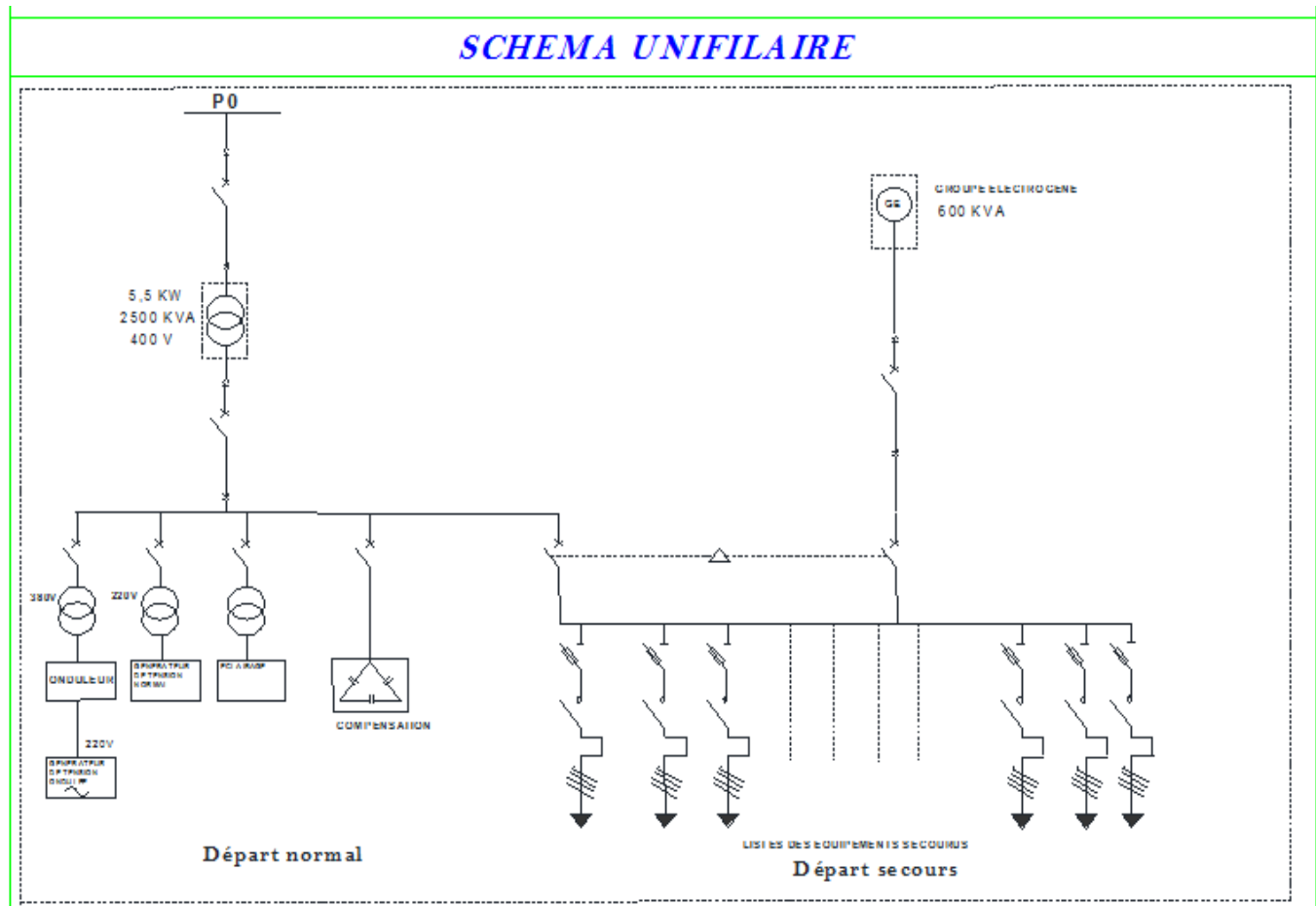


Figure3.2 : Schéma global de l'installation du poste charbon A&B.

Dans ce schéma, on a fait la répartition des armoires, précisant le contenu de chacune d'elles. Les équipements qui doivent être relié à chaque transformateur et les équipements à secourir.

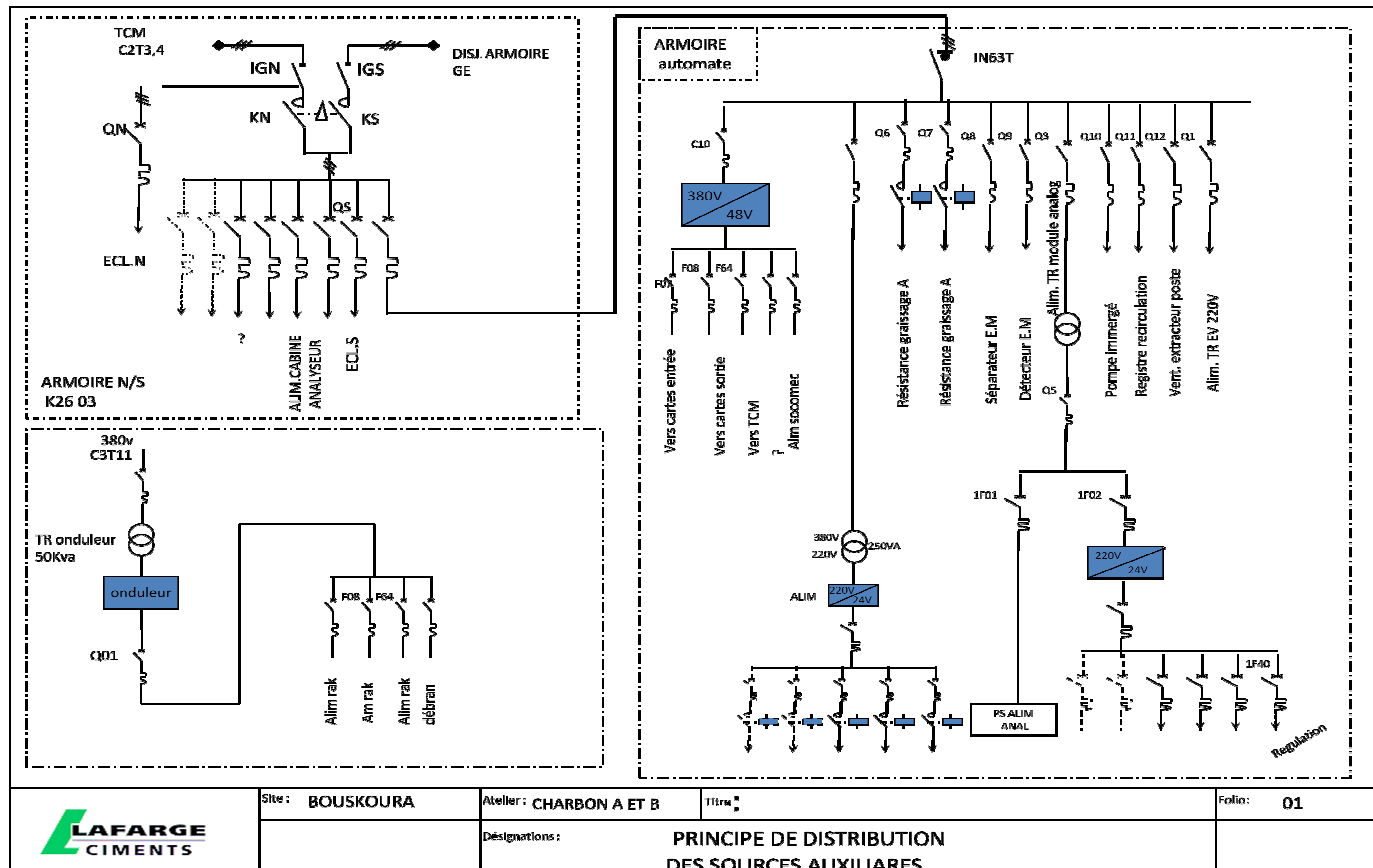


Figure 3.3 : Schéma de distribution des armoires.

Conclusion :

Dans ce chapitre, il était question de proposer une nouvelle architecture du poste, en prenant en compte une meilleure distribution des armoires en fonctions de leurs rôles et de leurs utilisations, il était question également de proposer des nouveaux schémas électriques du poste, ainsi que les schémas des armoires.

Nous présentons dans le chapitre qui suit, bilan de puissance et dimensionnement de l'inverseur Normal/Secours.

CHAPITRE 4 :

Présentation de l'inverseur Normal/secours, Bilan de puissance et Dimensionnement

Dans l'audit qu'on a fait sur le poste charbon A&B, on a constaté qu'en cas de panne le poste perturbe la continuité de service. C'est pour cela il a été nécessaire de réaliser une armoire Normale/Secours qui a pour rôle d'assurer la remise sous tension des équipements nécessaires pour cette continuité.

I. Présentation de l'inverseur Normal/Secours :

1.1 Définition :

L'inverseur de source (automatique ou manuelle) Normal/Secours permet la commutation entre une source d'alimentation principale appelée «NORMALE» et une source d'alimentation de remplacement (groupe électrogène ou énergie renouvelable) dite «SECOURS».

1.2 Objectif :

L'objectif principal est d'assurer la continuité de service en cas de coupure d'alimentation.

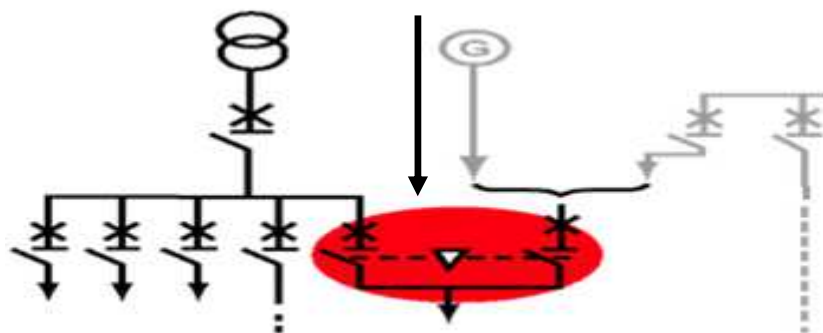
1.3 Principe de fonctionnement:

Le coffret assure la surveillance de la ligne principale d'alimentation en tension et en fréquence; si l'un de ces 2 paramètres sort des limites qui ont été définies par l'utilisateur (par programmation sur le coffret lui-même) le coffret ferme un contact sec (après un temps également défini par l'utilisateur compris entre 0,1 seconde et 900 secondes) qui donne l'ordre de démarrage au groupe électrogène.

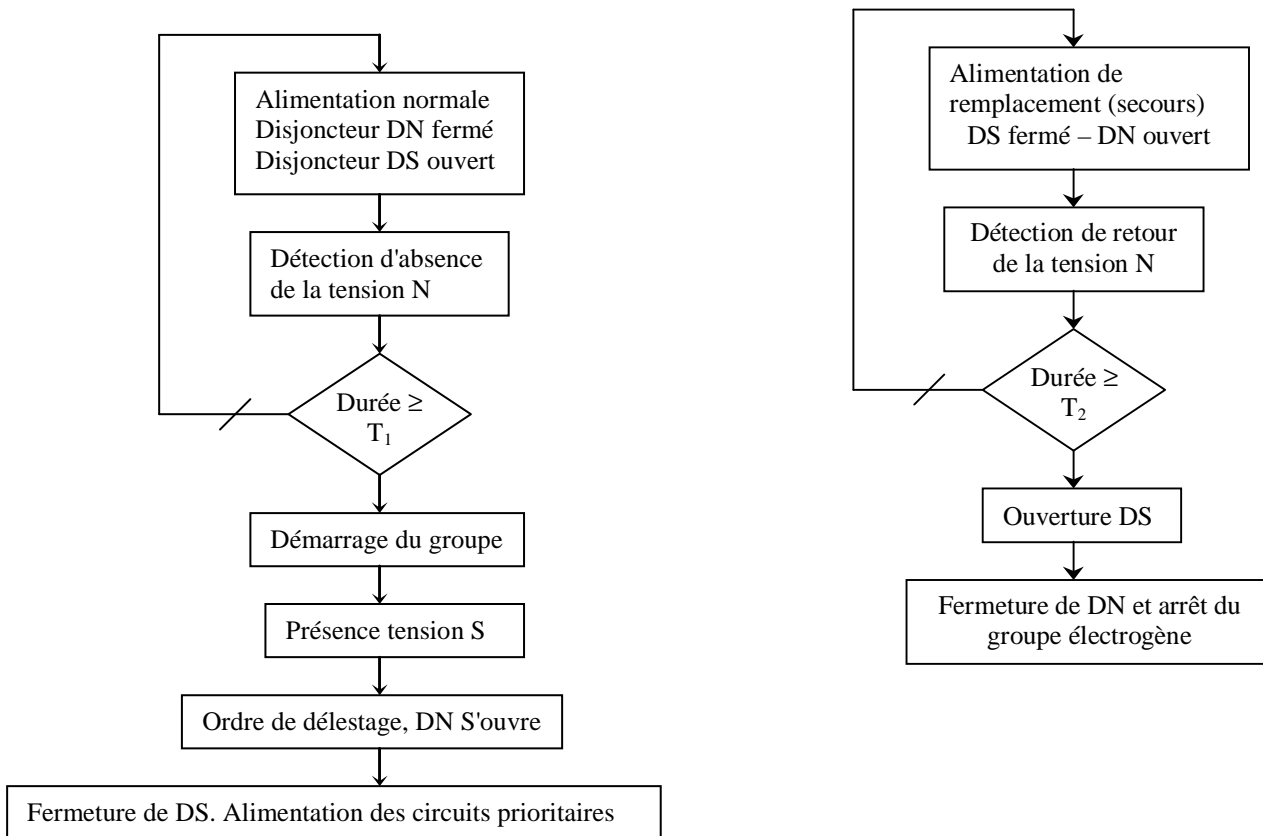
Lorsque la tension et la fréquence du groupe électrogène sont dans les tolérances définies par l'utilisateur, le coffret assure la fermeture des contacteurs de puissance de la ligne de secours et l'utilisateur est ainsi à nouveau alimenté.

Lorsque la ligne principale est à nouveau disponible, le coffret assure le basculement de l'utilisation sur la ligne principale (après un temps défini par l'utilisateur) et ouvre le contact de commande du groupe électrogène pour que celui-ci cesse de fonctionner.

Inverseur Normal/Secours



1.4 Organigramme de permutation :



Pour éviter la mise en route de l'alternateur (réduction des coûts) par des coupures de quelques secondes, on temporise l'inverseur de source. La temporisation T_1 est réglable de 0,1 s à 30 s. Quand le défaut est éliminé (retour du réseau), il faut effectuer le retour à la marche normale.

II. Identification des équipements à secourir et relevé de puissance :

2.1 Equipements à secourir:

D'après le schéma électrique de l'installation du poste charbon A&B ci-dessous, on a identifié les équipements nécessaires à secourir qui sont :

- Pompe Moller ;
- Sas Pompe Moller ;
- Doseur préca ;
- Vis N°1 remplissage trémie préca 3m3 ;
- Vis N°2 remplissage trémie préca 3m3 ;
- Surpresseur Normal ;
- Surpresseur Secours ;
- Surpresseur Transfet ;
- Installation inertage ;
- Ventilateur filtre trémie pesée ;
- Moteur doseur préca .

Projet de fin d'étude

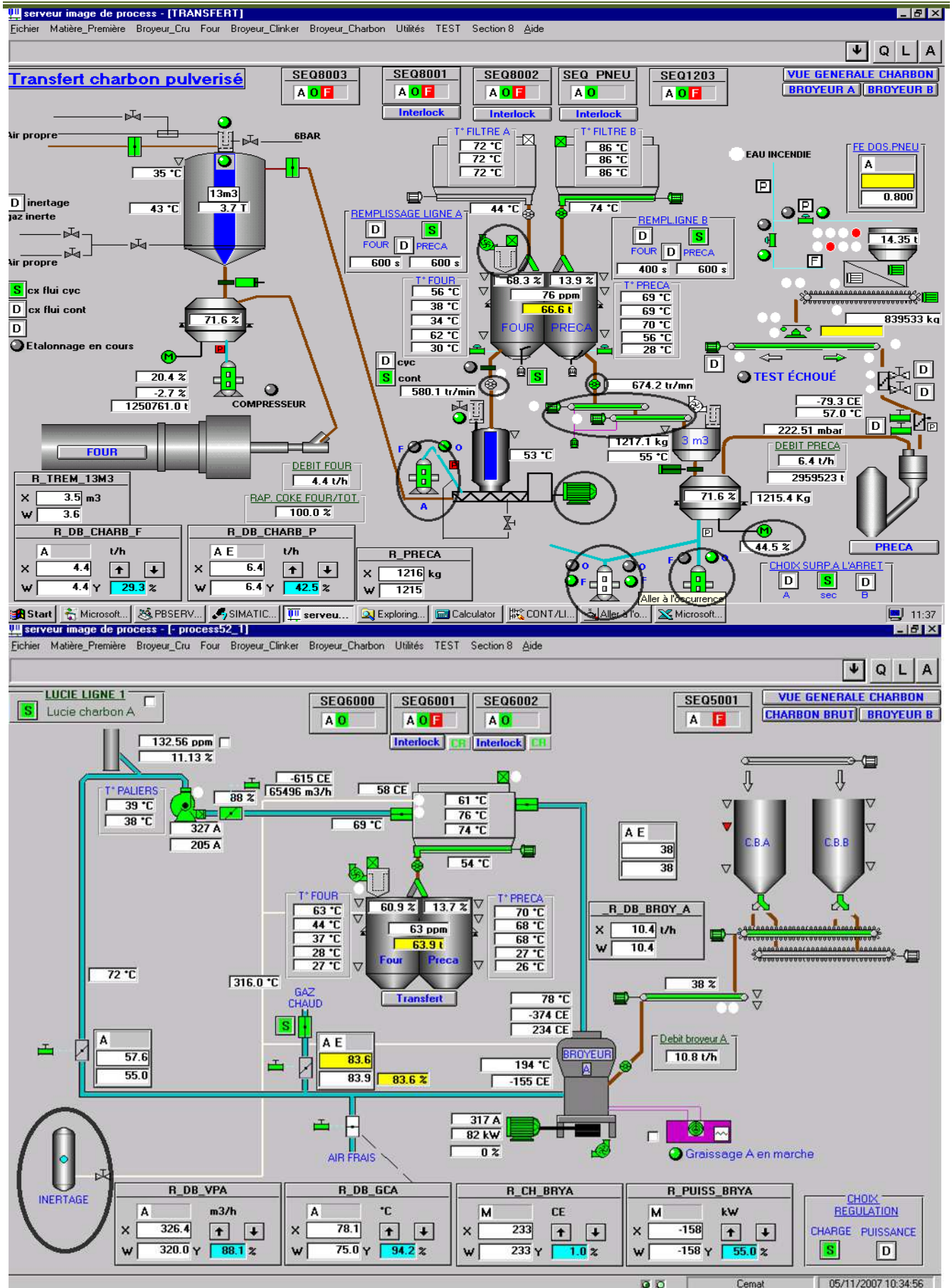


Figure 4.1 : synoptique du poste charbon ligne 1.

2.2 Relevé de puissance :

❖ Normes :

L'étude est menée conformément aux normes en vigueur. De manière générale, pour la conception des réseaux MT et BT, on a recours aux normes suivantes :

- ✓ NF C 15-100 (décembre 2002) : "Installations électriques à basse tension»,
- ✓ NF C 13-100 : "Postes de livraisons HTA/BT raccordés à un réseau de distribution de 2e catégorie",
- ✓ NF C 13-101 : "Postes semi enterrés préfabriqués sous enveloppe",
- ✓ NF C 13-102 : "Postes simplifiés préfabriqués sous enveloppe",
- ✓ NF C 13-103 : "Postes sur poteau",
- ✓ NF C 17-100 : Installation des parafoudres à tige simple,
- ✓ NF C 17-102 : Installation des parafoudres à dispositif d'amorçage,
- ✓ NF C 13-200 (version 2009 en préparation) : "Installations électriques à haute tension".

❖ Présentation des coefficients de foisonnement :

Du fait que les récepteurs ne fonctionnent pas tous ni en même temps ni à pleine charge, des facteurs de simultanéité (k_s), d'utilisation (k_u) et de charge (K_e) ont été introduits pour valoriser la puissance apparente maximale réellement absorbée par chaque récepteur et groupes de récepteurs.

➤ **Le coefficient de simultanéité K_s :**

Tous les récepteurs installés ne fonctionnent pas simultanément, c'est pourquoi il est permis d'appliquer aux différents récepteurs des coefficients de simultanéité.

Le facteur de simultanéité s'applique à chaque groupement de récepteurs (exemple au niveau d'un tableau terminal, d'un tableau divisionnaire, d'une armoire...).

La détermination de ces facteurs de simultanéité implique la connaissance détaillée de l'installation et de ses conditions d'exploitation. Des valeurs précises applicables à tous les cas ne peuvent donc pas être précisées. Cependant les normes NF C 14-100, NF C 15-100, NF C 63-410 et le guide UTE C 15-105 donnent des indications sur ce facteur.

○ Cas général

Utilisation		Ks
• Eclairage		1
• Chauffage et conditionnement d'air		1
• Prise de courant (n: nbres de prises)		$0.1 + (0.9 / n)$
• Moteurs	Moteur le plus puissant	1
	Moteur suivant	0.75
	Autres moteurs	0.60

○ Cas des armoires de distribution

Nombre de circuits	Ks
• 2 et 3	0.9
• 4 et 5	0.8
• 6 et 9	0.7
• 10 et plus	0.6

➤ **Le coefficient d'utilisation Ku :**

Dans le régime de fonctionnement normal d'un récepteur, la puissance utilisée est souvent inférieure à sa puissance nominale, d'où la notion du facteur d'utilisation. Un moteur électrique par exemple n'est généralement jamais utilisé à sa pleine capacité de charge).

TYPE DE RECEPTEUR	Ku
Chauffage ou éclairage	1
Prises de courant (hors indication particulière)	1
Moteurs électriques	0.75

➤ **Le coefficient de réserve ou de charge Ke :**

Le rôle du facteur de réserve, également appelé facteur d'extension ou facteur de charge est de prévoir une augmentation de la puissance absorbée.

Le coefficient varie de 1,15 à 1,25, on prend généralement $Ke = 1,25$.

❖ **Tableau de Relevé de puissance :**

Pour le calcul des puissances, on utilise les formules suivantes :

La puissance absorbée par un récepteur est déterminée à partir de sa puissance nominale coefficientée de son rendement et de son $\cos \varphi$, indiquée par (1) :

$$Pa = Pn / \cos \varphi * \eta$$

Où η : Le rendement, donné égal à 0.95.

Projet de fin d'étude

La puissance absorbée s'exprime en VA et correspond à la puissance apparente S.

La puissance d'utilisation est déterminée à partir de sa puissance absorbée et le coefficient d'utilisation K_u , indiquée par (2) :

$$P_u = K_u * P_a \text{ en (KW)}$$

La puissance réactive s'exprime en KVAR :

$$Q = P_u * \tan \varphi$$

On a $\cos \varphi = 0.8 \rightarrow \varphi = 36.86 \rightarrow \tan \varphi = 0.75$

<i>Equipements</i>	P (KW)	I (A)	Ku	cos fi	Pa(KVA)	Pu(KW)	Q(KVAR)	S(KVA)
Pompe Moeller	30	58	0.75	0.8	39.47	29.60	22.2	37
Sas Pompe Poeller	1.5	3.5	0.75	0.8	1.97	1.47	1.10	1.83
Doseur Préca	6	17,4	0.75	0.8	7.89	5.91	4.43	7.38
Vis N°1 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	7.5	15	0.75	0.8	9.86	7.39	5.54	9.23
Vis N°2 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	5.5	12	0.75	0.8	7.23	5.42	4.06	6.77
Surpresseur Normal	90	158	0.75	0.8	118.42	88.81	66.60	111
Surpresseur Secours	90	158	0.75	0.8	118.42	88.81	66.60	111
Surpresseur Transfert	90	158	0.75	0.8	118.42	88.81	66.60	111
Installation Inertage	60VA	0.3	0.75	0.8	0.06	0.05	0.03	0.06
Vent Filtre Trémie Pesée	3	6	1	0.8	3.94	2.95	2.21	3.68
Moteur Doseur Préca	5.5	11.5	0.75	0.8	7.23	5.42	4.06	6.77

Tableau 4.1 : Relevé de puissance des équipements à secourir.

Avec les grandeurs suivantes:

P : La puissance nominale.

I : Le courant nominal.

Cos φ : Le facteur de puissance nominal.

III. Bilan de puissance :

Pour pouvoir dimensionner les différents éléments de l'installation étudiée et détecter les différentes anomalies dans l'installation, on doit faire le bilan de puissance détaillé qui nous permettra de :

- ↳ Relever les grandeurs nominales des différents équipements de l'installation.
- ↳ Connaître la puissance consommée par rapport à la puissance installée.
- ↳ Constituer une idée sur le bon fonctionnement des équipements.

Pour cela on a établi le bilan de puissance des équipements à secourir à l'aide des coefficients de foisonnement.

Le résultat de ces calculs est donné dans le tableau qui suit (2) :

$$Ps = Pu * Ks \text{ en (KVA)}$$

$$Sn = Ps \text{ totale} * Ke \text{ en (KVA)}$$

<i>Equipements</i>	<i>P (KW)</i>	<i>Pa(KVA)</i>	<i>Ku</i>	<i>Pu(KVA)</i>	<i>Ks</i>	<i>Ps(KVA)</i>
Pompe Moeller	30	39.47		29.60		17.76
Sas Pompe Poeller	1.5	1.97		1.47		0.88
Doseur Préca	6	7.89		5.91		3.54
Vis N°1 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	7.5	9.86		7.39		4.43
Vis N°2 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	5.5	7.23		5.42		3.25
Surpresseur Normal	90	118.42	0.75	88.81	0.6	53.28
Surpresseur Secours	90	118.42		88.81		53.28
Surpresseur Transfert	90	118.42		88.81		53.28
Installation Inertage	60VA	0.06		0.05		0.03
Vent Filtre Trémie Pesée	3	3.94		2.95		1.77
Moteur Doseur Préca	5.5	7.23		5.42		3.25
				Ps TOTALE		194.75

Sn= Ps totale * Ke
Sn=194.75*1.25=243.43kva

Tableau 4.2 : Bilan de puissance des équipements à secourir.

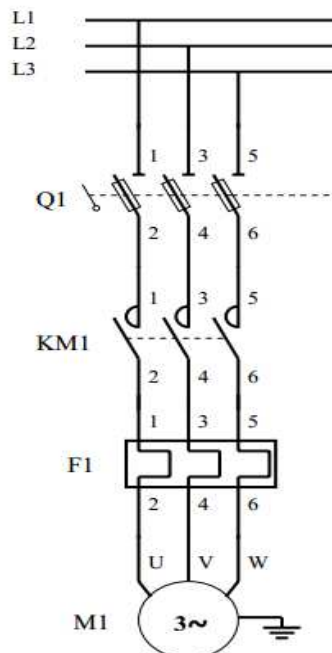
IV. Dimensionnement de l'inverseur Normal/Secours :

Afin de déterminer les courants de court-circuits de tous les équipements , on doit passer par 3 étapes :

- ➔ Détermination des sections des câbles.
- ➔ Détermination des chutes de tension admissibles.
- ➔ Détermination des courants de court-circuit (I_{cc}).

4.1 Schéma électrique unifilaire :

Le démarrage des moteurs du poste charbon A&B est direct.



Ce démarrage est constitué de :

- ↷ Q1 : Sectionneur porte fusible : assure isolation entre le réseau et le circuit de puissance moteur. Les fusibles protègent l'alimentation du moteur contre les court-circuit.
- ↷ KM1 : Contacteur : permet la commande du moteur à partir du circuit de commande.
- ↷ F1 : Relais thermique : Protège le moteur contre les surcharges.

Le transformateur, le groupe électrogène et l'inverseur Normal/ Secours sont protégés par :

- ↷ Disjoncteur : assure la protection contre les surcharges de tout type.



Disjoncteur

La structure du réseau étant choisie comme ci-dessous :

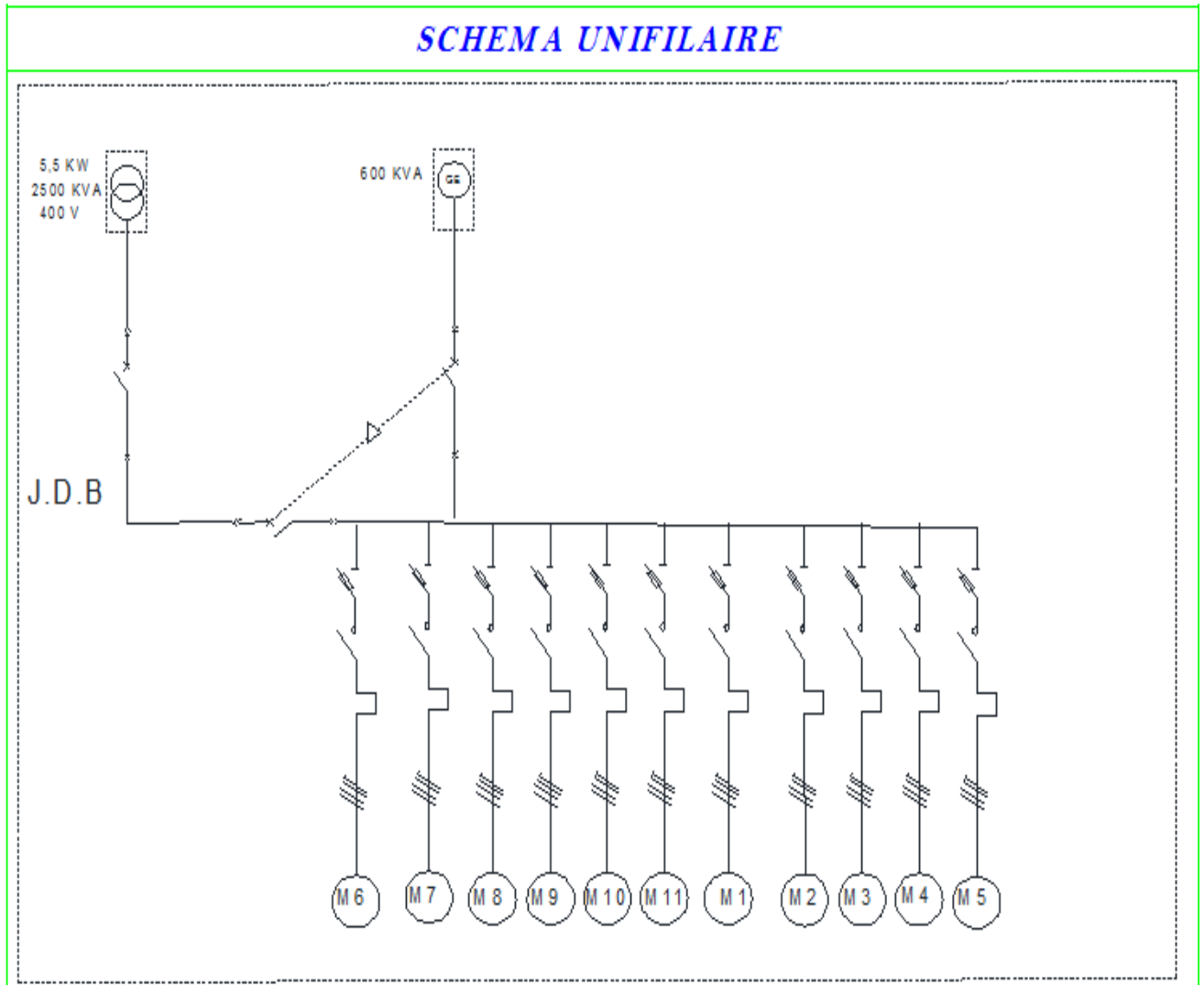


Figure 4.2 : Schéma électrique de l'installation secours du poste.

4.2 Dimensionnement de l'installation Electrique :

Une installation électrique est un ensemble cohérent d'appareillage, câbles, circuits et récepteurs. Le dimensionnement d'une installation électrique implique le choix optimal des éléments de l'appareillage, les câbles et les récepteurs.

4.2.1 L'appareillage :

Trois fonctions de base à assurer par le biais de l'appareillage électrique :

- **La fonction protection :**

Il existe plusieurs types de protection :

- La protection des biens (les équipements et câbles)
- La protection des personnes contre les contacts indirects
- La protection des machines contre l'échauffement

- **La fonction sectionnement :**

Le sectionnement d'un circuit implique son isolation du reste de l'installation, dans le but de la sécurité des personnes en cas de maintenance.

- **La fonction commande :**

Permet de mettre en tension ou hors tension un circuit, on distingue essentiellement :

- ✓ La commande des machines par des contacteurs.
- ✓ La coupure d'arrêt d'urgence.
- ✓ La coupure pour entretien mécanique.

4.2.2 La mise à la terre :

- **Les masses :**

Le terme de masse désigne essentiellement les parties métalliques accessibles des matériels électriques séparées des parties actives par une isolation principale seulement, mais susceptibles d'être mises accidentellement en liaison électrique avec des parties actives par suite d'une défaillance des dispositions prises pour assurer leur isolation. Cette défaillance peut résulter de la mise en défaut de l'isolation principale ou des dispositions de fixation et de protection.

- **Les types de schéma liaison à la terre :**

Les schémas TT et TN-S sont utilisés de préférence dans les installations de chantier.

Le schéma TN-C peut être utilisé dans la partie fixe des installations, c'est-à-dire dans la partie comprise entre l'origine de l'installation et l'ensemble comprenant l'appareil général de commande et les dispositifs de protection principaux.

Le schéma IT peut être utilisé lorsqu'il est nécessaire d'éviter la coupure au premier défaut à la terre dans des cas particuliers et pour une partie d'installation (par exemple, alimentation d'un réseau de pompes de rabattement de nappe d'eau, alimentation de ventilateurs d'aération).

Mais ce schéma entraîne de lourdes sujétions : protection du conducteur neutre, limitation des longueurs de canalisations pour la protection au deuxième défaut ; en outre, l'isolement doit être surveillé par un contrôleur permanent d'isolement et la signalisation d'un premier défaut nécessite la recherche et l'élimination rapide de ce défaut.

Pour les installations du poste charbon A&B la liaison utilisée est IT.

4.2.3 Les Câbles :

Les câbles sont considérés comme les piliers d'une installation électrique, en outre un surdimensionnement engendre des surcoûts dans la réalisation du projet, par contre un sous

Projet de fin d'étude

dimensionnement peut engendrer des échauffements et causer un dysfonctionnement de l'installation électrique, d'où la nécessité d'un dimensionnement optimal.

Le dimensionnement optimal des câbles doit tenir de conditions suivantes :

- Le mode de pose et la nature des milieux traversés ;
- La température extrême du milieu ambiant ;
- La tension et la nature du courant ;
- L'intensité à transporter ;
- La nature de l'âme ;
- La longueur de la liaison ;
- La chute de tension admissible ;
- La valeur du courant de court circuit.

Pour l'installation étudiée, le tableau suivant illustre les caractéristiques des câbles utilisés :

Equipements	Type de Câble	L (m)	Conducteur	Nbre de Circuit	Isolant	Pose
Pompe Moeller	Tripolaire	40	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé
Sas Pompe Poeller	Tripolaire	40	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé
Doseur Préca	Tripolaire	5	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé
Vis N°1 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	Tripolaire	40	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé
Vis N°2 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	Tripolaire	40	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé
Surpresseur Normal	Tripolaire	15	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé
Surpresseur Secours	Tripolaire	15	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé
Surpresseur Transfert	Tripolaire	18	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé
Installation Inertage	Tripolaire	160	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé
Vent Filtre Trémie Pesée	Tripolaire	80	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé
Moteur Doseur Préca	Tripolaire	60	Cu	3	PVC	Chemin de câble perforé

Tableau 4.3 : Les caractéristiques des câbles utilisés.

4.2.4 Détermination des sections des câbles :

Pour obtenir la section des conducteurs, on a utilisé une méthode qui consiste à :

- 1) Déterminer une méthode de référence désignée par une lettre de sélection qui prend en compte :
 - Le mode de pose (pour les câbles du poste le mode de pose est non enterré) ;

Projet de fin d'étude

- Le type de circuit (monophasé ou triphasé).

2) Déterminer le coefficient $K=K_1.K_2.K_3$ du circuit considéré qui résume les influences ci-dessous :

- Le facteur K_1 : influence du mode de pose.
- Le facteur K_2 : influence mutuelle des circuits placés côte à côte.
- Le facteur K_3 : influence de la température selon la nature de l'isolant.






Types d'éléments conducteurs	Mode de pose	Lettre de sélection
Conducteurs et Câbles multiconducteurs  	<ul style="list-style-type: none"> ■ sous conduit profilé ou goulotte en apparent ou encastré ■ sous vide de construction, faux plafonds ■ sous caniveau, moulures, chambranles 	B
	<ul style="list-style-type: none"> ■ en apparent contre mur ou plafond ■ sur chemin de câble ou tablettes non perforées 	C
Câbles multiconducteurs  	<ul style="list-style-type: none"> ■ sur échelles, corbeaux, chemin de câble perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus 	E
Câbles monoconducteurs 		F

Tableau A: Lettre de sélection en fonction du mode de pose et du type de câbles.

Projet de fin d'étude

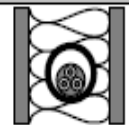
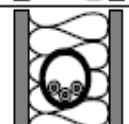
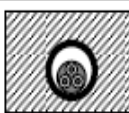
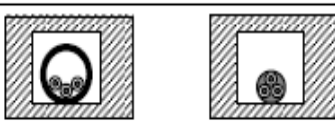


Lettre de sélection	Cas d'installation	Exemple	K1
B	■ câbles dans des conduits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants		0,70
	■ conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants		0,77
	■ câbles multiconducteurs		0,90
	■ vides de construction et caniveaux		0,95
C	■ pose sous plafond		0,95
B, C, E, F	■ autres cas		1

Tableau 1: Facteur de correction K_1 lié aux principaux mode de poses.

Lettre de sélection	Disposition des câbles jointifs	Facteur de correction K_2											
		Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B,C	Encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
C	Simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70		
	Simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
E,F	Simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	Simple couche sur des échelles à câbles corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

Tableau 2: Facteur de correction K_2 pour groupement de plusieurs circuits en une couche

Projet de fin d'étude

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer en plus le facteur de correction suivant (Facteur multiplicatif de K_2) :

16 couches : 0.80

17 couches : 0.73

18 ou 5 couches : 0.70

Températures ambiantes (°C)	isolation		
	Elastomère (caoutchouc)	Polychlorure de vinyle (PVC)	Polyéthylène réticulé (PR) Butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71

Tableau 3: Facteur de correction K_3 pour les températures ambiantes.

La température à laquelle les câbles sont soumis est de 25°C (température ambiante).

Après avoir déterminé les facteurs de corrections, on va suivre l'organigramme ci dessous pour calculer le I_z nécessaire pour le choix de la section des câbles convenable pour chaque équipement.

Projet de fin d'étude

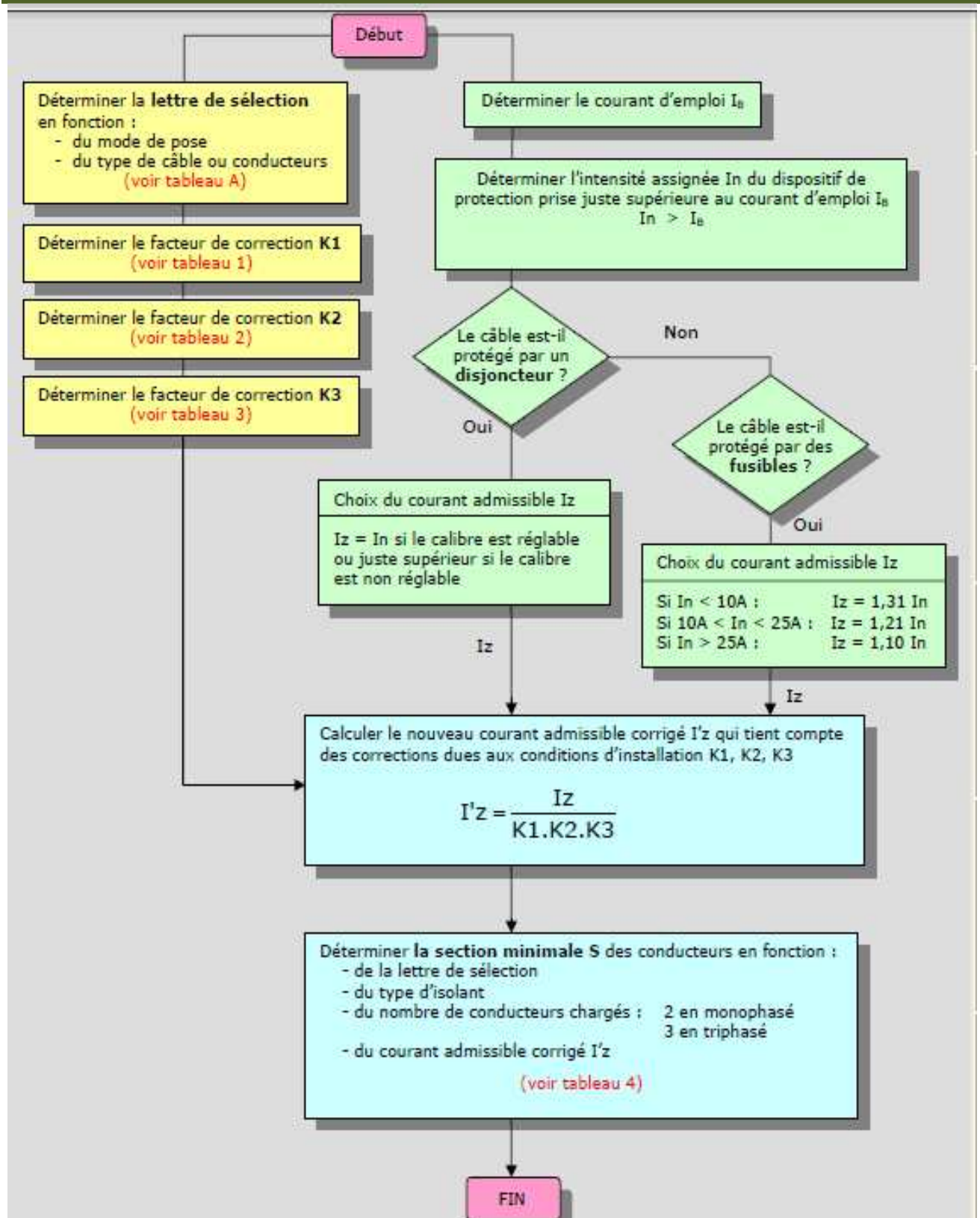


Figure 4.3: Organigramme du mode non enterré.

- Le calcul d'IB (le courant d'emploi) :
- ➔ Pour le transformateur et le groupe électrogène on utilise la formule suivante (2) :

$$I_B = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Où :

S_n : La puissance apparente nominale.

U_n : La puissance nominale égale à 400V.

Pour le Transformateur : $S_n=2500\text{KVA}$.

Pour le groupe électrogène : $S_n=600\text{KVA}$.

→ Pour chaque récepteur on utilise la formule suivante (2) :

$$I_B = P_a / \sqrt{3} * U$$

Où :

P_a : La puissance absorbée par chaque récepteur en Watts.

U : La tension entre phase égale à 380V.

➤ Détermination de l'intensité I_n :

Le calcul du courant d'emploi I_b va permettre de choisir le calibre de la protection I_n , Valeur prise égale ou juste supérieure à I_b .

$$I_n \geq I_b$$

2-3-6-10-16-20-25-32-40-50-63-80-100-125-160-200-250-400-630-800-1000-1200-2000-2500-3200-4000-5000-6300

➤ Le choix du courant admissible I_z :

Les câbles des équipements à secourir sont protégés par des fusibles, donc le choix du courant admissible se fait en fonction des formules suivantes :

$$\text{Si } I_n < 10\text{A:} \quad I_z = 1.31 * I_n$$

$$\text{Si } 10\text{A} < I_n < 25\text{A:} \quad I_z = 1.21 * I_n$$

$$\text{Si } I_n > 25\text{A:} \quad I_z = 1.10 * I_n$$

Pour le transformateur et le groupe électrogène les câbles sont protégés par des disjoncteurs, donc l'expression du courant admissible est :

$$I_z = I_n$$

➤ Calcul du courant admissible corrigé I'_z :

Le courant admissible corrigé I'_z tient compte des corrections dues aux conditions d'installation K_1 , K_2 et K_3 .

$$I'_z = I_z / K$$

Avec $K = K_1 * K_2 * K_3$.

Après avoir déterminé le courant admissible I'_z , le choix de la section des câbles se fait en se basant sur le tableau suivant :

Projet de fin d'étude

Tableau du choix de section :

		Isolant et nombre de conducteurs chargées (3 ou 2)											
		Caoutchouc Ou PVC				Buthyle ou PR ou éthylène PR							
Lettre de sélection	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2					B	Lettre de sélection
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2			C		
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2		E		
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2		F	
Section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26			1,5	Section cuivre (mm ²)
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36			2,5	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49			4	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63			6	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86			10	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115			16	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161		25	
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200		35	
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242		50	
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310		70	
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377		95	
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437		120	
	150		299	319	344	371	395	441	473	504		150	
	185		341	364	392	424	450	506	542	575		185	
	240		403	430	461	500	538	599	641	679		240	
300		464	497	530	576	621	693	741	783		300		
400					656	754	825		940		400		
500					749	868	946		1083		500		
630					855	1005	1088		1254		630		
Section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28			2,5	Section aluminium (mm ²)
	4	22	25	26	28	31	33	35	38			4	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49			6	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67			10	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91			16	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121		25	
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150		35	
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184		50	
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237		70	
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289		95	
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337		120	
	150		227	245	261	283	316	324	346	389		150	
	185		259	280	298	323	363	371	397	447		185	
	240		305	330	352	382	430	439	470	530		240	
	300		351	381	406	440	497	508	543	613		300	
400					526	600	663		740		400		
500					610	694	770		856		500		
630					711	808	899		996		630		

Tableau4.4: Choix de la section des câbles en fonction de I_z.

Projet de fin d'étude

Le résultat de ces calculs est donné dans le tableau suivant :

Equipements	Pa(KVA)	Ib(A)	IN(A)	Iz(A)	I'z(A)	S(mm²)
Pompe Moeller	39.47	59.96	63	69.3	78.98	16
Sas Pompe Poeller	1.97	2.99	3	3.93	4.47	1.5
Doseur Préca	7.89	11.98	16	19.36	22.06	1.5
Vis N°1 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	9.86	14.98	16	19.36	22.06	1.5
Vis N°2 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	7.23	10.98	16	19.36	22.06	1.5
Surpresseur Normal	118.42	179.92	200	220	250.74	95
Surpresseur Secours	118.42	179.92	200	220	250.74	95
Surpresseur Transfert	118.42	179.92	200	220	250.74	95
Installation Inertage	0.06	0.09	2	2.62	2.98	1.5
Vent Filtre Trémie Pesée	3.94	5.98	6	7.86	8.95	1.5
Moteur Doseur Préca	7.23	10.98	16	19.36	22.06	1.5

Tableau 4.5 : Choix de la section des câbles.

4.2.5 Détermination de la chute de tension(3):

↪ La norme :

La norme NF C15-100 impose que la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas les valeurs suivantes :

	ECLAIRAGE	AUTRES USAGES (force motrice)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3 %	5 %
Alimentation par poste privé HT/BT	6 %	8 %

Tableau 4.6 : Valeur max de chute de tension.

↪ Calcul de la chute de tension en ligne en régime permanent :

Le tableau ci-dessous donne les formules usuelles qui permettent de calculer la chute de tension dans un circuit :

I_b : Courant d'emploi en A.

L : Longueur de câble en m.

R : Résistance linéaire d'un conducteur en mΩ/m.

Projet de fin d'étude

$$R = \frac{22.5 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}}{S \text{ mm}^2} \text{ pour le cuivre.}$$

$$R = \frac{36 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}}{S \text{ mm}^2} \text{ pour l'aluminium.}$$

X : Réactance linéique d'un conducteur en mΩ/m.

φ : Déphasage du courant sur la tension dans le circuit.

U_n : Tension composée nominale (entre phase).

V_n : Tension simple nominale (entre phase et neutre).

Distribution	Chute de tension	
	en V	en %
Biphasé : deux phases	$DU = 2 \cdot I_b \cdot (R \cdot \cos\phi_i + X \cdot \sin\phi_i)$	$100 \cdot \Delta U / U_n$
Monophasé : phase et neutre	$DV = 2 \cdot I_b \cdot (R \cdot \cos\phi_i + X \cdot \sin\phi_i)$	$100 \cdot \Delta V / V_n$
Triphasé équilibré : trois phases (avec ou sans neutre)	$DU = \sqrt{3} \cdot I_b \cdot (R \cdot \cos\phi_i + X \cdot \sin\phi_i)$	$100 \cdot \Delta U / U_n$

Tableau 4.7 : Formule de la chute de tension.

Pour le calcul de cette chute de tension, on doit d'abord calculer R (la résistance) et X (la réactance).

La Résistance R est donnée par l'expression suivante : $R(\text{m}\Omega) = 22.5 \cdot L(\text{m}) / S(\text{mm}^2)$

La Réactance X est donnée par l'expression suivante :

$$X(\text{m}\Omega) = 0.12 \cdot L(\text{m}) \text{ pour câble unipolaire.}$$

$$X(\text{m}\Omega) = 0.08 \cdot L(\text{m}) \text{ pour câble tripolaire.}$$

Le résultat de ce calcul est donné dans le tableau ci-dessous :

Equipements	R(mΩ)	X(mΩ)
Pompe Moeller	56.25	3.2
Sas Pompe Poeller	600	3.2
Doseur Préca	75	0.4
Vis N°1 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	600	3.2
Vis N°2 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	600	3.2
Surpresseur Normal	3.55	1.2
Surpresseur Secours	3.55	1.2
Surpresseur Transfert	4.26	1.44
Installation Inertage	2400	12.8
Vent Filtre Trémie Pesée	1200	6.4
Moteur Doseur Préca	750	4

Tableau 4.8 : Résistances et réactances des équipements à secourir.

Or pour le régime permanent : $\cos \varphi=0.8$ et $\sin \varphi=0.6$, donc le tableau de la chute de tension en régime permanent est le suivant :

Equipements	Δu	$\Delta u \%$
Pompe Moeller	2.81	0.70
Sas Pompe Poeller	1.44	0.36
Doseur Préca	0.72	0.18
Vis N°1 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	7.21	1.80
Vis N°2 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	5.29	1.32
Surpresseur Normal	0.64	0.16
Surpresseur Secours	0.64	0.16
Surpresseur Transfert	0.76	0.19
Installation Inertage	0.17	0.04
Vent Filtre Trémie Pesée	5.76	1.44
Moteur Doseur Préca	6.61	1.65

Tableau 4.9 : La chute de tension.

⇒ Pour le transformateur MT/BT (2) :

$$X(m\Omega) = Z_{cc}(m\Omega) = U_{cc} * U_n^2 / S_n.$$

Avec U_{cc} : La tension de court-circuit égale à 7.54%.

U_n : La tension composée nominale égale à 400V.

S_n : La puissance apparente égale à 2500 KVA.

Le courant d'emploi I_b est donné par : $I_b = S_n / (\sqrt{3} * U_n)$ en A.

⇒ Pour le groupe électrogène(2) :

$$R(m\Omega) = 0.08 * L(m).$$

$$X(m\Omega) = 22.5 * L(m) / S(mm^2).$$

Le courant d'emploi I_b est donné par : $I_b = S_n / (\sqrt{3} * U_n)$.

Avec S_n : La puissance apparente égale à 600 KVA.

⇒ Pour le disjoncteur normal de l'inverseur (2) :

$$X(m\Omega) = 0.12 * L(m).$$

$$R(m\Omega) = 22.5 * L(m) / S(mm^2).$$

Le tableau suivant illustre les résultats de ces calculs:

Equipement	I _b (A)	X(mΩ)	R(mΩ)	Δu	Δu%
Transformateur MT/BT	3608	4.82	0	18.07	4.51
Groupe Electrogène	866.02	3.2	12	17.27	4.31
Disjoncteur normal	3608	1.2	0.62	7.59	1.89

Tableau 4.10 : La chute de tension.

On remarque que les valeurs de la chute de tension ne dépasse pas la norme (5%).

4.2.6 Détermination du courant de court-circuit :

Pour le calcul du courant de court-circuit, on utilise la méthode des impédances :

Pour le transformateur, le courant de court-circuit, exprimé en KA, est donné par la relation suivante (4) :

$$I_{cc} = I_b / U_{cc}$$

Pour les autres équipements, le courant de court-circuit, exprimé en KA, est donné par la relation suivante (4) :

$$I_{cc} = U_n / \sqrt{3} * Z_{cc}$$

Avec U_n exprimée en KV et Z_{cc} exprimée en Ω.

Le tableau suivant résume les calcul effectués pour obtenir le courant de court-circuit :

<i>Equipements</i>	<i>R(mΩ)</i>	<i>X(mΩ)</i>	<i>Zcc(mΩ)</i>	<i>Icc(KA)</i>
Pompe Moeller	56.25	3.2	56.34	4.1
Sas Pompe Poeller	600	3.2	600	0.38
Doseur Préca	75	0.4	75	3.07
Vis N°1 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	600	3.2	600	0.38
Vis N°2 REPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	600	3.2	600	0.38
Surpresseur Normal	3.55	1.2	3.74	61.74
Surpresseur Secours	3.55	1.2	3.74	61.74
Surpresseur Transfert	4.26	1.44	4.49	51.43
Installation Inertage	2400	12.8	2400	0.096
Vent Filtre Trémie Pesée	1200	6.4	1200	0.19
Moteur Doseur Préca	750	4	750	0.3
Transformateur 5.5KV/400V	0	4.82	4.82	47.85
Groupe électrogène	12	3.2	12.41	18.60
Disjoncteur normal	0.62	1.2	1.35	171.06

Tableau 4.11: Courant de court-circuit.

Les caractéristiques à prendre en compte dans le choix d'un disjoncteur ou relais thermique sont :

- Calibre $\geq I_b$.
- $PdC \geq I_{cc}$.

Les caractéristiques à prendre en compte dans le choix d'un fusible sont :

- Calibre $\geq I_b$.
- Fusible AM (Accompagnement Moteur).

Conclusion :

Dans le présent chapitre nous avons déterminé la section des câbles, la chute de tension ainsi que le courant de court-circuit des équipements afin de dimensionner l'inverseur Normal/Secours. Nous présentons dans le chapitre qui suit l'analyse réseau et compensation de l'énergie réactive.

CHAPITRE 5 :

**Analyse réseau et compensation de
l'énergie réactive**

I. Compensation de l'énergie réactive :

1.1 Définition :

Beaucoup de machines industrielles fonctionnent grâce à la présence d'un champ magnétique interne. La création et l'entretien de ce champ magnétique réclame de l'énergie réactive. Mais cela entraîne une dégradation du facteur de puissance. Il faudra donc compenser la chute réactive des installations (lignes et moteurs asynchrones) par une compensation réactive capacitive.

1.2 Objectifs :

Les équipements de compensation de l'énergie réactive (condensateurs et batteries) permettent de réaliser des économies sur les factures d'électricité et d'optimiser les équipements électriques.

Compenser l'énergie réactive permet :

- ✓ une économie sur les équipements électriques, par une diminution de la puissance appelée.
- ✓ une augmentation de la puissance disponible au secondaire des transformateurs.
- ✓ une diminution des chutes de tension et des pertes Joule dans les câbles.
- ✓ une économie sur les factures d'électricité, en supprimant les consommations excessives d'énergie réactive.
- ✓ diminution de la chute de tension.

1.3 Principe :

Choisir l'équipement de compensation d'énergie réactive passe par les étapes suivantes :

Etape 1 : calcul de la puissance réactive à compenser

Etape 2 : choix du mode de compensation

Etape 3 : choix du type de compensation

Etape 4 : choix de l'équipement de compensation dans les réseaux perturbés par les harmoniques

1.4 Bilans de puissances :

Pour calculer la puissance réactive des batteries de compensation, il était essentiel de connaître la puissance réactive consommé par le poste, pour cela on a fait un bilan de puissance :

Projet de fin d'étude

DÉSIGNATION	Pn(kw)	η	Pa(kv a)	Ku	Pu(kw)	Ks	Ps(kw)
EXTRACTEUR TRÉMIE DE REPRISE K50-01	15	0.95	19.73	0.75	14.79	0.6	8.87
TRANSPORTEUR CHARBON BRUT K50-10	11	0.95	14.47	0.75	10.85	0.6	6.5
SURPRESSEUR TRANSFERT B	90	0.95	118.42	0.75	88.81	0.6	53.28
POMPE MOLLER	30	0.95	39.47	0.75	29.60	0.6	17.76
POMPE CENTRAL DE GRAISSAGE B	0,25	0.95	0.32	0.75	0.24	0.6	0.14
SURPRESSEUR SECOURS	90	0.95	118.42	0.75	88.81	0.6	53.28
DOSEUR PONDERAL B	1,46	0.95	1.92	0.75	1.44	0.6	0.86
VIS 1 REMPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	7,5	0.95	9.86	0.75	7.39	0.6	4.43
VIS 2 REMPLISSAGE TREMIE PRECA 3M3	5,5	0.95	7.23	0.75	5.42	0.6	3.25
EXTRACTEUR CHARBON BRUT B	2,2	0.95	2.89	0.75	2.16	0.6	1.29
BANDE PESEUSE B	0,8	0.95	1.05	0.75	0.78	0.6	0.46
SAS ALVEOLAIRE ALIM BROYEUR B	1,1	0.95	1.44	0.75	1.08	0.6	0.64
BROYEUR PENDULAIRE B	315	0.95	414.47	0.75	310.85	0.6	186.5
VENTILATEUR PENDULAIRE B	0,75	0.95	0.98	0.75	0.735	0.6	0.44
VIS EXTRACTION SOUS FILTRE B	5,5	0.95	7.23	0.75	5.42	0.6	3.25
SAS EXTRACTION SOUS FILTRE B	2,2	0.95	2.89	0.75	2.16	0.6	1.29
VENTILATEUR TIRAGE PRINCIPALE B	250	0.95	328.94	0.75	246.7	0.6	148

Tableau 5.1 : Tableau de bilan de puissance du poste charbon A&B.

Projet de fin d'étude

DÉSIGNATION	Pn(kw)	η	Pa(kv a)	Ku	Pu(kw)	Ks	Ps(kva)
BROYEUR PENDULAIRE A	315	0.95	414.47	0.75	310.8 5	0.6	186.5
SAS ALVEOLAIRE BROYEUR A	1,1	0.95	1.44	0.75	1.08	0.6	0.64
VENTILATEUR TIRAGE PRINCIPALE A	250	0.95	328.94	0.75	246.7	0.6	148
VENTILATEUR PENDULE A	0,75	0.95	0.98	0.75	0.73	0.6	0.43
VIS EXTRACTION SOUS FILTRE A	5,5	0.95	7.23	0.75	5.42	0.6	3.25
SAS EXTRACTION SOUS FILTRE A	2,2	0.95	2.89	0.75	2.16	0.6	1.29
DOSEUR PENDULAIRE A	1	0.95	1.31	0.75	0.98	0.6	0.58
VENTILATEUR EXHAURE	1,5	0.95	1.97	0.75	1.47	0.6	0.88
SURPRESSEUR TRANSFERT A	90	0.95	118.42	0.75	88.81	0.6	53.28
BANDE PESEUSE A	0,8	0.95	1.05	0.75	0.78	0.6	0.46
EXTRACTEUR CHARBON BRUT A	2,2	0.95	2.89	0.75	2.16	0.6	1.29
TRANSPORTEUR SOUS CRIBLE K50-20	30	0.95	39.47	0.75	29.6	0.6	17.76
TRANSPORTEUR ALIM. BROYEUR AET B K50-40	5,5	0.95	7.23	0.75	5.42	0.6	3.25
TRANSPORTEUR ALIM. TREMIES C.B AET B K50-50	5,5	0.95	7.23	0.75	5.42	0.6	3.25
VIBREUR CRIBLE	0.75	0.95	0.98	0.75	0.73	0.6	0.43
POMPE CENTRAL DE GRAISSAGE A	0,25	0.95	0.32	0.75	0.24	0.6	0.14
TRANSPORTEUR SOUS SILOS CHARBON BRUT	11	0.95	14.47	0.75	10.85	0.6	6.5
DEFERAILLEUR/TRANSPORTEUR	3	0.95	3.94	0.75	2.95	0.6	1.77

Tableau 5.1 : Tableau de bilan de puissance du poste charbon A&B (suite)

Projet de fin d'étude

DÉSIGNATION	Pn(kw)	η	Pa(kv a)	Ku	Pu(kw)	Ks	Ps(kva)
SAS POMPE MOLLER	1,5	0.95	1.97	0.75	1.47	0.6	0.88
SURPRESSEUR	90	0.95	118.42	0.75	88.81	0.6	53.28
DEPART POSTE MANUTENSION	75	0.95	98.68	0.75	74.01	0.6	44.4
ARMOIRE N/S	60	0.95	78.94	0.75	59.2	0.6	35.5
SURPRESSEUR SECOURS	90	0.95	118.42	0.75	88.81	0.6	53.28
DEPART TRANSFO ONDULEUR	16KVA	0.95	16.84	0.75	12.63	0.6	7.57
INSTALLATION INERTAGE	60VA	0.95	0.63	0.75	0.47	0.6	0.28
DOSEUR PRECA	6	0.95	7.89	0.75	5.91	0.6	3.54
REGISTRE VENTILATEUR TIRAGE B	3.5	0.95	4.60	0.75	3.45	0.6	2.07
SAS ALVEOLAIRE	1,1	0.95	1.44	0.75	1.08	0.6	0.64
VENTILATEUR MANCHE	3	0.95	3.94	0.75	2.95	0.6	1.77
MANCHE VRAC	2.5	0.95	3.28	0.75	2.46	0.6	1.47
DIVOTEUR PRECA	5,5	0.95	7.23	0.75	5.42	0.6	3.25
DIVOTEURFOUR	5,5	0.95	7.23	0.75	5.42	0.6	3.25
DEPART TRANSFO ECLAIRAGE	50kva	0.95	52.63	0.75	39.47	0.6	23.68
Somme de P _s							1115.1
P=K _e *P _s	1393.87						
Q _{total} =P*Tg(phi)	1045.4						

Tableau 5.1 : Tableau de bilan de puissance du poste charbon A&B (suite)

II. Calcul de la puissance réactive de la batterie de compensation :

2.1 Analyse de l'existant :

Pour déterminer le facteur de puissance actuelle du poste charbon A&B, on a installé une analyse réseau dans le jeu de barre du poste, cette analyse nous permet également de déterminer la puissance réactive consommé durant le temps de l'analyse, ainsi que d'avoir des informations sur le courant, la puissance active consommé par le poste et la tension entre neutre et terre...etc.

Cette mesure a été effectuée avec un appareil de mesure QNA-P de CIRCUTOR.

2.1.1 Données relatives à l'installation :

- Appareil de mesure : QNA-P de CIRCUTOR
- Poste : Alstom
- Puissance : 2500KVA
- Tension 5,5KV/400V
- UCC : 7,54%
- Couplage DYN11

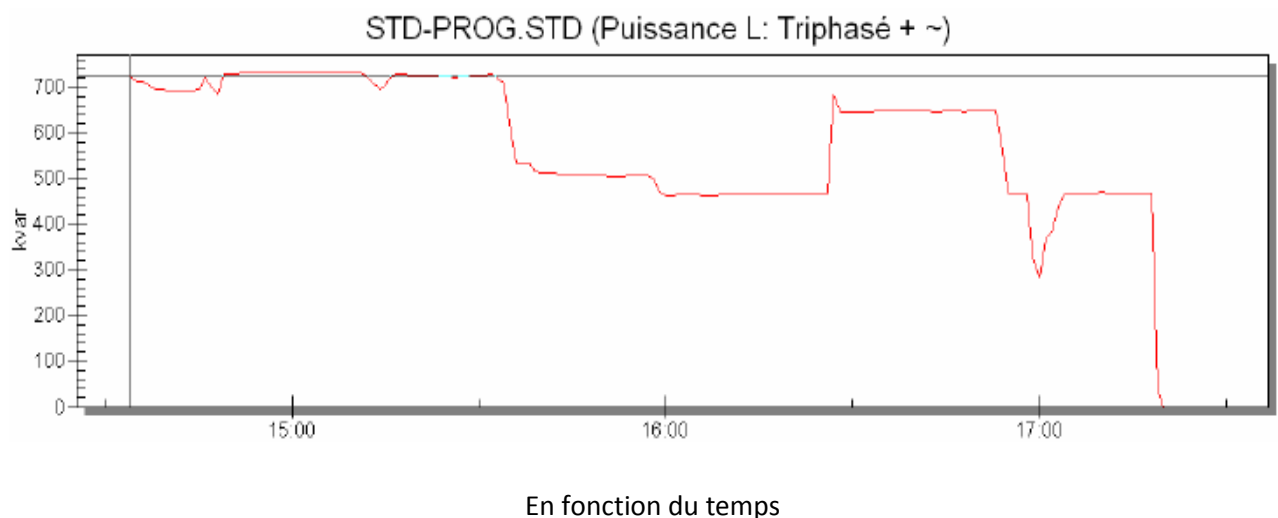
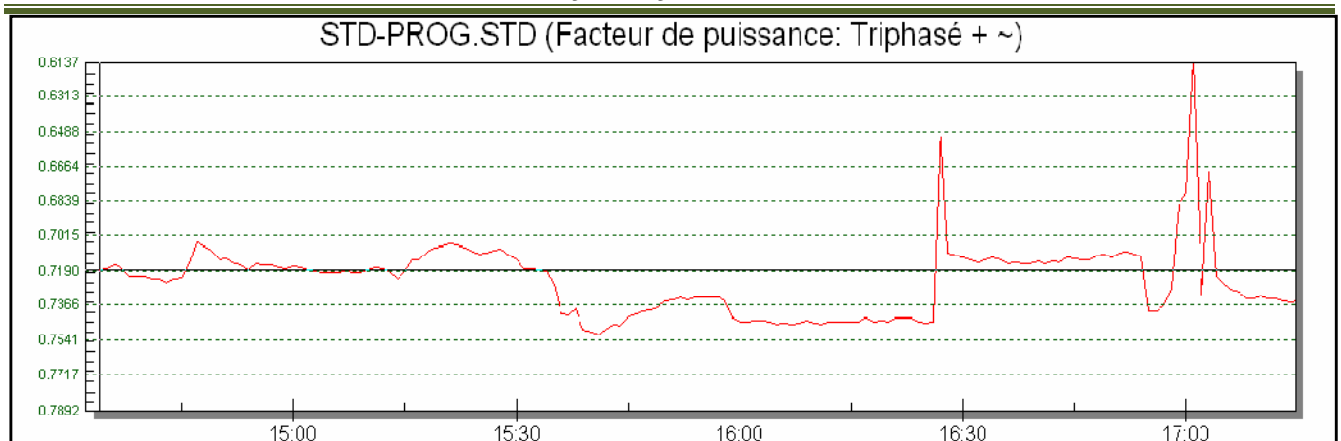


Figure 5.1: Graphe de variation de la puissance réactive en KVAR.

D'après le graphe ci-dessus, on constate que la demande maximale en énergie réactive pendant un temps t , est de l'ordre de 740KVAR, la batterie existante est hors service actuellement, donc l'installation d'une armoire de compensation est nécessaire.

La consommation de l'énergie réactive n'est pas totale c'est pour ça on remarque la différence entre la puissance consommé et la puissance calculé, et cela est dû au fait que les moteurs ne fonctionnent pas au même moment.

Projet de fin d'étude



En fonction du temps

Figure5.2 : Graphe de variation du facteur de puissance dans le poste.

Le facteur de puissance est assez bas 0,719 en plein régime.

2.2 Calcul de la puissance réactive des batteries :

Selon le bilan des puissances du tableau qui a fait l'objet du recueil des données on a :

$$P = 1393.87 \text{ KW}$$

$$Q = 1045.4 \text{ KVAR}$$

$$S = 1742.33 \text{ KVA}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,72 \rightarrow \text{tg } \varphi = 0,96$$

$$\text{Cos } \varphi' = 0,95 \rightarrow \text{tg } \varphi' = 0,32$$

On en déduit (6):

$$Q_c = P (\text{tg } \varphi - \text{tg } \varphi')$$

$$Q_c = 897.447 \text{ KVAR}$$

Note: $\text{tg } \varphi$ correspond au $\text{Cos } \varphi$ de l'installation avant compensation et $\text{tg } \varphi'$ au $\text{Cos } \varphi'$ souhaité avec compensation.

⇒ **L'installation d'une batterie de 900KVAR est largement suffisante.**

La figure suivante illustre graphiquement la variation de $\text{cos}\varphi$ en fonction de Q_c :

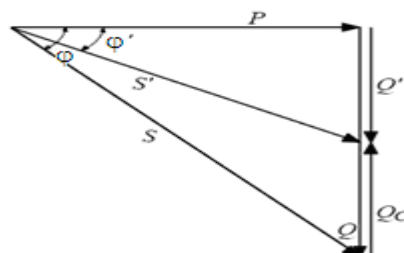


Figure5.3 : Variation de $\text{cos}\varphi$ en fonction de la puissance réactive des condensateurs.

III. Choix du mode de compensation :

La compensation peut être globale, par secteur ou individuelle. En principe, la compensation idéale est celle qui permet de produire l'énergie réactive à l'endroit où elle est consommée et en quantité ajustée à la demande.

Ce mode de compensation est très coûteux, on cherchera donc, dans la pratique, un optimum technico-économique.

3.1 Compensation globale :

3.1.1 Principe :

La batterie est raccordée en tête d'installation (voir fig.) et assure une compensation pour l'ensemble de l'installation. Elle reste en service de façon permanente pendant la période de facturation de l'énergie réactive pour un fonctionnement normal du site.

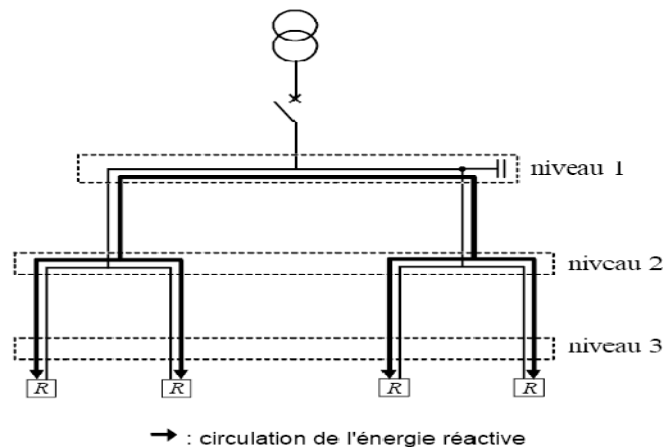


Figure5.4 : Compensation globale.

3.1.2. Intérêt :

Le foisonnement naturel des charges permet un dimensionnement faible de la batterie. Elle est en service en permanence, elle est donc amortie encore plus rapidement.

Ce type de compensation peut, suivant le cas :

- supprimer les pénalités pour consommation excessive d'énergie réactive (exemple du tarif vert en France)
- diminuer la puissance apparente en l'ajustant au besoin en puissance active de l'installation (exemple : tarif jaune en France)
- augmenter la puissance active disponible du transformateur de livraison.

3.2 Compensation par secteur :

3.2.1. Principe :

La batterie est raccordée au tableau de distribution (voir fig.) et fournit l'énergie réactive demandée par un secteur de l'installation.

Une grande partie de l'installation est soulagée, en particulier les canalisations alimentant chaque secteur.

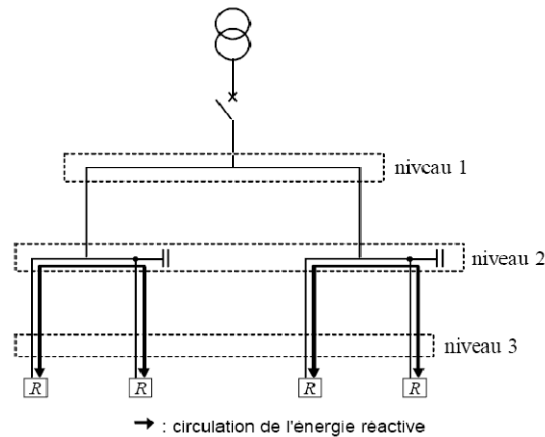


Figure 5.5 : Compensation par secteur.

3.2.2 Intérêt :

Ce type de compensation :

- supprime les pénalités pour consommation excessive d'énergie réactive (exemple : tarif vert en France).
- optimise une partie du réseau, le courant réactif n'étant pas véhiculé entre les niveaux 1 et 2.
- augmente la puissance active disponible du transformateur et la puissance active qui peut être véhiculée dans les canalisations situées en amont du secteur compensé.

3.3 Compensation individuelle :

3.3.1 Principe :

La batterie est raccordée directement aux bornes du récepteur (voir fig.6.6).

La compensation individuelle est à envisager lorsque la puissance du récepteur est importante par rapport à la puissance du transformateur.

Lorsqu'elle est possible, cette compensation produit l'énergie réactive à l'endroit où elle est consommée et en quantité ajustée aux besoins.

Un complément en tête de l'installation peut être nécessaire au niveau du transformateur.

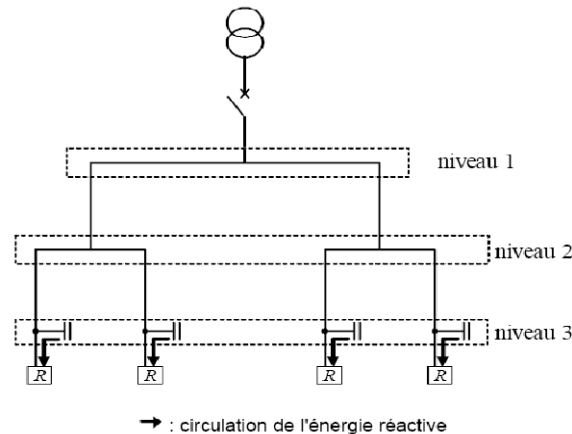


Figure 5.6 : Compensation individuelle.

3.3.2 Intérêt :

Ce type de compensation :

- supprime les pénalités pour consommation excessive d'énergie réactive (exemple : tarif vert en France).
- augmente la puissance active disponible du transformateur et la puissance active qui peut être véhiculée dans les canalisations situées en amont du récepteur
- réduit les pertes par effet Joule et les chutes de tension dans les canalisations entre le niveau 3 et le niveau 1.

IV. Choix du type de compensation :

La compensation peut être réalisée avec deux familles de produits :

- les condensateurs de valeurs fixes ou batterie fixe.
- les batteries de condensateurs en gradins avec régulateur (ou batteries automatiques) qui permettent d'ajuster la compensation aux variations de consommation de l'installation.

4.1 Compensation fixe:

On met en service l'ensemble de la batterie, dans un fonctionnement "tout ou rien" (puissance constante).

La mise en service peut être manuelle (par disjoncteur ou interrupteur), semi-automatique (par contacteur), asservie aux bornes des moteurs.

Ce type de compensation est utilisé lorsque la puissance réactive est faible (<15 % de la puissance du transformateur) et la charge relativement stable.

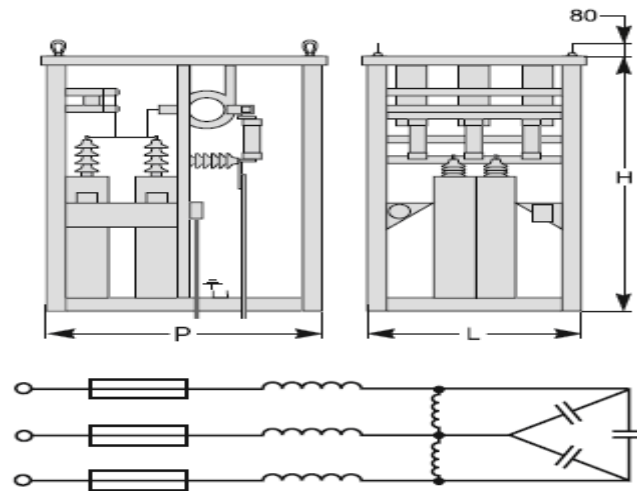


Figure 5.7 : Batteries fixes.

4.2 Compensation automatique ou en « gradins »:

La batterie de condensateurs est fractionnée en gradins, avec possibilité de mettre en service plus ou moins de gradins, en général de façon automatique.

Ce type de batterie est installé en tête de la distribution BT ou d'un secteur important. Elle permet une régulation pas à pas de l'énergie réactive, L'enclenchement et le déclenchement des gradins sont pilotés par un relais var-métrique (c'est un contrôleur de facteur de puissance).

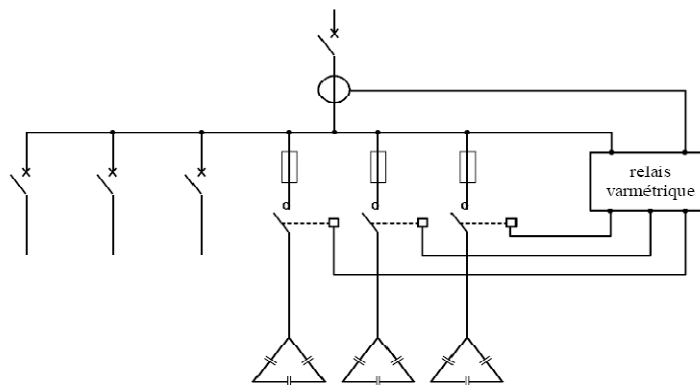


Figure 5.8 : principe de la compensation automatique d'une installation.



Figure 5.9 : Batteries automatique.

La surcompensation est néfaste car elle augmente anormalement la tension de service.

La compensation automatique permet donc d'éviter les surtensions permanentes résultant d'une surcompensation lorsque le réseau est peu chargé.

On maintient ainsi une tension de service régulière tout en évitant de payer de l'énergie réactive au distributeur en période de forte consommation.

V. Choix de l'équipement de compensation dans les réseaux perturbés par les harmoniques :

Les équipements comme les variateurs de vitesse, convertisseurs, onduleurs, transformateurs et lampes à décharge (à la mise sous tension), génèrent des courants harmoniques et une distorsion en tension.

Ces harmoniques exercent des contraintes sur le réseau, nécessitent un surdimensionnement des câbles et des transformateurs, provoquent des interruptions d'alimentation et perturbent les machines tournantes, tout en réduisant fortement leur durée de vie.

5.1 Analyse de l'existant:

Pour déterminer le type de batteries à installer (de type standard, type H, ou de type SAH), il fallait vérifier le taux de distorsion harmoniques dans le postes, pour effectuer cette tâche on a fait l'analyse du poste avec l'analyse réseau.

5.1.1 Taux de distorsion harmoniques :

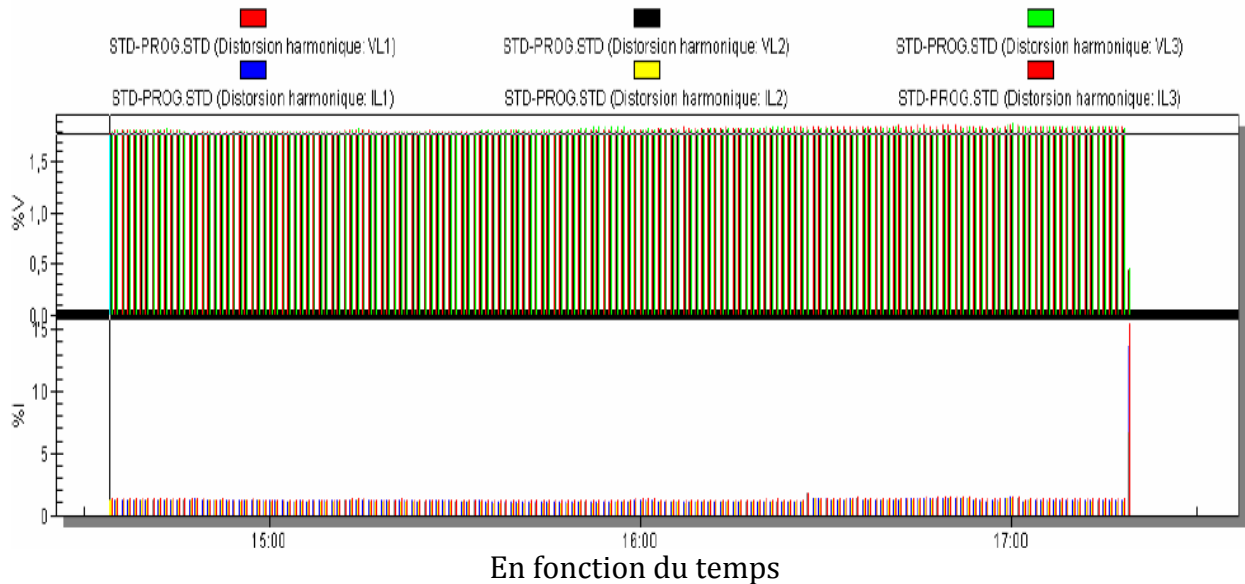


Figure 5.10 : Graphe du niveau d'harmoniques global en tension et en courant.

*L'analyse réseau contient 3 lignes de mesure ce qui est montré dans le graphe par L1, L2, L3 chaque ligne fait la mesure de distorsion harmoniques de courant et de tension.

Le niveau d'harmonique global en tension et en courant est assez bas : $THDU < 1,5\%$ $THDI < 1\%$, cette valeur est inférieure à la limite acceptable par la norme EN50160* qui est $THDU < 8\%$ et $THDI < 3\%$.

*EN50160 : indique les limites générales, qui sont techniquement et économiquement possible au fournisseur de maintenir dans un réseau public de distribution.

On constate donc que les harmoniques dans le poste sont conformes à la norme internationale.

5.2 Choix de la batterie :

En principe, la compensation idéale est celle qui permet de produire l'énergie réactive à l'endroit où elle est consommée et en quantité ajustée à la demande. Mais ce mode de compensation est très coûteux, on choisira donc, dans la pratique, la compensation globale qui a les mêmes avantages sans pour autant coûter très cher.

Projet de fin d'étude

Pour choisir le mode et le type de l'installation, on devait faire des calculs suivant le schéma suivant :

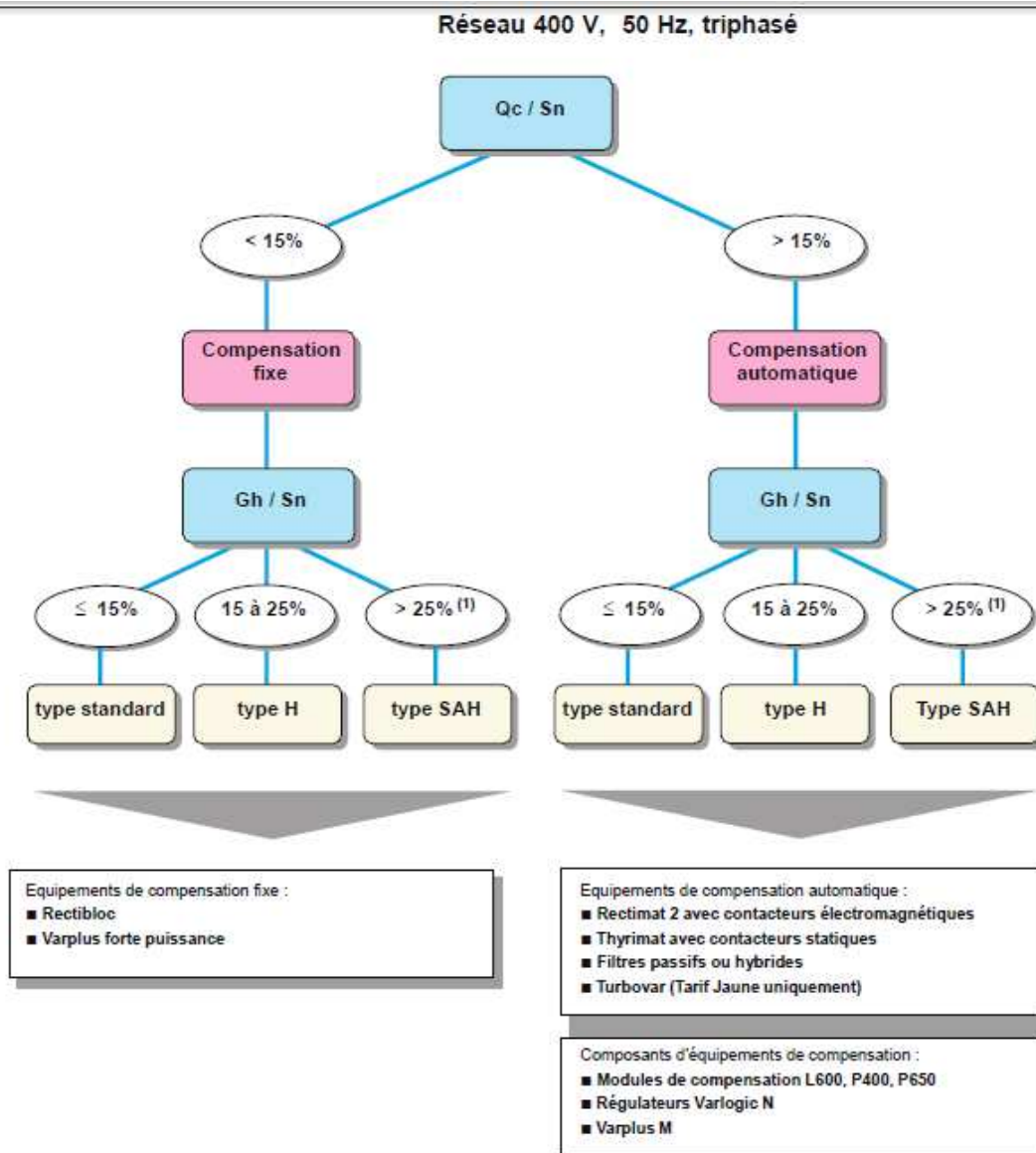


Figure 5.11 : Mode et type de compensation dans une installation.

Note :

Sn : puissance apparente du transformateur.

G_h : puissance apparente des récepteurs produisant des harmoniques (moteurs à vitesse variable, convertisseurs statiques, électronique de puissance...).

Qc : puissance de l'équipement de compensation.

(6) Au delà de G_h/Sn > 50% l'installation de filtres est recommandée.

Type H : condensateur surdimensionnés.

Type SAH : condensateurs surdimensionnés associés à des inductances de protection.

Dans notre cas on a :

$$Q_c = 600 \text{KVAR} \text{ et } S_n = 2500 \text{KVA}$$

$$\text{Donc } \frac{Q_c}{S_n} = \frac{600}{2500} = 0.24 = 24\% > 15\%$$

Donc on choisit une compensation automatique.

Pour la puissance apparente des distributeurs des harmoniques, elle est négligeable par rapport à la puissance du transformateur car on a de petits variateurs (redresseurs, onduleurs, filtres (selfs, condensateurs)), ce qui a été confirmé par l'analyse réseau.

$$\text{Donc } \frac{G_h}{S_n} < 15\%,$$

A partir de ces calculs, on choisit le type standard des condensateurs, mais par mesure de plus de sécurité, et en vue de futures installations des équipements qui produisent des harmoniques, on propose d'installer des batteries avec des selfs anti-harmoniques.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons élaboré un plan de compensation de la puissance réactive consommée par le poste charbon A&B.

L'étude que nous avons suivie au niveau de ce chapitre, a respectée la démarche professionnelle dans le sens où nous avons commencé par le calcul de la puissance réactive des batteries puis par un aperçu sur les différents modes et types de compensation, et enfin l'application à notre cas d'étude.

Conclusion

Au cours de ce projet, nous avons répondu au cahier de charges qui nous a été proposé en intégrant à chaque fois les orientations et les priorités de l'entreprise.

Dans cette étude, nous avons commencé par une étude critique de l'état actuel du poste charbon A&B. Ceci nous a aboutit à la mise en place d'une nouvelle architecture comprenant une armoire N /S et une armoire de compensation. Nous avons donc justifié la nécessité de cette rénovation.

Ce stage a été une opportunité pour mettre en relief l'ensemble des connaissances théoriques et pratiques assurées au cours de notre formation et également apprendre à être confronté au véritable monde du travail, un milieu qui est aride est tendu et savoir nous adapter à tout un ensemble d'entraves qui nécessitent du bon sens et de la rigueur pour pouvoir réussir.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) http://iutsn.excelior.fr/dd/IMG/pdf/Dimensionnement_installation_electrique-2.pdf
- (2) Cours de 3eme année filière d'ingénieurs FST Mohammedia.
- (3) <http://mapage.noos.fr/jacques.bourbon/diaporamas/La%20chute%20de%20tension.pdf>
- (4) http://www.intersections.schneider-electric.fr/stock_images/telec/1/n3/xguide_conception_MT.pdf
- (5) <http://jeanremystrubel.free.fr/ResElec/DR%20RESSOURCES%20eleve%20systemes%20jrs%20oct%202010/f%20Choix%20de%20la%20section%20d'un%20conducteur.pdf>
- (6) http://christophe.jaunay.free.fr/IMG/etudes_techniques_bts1/usine_surpression/condensateurs_BThttp://ms.schneider-electric.be/Main/Condo_propivar/catalogue/AC0469fr.pdf.pdf
- ✓ [Cours S4 Electrotechnique FST Fès.](#)
- ✓ www.repereelec.fr/cables-ind.htm
- ✓ <http://www.electrical-installation.org/enw/images/5/56/G-La-protection-des-circuits-2.pdf>
- ✓ http://www.intersections.schneider-electric.fr/stock_images/telec/1/n3/xguide_conception_MT.pdf
- ✓ ww2.ac.poitiers.fr/électrotechnique/IMG/pdf/guide_technique-compensation.pdf
- ✓ mapage.noos.fr/jacques.bourbon/diaporamas/la%20chute%20de20%tension.pdf
- ✓ http://www.gecif.net/articles/genie_electrique/ressources/RessourcesSI/BSite/STI/Cours%20pdf/Compensation.pdf
- ✓ www.varsetpro.schneider-electric.fr/guide_vaset.pdf