

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF DE M'SILA**  
**FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR**  
**DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME**  
**D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE**

**OPTION : COMMANDE ELECTRIQUE**

**THEME**

---

**ETUDE D'OPTIMISATION D'UNE INSTALLATION**  
**ELECTRIQUE-APPLICATION BRIQUETERIE**

---

**Proposé et dirigé par :**

**- M<sup>r</sup>: MESSALTI SABIR**

**Présenté par :**

**- BAALI RADHOANE**  
**- DJERIOU SALIM**

**Année Universitaire : 2007 / 2008**

## **REMERCIEMENTS**

*Remerciements à Dieu le tout puissant qui nous a aidé à réaliser ce travail*

*Nous tenons à remercier très vivement notre encadreur **Mr MESSALTI SABIR**,  
pour sa patience, ces directifs enrichissants et sa disponibilité.*

*A tous nos professeurs pour leur générosité et leurs efforts déployés avec nous  
durant toutes ces années d'étude.*

*Sans oublier le directeur **Mr LADJOUZ SALAH** qui nous autorisé à faire un stage  
et tous les personnes de la Briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD, pour ces sacrifices  
et toutes les choses qu'il mes donne pendant notre stage.*

*Nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement  
de cette modeste étude. Surtout mes sieurs **T.Mimoune, A. Oudina,**  
**N.Kouadria, H.Barka, H.Boukhalat, Moufdi EL\_BEZ***

*Et enfin nous remercions tous nos collègues de la promotion 2007-2008  
électrotechnique et électromécanique.*

## *Dédicaces*

A Mes parents(Hadj Saad), Mes frères et sœurs

A mon binôme ; **DJ. Salim**

Touts Mes amis

A tous, je dédié ce mémoire

**RADHOUANE. B**

## *Dédicace*

A mes chers parents que dieu les protège ;

A mes petits frères

A mes sœurs ;

A toute ma grande famille ;

A mon copain **B. Radhouane** et sa famille ;

A tous mes amis,

Je dédie ce modeste travail.

A tous ceux, j'envoie mes meilleurs compliments, affections et salutations.

**Salim .Dj**

# Sommaire

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

## ***Chapitre I: Statistique et analyse de la consommation d'énergie***

I.1 Introduction.....	3
I.2 Présentation de la briqueterie D'el Kalaa/Hammad.....	3
I.2.1 Fiche technique de la Briqueterie KALAA/HAMMED.....	4
I.2.2 Alimentation à partir du réseau SONELGAZ.....	4
I.2.2.1 Eléments de facturation.....	5
I.2.2.2 Puissances des équipements utilisés dans les processus.....	5
I.2.3 Processus de fabrication.....	6
I.2.4 Organisation structurel de l'entreprise .....	7
I.3 Statistique de la production .....	8
I.4 Statistiques de la consommation d'énergie électrique.....	9
I.4.1 Analyse de la consommation de l'énergie active .....	9
I.4.1.1 Répartition de la consommation d'énergie active selon les postes tarifaires.....	10
I.4.1.2 Répartition des coûts des éléments de la facture.....	11
I.4.1.3 Répartition du cout d'énergie active par postes tarifaire.....	11
I.4.2 Analyse de la consommation de l'énergie réactive .....	12
I.4.3 Représentation de l'énergie active et réactive.....	13
I. 5 Statistique de la consommation d'énergie gazière.....	13
I.6 Analyse d'énergie spécifique et coût spécifique.....	15
I.6.1 Représentation de la production, le cout et énergie spécifique.....	15
I.7 Conclusion.....	17

## ***Chapitre II : Simulation et recommandations***

II.1 Introduction .....	18
II.2 Tarification .....	18
II.2.1 La formule tarifaire .....	18
II.2.2 Présentation des tarifs .....	20
II.3 Simulation tarifaire .....	22
II.3.1 Choix et optimisation du tarif .....	22
II.4 Choix de la PMD et PMA.....	24
II.5 Effacement des heures pointes .....	25
II.6 Compensation de l'énergie réactive .....	30
II.6.1 Effets de la surconsommation de l'énergie réactive .....	30
II.6.2 Dimensionnement de la batterie de compensation pour la briqueterie .....	31
II.7 conclusion .....	33

## ***Chapitre III : Etude du poste MT/BT de la Briqueterie***

III.1 Introduction .....	34
III.2 La naissance d'un poste .....	34
III.2.1 Données préalables .....	34
III.2.2 Etude de projet .....	35
III.2.3 Réalisation .....	36
III.2.4 Mise en service .....	36
III.3 DIFFERENTS TYPES DES POSTES MT/BT .....	37
III.3.1 Les postes extérieur .....	37

III.3.1.1 Poste sur poteau .....	37
III.3.1.2 Postes sur skid.....	38
III.3.2 Les postes intérieur .....	38
III.3.2.1 Postes de distribution publique DP .....	38
III.3.2.1.1 Constitution des postes DP .....	38
III.3.2.2 Les postes à livraisons .....	39
III.3.2.2.1 Postes livraison à comptage BT ( $S \leq 630\text{kva}$ ).....	39
III.3.2.2.2 Postes livraison à comptage MT spécifique ( $S > 630\text{KVA}$ ).....	40
III.3.2.2.2.1 Postes livraison à protection par fusibles (QM)/ (PM) ( $I < 45\text{A}$ ) .....	40
II.3.2.2.2.2 Postes livraison à protection par disjoncteur MT ( $I > 45\text{A}$ ).....	41
III.3.2.3 Les postes mixtes .....	42
III.3.2.3.1 Constitution des postes mixtes.....	42
III.4 Composition des postes MT/BT .....	42
III.4.1 Définition des différentes cellules.....	42
III.4.1.1 Identification des cellules.....	43
III.4.1.2 Choix des fusibles .....	44
III.5 Etude électrique .....	45
III.5.1 Composition de poste MT/BT de la briqueterie .....	45
III.5.2 Description des différentes cellules existant dans le poste.....	45
III.5.2.1 Cellule interrupteur IM .....	45
III.5.2.2 Cellule comptage CM .....	46
III.5.2.3 Cellule protection générale DM 2.....	46
III.5.2.4 Cellule protection du transformateur QM .....	47
III.5.2.5 Détecteurs de courant de défaut .....	48
III.5.2.6 Transformateur de distribution MT/BT .....	48
III.5.2.7 Boîte d'extrémité .....	49
III.5.2.8 Boîte de déflecteur .....	49
III.5.2.9 Le disjoncteur BT .....	49
III.5.2.10 Matériels de sécurité .....	49
III.6 Etude Génie Civil .....	50
III.7 Conclusion .....	57

## *Chapitre IV : Choix des câbles*

IV.1 Généralités.....	58
IV.1.1 Ame conductrice .....	58
IV.1.2 Isolation .....	59
IV.1.3 Assemblage.....	59
IV.1.4 Repérage des conducteurs .....	59
IV.1.5 Bourrage .....	60
IV.1.6 Protection d' un ou des conducteurs .....	60
IV.1.7 Gaine .....	60
IV.1.8 Armures .....	60
IV.1.9 Ecran .....	61
IV.2 Caractéristiques électriques .....	61
VI.2.1 Généralités .....	61
VI.2.2 Résistance linéique effective .....	61
VI.2.2.1 Résistance linéique en courant continu d'une âme à 20°C .....	61
VI.2.2.2 Résistance linéique de l'âme en courant continu à la température de service ....	62
VI.2.2.3 Résistance linéique en courant alternatif d'une âme à la température de service.	62
VI.2.2.4 Résistance linéique de l'âme en courant alternatif .....	64
VI.2.3 Calcul de l'inductance linéique effective .....	64
VI.2.4 Calcul de la capacité linéique effective.....	65

IV.3 Calcul des paramètres de lignes électrique basse tension .....	65
IV.3.1 Introduction .....	65
IV.3.2 Détermination de la section.....	65
IV.3.2.1 Choix en fonction de la puissance à transporter .....	65
IV.3.2.1.1 Calcule de l'intensité nécessaire In .....	66
IV.3.2.1.2 Facteur de correction .....	67
IV.3.2.1.2.1 Facteur de correction de température ambiante .....	67
IV.3.2.1.2.2 Facteur de correction de pose .....	68
IV.3.2.2 Détermination de la section en fonction de la chute de tension.....	70
IV.3.2.2.1 Les normes limitent les chutes de tension en ligne.....	70
IV.3.2.2.2 Chute de tension admissible dans les canalisations.....	70
IV.3.2.2.3 Détermination de la chute de tension en ligne en régime permanent .....	71
IV.3.2.2.3.1 formule générale.....	71
IV.3.2.2.3.2 La chute de tension au démarrage aux bornes du moteur .....	72
IV.3.2.3 Calcule de la section en fonction des intensités de défaut.....	72
IV.4 Les différents câbles basse tension .....	73
IV.4.1 Câble domestique.....	74
IV.4.2 Câble industriel .....	74
IV.4.3 Organigramme du choix des câbles .....	75
IV.4.3.1 Organigramme générale.....	76
IV.4.3.2 Organigramme de choix de la section en fonction de la température ambiante et la chute de tension.....	77
IV.4.4 Exécutions du programme .....	79
IV.4.5 Application sur la briqueterie .....	79
IV.4.5.1 Simulation et comparaison entre des câbles actuels et câbles optimisés .....	80
IV.5 Conclusion.....	81

## ***Chapitre V: Exploitation du logiciel "ECODIAL" et choix d'appareillages basse tension***

V.1 Introduction .....	82
V.2 Présentation du logiciel.....	82
V.2.1 Réalisation du schéma unifilaire .....	82
V.2.1.1 Définition les caractéristiques générale du réseau .....	82
V.2.1.2 Ajout des symboles électriques.....	84
V.2.1.3 Manipulation des symboles.....	86
V.2.1.4 Saisie des caractéristiques des éléments du schéma.....	88
V.2.1.5 Enregistrement du projet.....	88
V.2.3 Calcul du réseau .....	93
V.2.3.1 redimensionnement du reseaux (facultatif).....	93
V.2.3.2 Calcul pas à pas .....	94
V.2.3.3 Affichage des résultats du calcul.....	97
V.2.4 Comparaison des courbes de déclenchement.....	98
V.2.5 Exploitation des résultats .....	100
V.2.5.1 Résultats sur schéma.....	100
V.2.5.2 Liste d'équipements.....	101
V.2.5.3 Liste de composants.....	101
V.2.5.4 Notes de calcul.....	101
V.2.6 Comparaison entre les dispositifs de la protection de la briqueterie.....	101
V.3 Choix des appareillages électrique .....	101

V.3.1 Fonctions de base des appareillages électriques .....	102
V.3.2 Les appareillages électriques .....	102
V.3.2.1 Le sectionneur.....	102
V.3.2.2 L'interrupteur .....	103
V.3.2.3 Le fusible.....	103
V.3.2.4 Le disjoncteur.....	103
V.3.2.5 Le contacteur.....	104
V.2.2.6 Les relais .....	104
V.2.3 Choix du disjoncteur.....	105
V.2.3.1 Critères de choix des disjoncteurs.....	105
V.2.3.2 Les courbes de déclenchement.....	105
V.2.4 Choix du Contacteurs.....	106
V.2.4.1 Catégorie d'emploi .....	106
V.2.5 Choix des Relais.....	106
V.2.5.1 Protection par relais thermique.....	107
V.2.5.2 Protection par relais à sondes PTC.....	107
V.2.5.3 Protection par relais de sur-couple.....	107
V.2.5.4 Protection par relais multifonction.....	108
V.2.6 Choix des interrupteurs.....	108
V.2.7 Choix d'un dispositif de protection.....	108
V.2.8 Protection d'un départ moteur.....	110
V.2.8.1 La protection contre les courts-circuits .....	110
V.2.8.2 La protection contre les surcharges .....	111
V.2.8.3 La commutation .....	111
V.2.9 Application sur la briqueterie KALAA.....	111
V.2.10 Comparaison entre les dispositifs de la protection et la commande de la briqueterie..	115
V.2.11 conclusion.....	116
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>117</b>
<b>Annexes</b>	
<b>Bibliographies</b>	

## **INTRODUCTION GENERALE**

**L**e mémoire ci présent vient pour conclure trois mois de stage au sein de la briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD à la wilaya de M'SILA.

Notre étude nous a permis d'analyser et de comprendre l'implantation de l'installation électrique de la briqueterie et nous a donné la chance d'enrichir nos connaissances théoriques ainsi que d'élargir nos idées sur le domaine industriel.

Au cours de ce travail on n'est pas intéressé uniquement à l'étude technique de briqueterie, mais de plus en plus nous avons fait une étude économique qui sert à maîtriser une méthodologie de l'audit énergétique pour une utilisation rationnelle de l'énergie.

Ce mémoire est partagé en cinq chapitres décrit comme suit :

Dans le premier chapitre nous présenterons une vue d'ensemble sur la briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD, puis on a élaboré un audit qui consiste à faire des statistiques et des analyses de la consommation d'énergie électrique et gazière afin d'acquies la consommation d'énergie et réduire le coût d'investissement.

Le second chapitre sera consacré à des simulations permettant de proposer les solutions suivantes :

- Optimisation de tarif : nous avons réalisé un programme permettant le choix optimal de tarif.
- Effacement des heures de pointe : a cause de l'influence de ces heures sur le montant de facture nous avons présenté l'option d'effacement qui est basé sur un décalage heures pointe vers autres postes horaires.
- Compensation de l'énergie réactive : ce problème dû à l'arrêt des batteries de condensateurs, nous oblige d'effectuer l'étude de la compensation.
- Changement de la PMD .

Le troisième chapitre concerne l'étude détaillée du poste MT/BT de la briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD.

En ce qui concerne le quatrième chapitre notre étude sera consacré au choix des câbles de basse tension est pour les quels on a crée un programme permettant le choix de section optimale.

Enfinement dans le cinquième chapitre on expose un logiciel ECODIAL de la conception des installations électriques base tension avec une comparaison entre les équipements actuelles et celle données par ECODIAL.

## I.1 INTRODUCTION

L'audit énergétique est une méthode d'évaluation des caractéristiques énergétiques d'un processus de production. Il a pour objectif d'identifier les points d'amélioration de l'efficacité énergétique en fonction des possibilités technico-économiques, L'audit énergétique doit établir :

- une description des caractéristiques du processus de production et de ses usages en fonction des considérations énergétiques.

- une analyse globale des flux énergétiques, à savoir les consommations d'énergie pour au moins les cinq dernières années calendrier écoulées (si disponible), et ceci par énergie spécifique (gaz, électricité, etc.) exprimées en unités physiques (kWh, tonne,...). L'ensemble doit aboutir à un tableau des consommations finales converti en énergie primaire (KWh) ;

- une identification des points d'amélioration de l'efficacité énergétique avec une estimation de leur rentabilité.

L'audit doit permettre d'élaborer un plan d'action global visant l'amélioration de l'efficacité énergétique et d'évaluer la pertinence d'un investissement à réaliser visant à utiliser plus rationnellement l'énergie, ce qu'on va appliquer sur la briqueterie après une petite présentation de l'entreprise.

## I.2 PRESENTATION DE LA BRIQUETERIE D'EL KALAA/HAMMAD

La briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD est située au lieu dit : LOUIZA à la commune de METARFA W.M'SILA, coté nord de la RN n°40 et Au est, ouest, sud des terroirs inexploitées, le site occupe une superficie de 60.000 m<sup>2</sup>, la briqueterie est équipée par la société française CERIC qui a fait la prise en charge du projet et la mise en service de cette dernière en février 2007. La briqueterie à une capacité de production de 75000T/année.

- Adresse : SARL Briqueterie El KALAA/HAMMAD

Route nationale n°40 M'TARFA W.M'SILA.

- Tel : 030 50 03 20 / 0770 75 25 22.
- Fax : 030 50 03 21.

**I.2.1 Fiche technique de la Briqueterie KALAA/HAMMED**

Superficie : 06 Ha.

Superficie couverte : 01 Ha.

Coût de projet : 700 000 000 DA.

Délais de réalisation : 24 mois.

Mode de réalisation : Lot par lot, équipements importé de France.

Emplois créés : 90 (Directs) ; Taux d'intégration 45%

Date en essai : Janvier 2007.

Date de réception : Février 2007.

Début de production: Mars 2007.

Capacité installée : 75 000 Tonnes/an.

Gisement d'argile : est située à 10 Km de la briqueterie /réservé : +100ans.

Mélange : 80% Argile et 20% Sable.

Gammes de production : Brique creuses.

Types normalisés : 200\*150\*300 (12 Trous).

200\*100\*300 (10 Trous).

200\*300\*65 (06 Trous jumelés).

**I.2.2 Alimentation à partir du réseau SONELGAZ**

Code client: 3491765.

Disposition tarifaire : E 41 en électricité, et M 21 en gaz, PMD = 1500 kW.

Tension du réseau U=30 kV.

Puissances des transformateurs installés P=3 x 630 KVA (30 000/380 V).

Nature du couplage :  $\Delta Y_n 11$ .

Le poste de livraison de Briqueterie d'EL KALAA/HAMMED est équipé d'un comptage électronique de type C [1].

### I.2.2.1 Eléments de facturation

P.M.D = 21.54 DA/ KW /Mois.

P.M.A = 96.79 DA / KW /Mois.

Redevances fixe : 32227.79 DA/ Mois.

Energie active :   Heure de nuit = 85.33 cDA / KWh.

                          Heure de pointe = 726.68 cDA / KWh.

                          Heures pleine = 161.47 cDA / KWh.

Energie réactive :   Malus = 37.94 cDA / KVARh.

                          Bonus = 7.58 cDA / KVARh.

Groupes diesels de secours d'une puissance totale de S=250 KVA.

### I.2.2.2 Puissances des équipements utilisés dans les processus

La briqueterie contient sept (07) processus alimentent a partir des transformateurs de puissances de  $P = 3 \times 630$  KVA, Couplage  $\Delta Y_n 11$  (Tension du réseau  $U = 30$  KV).

Les grandes opérations sont essentiellement :

- **Opération de préparation de terre : 250 KW ; 496 A.**
- **Opération de fabrication : 510KW ; 1075 A.**
- **Opération de séchoir : 275 KW ; 470 A.**
- **Opération de chargeur séchoir : 15 KW ; 30 A.**
- **Opération empileur : 25 KW ; 43 A.**
- **Opération manutention four : 25 KW ; 43 A.**
- **Opération four : 100 KW ; 150 A.**

### I.2.3 Processus de fabrication

Le schéma technologique de l'unité est donné par la figure suivante :

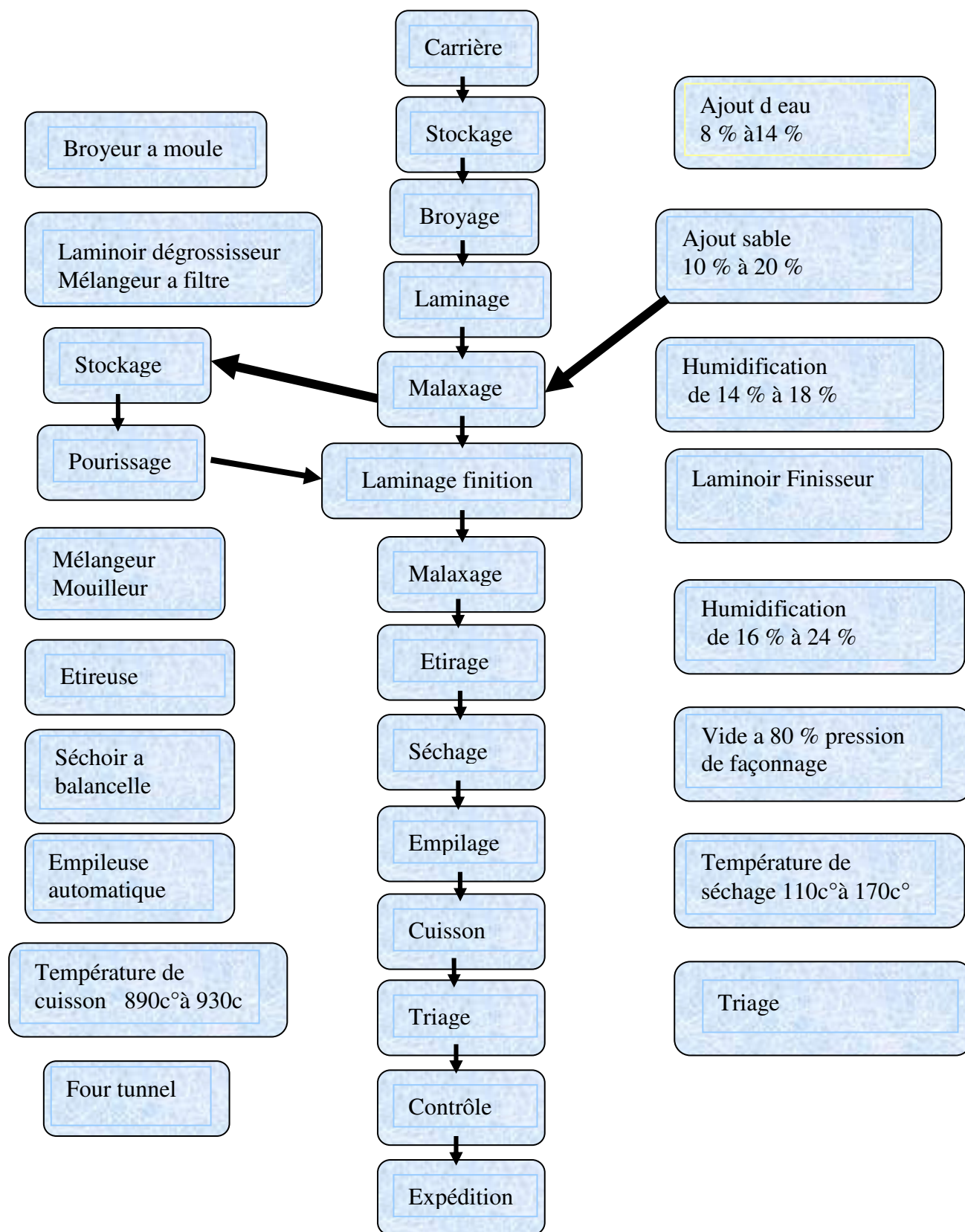


Figure (I.1) Process de fabrication

### I.2.4 Organisation structurel de l'entreprise

La briqueterie d'EL KALAA/HAMMED est composée de huit services, dont la répartition du personnel est présentée par la figure suivante :

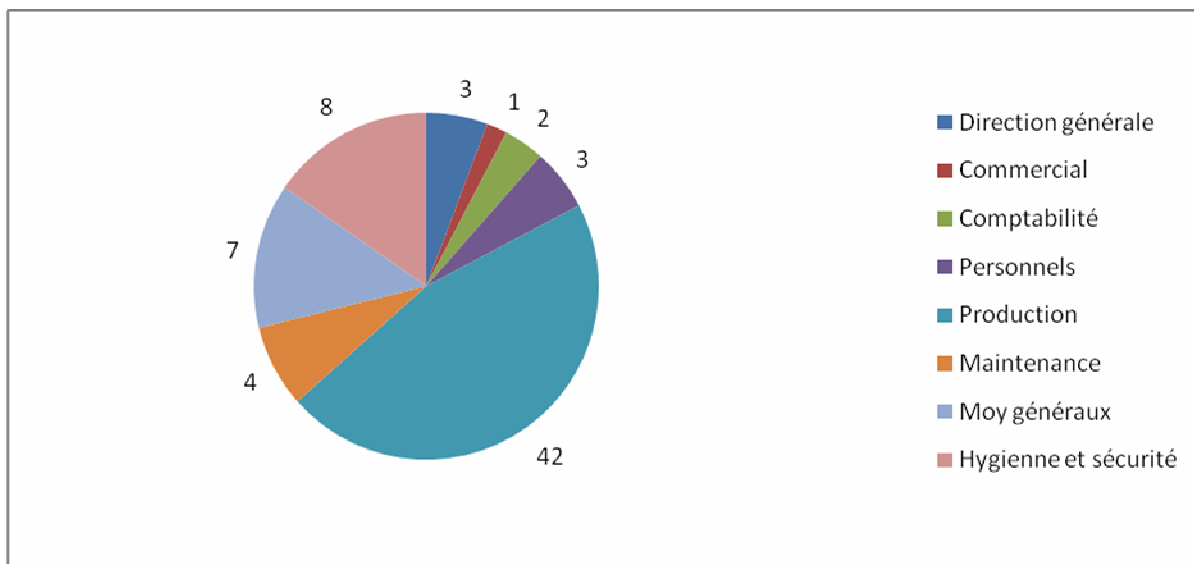


Figure (I.2) Répartition du personnel permanent (2007)



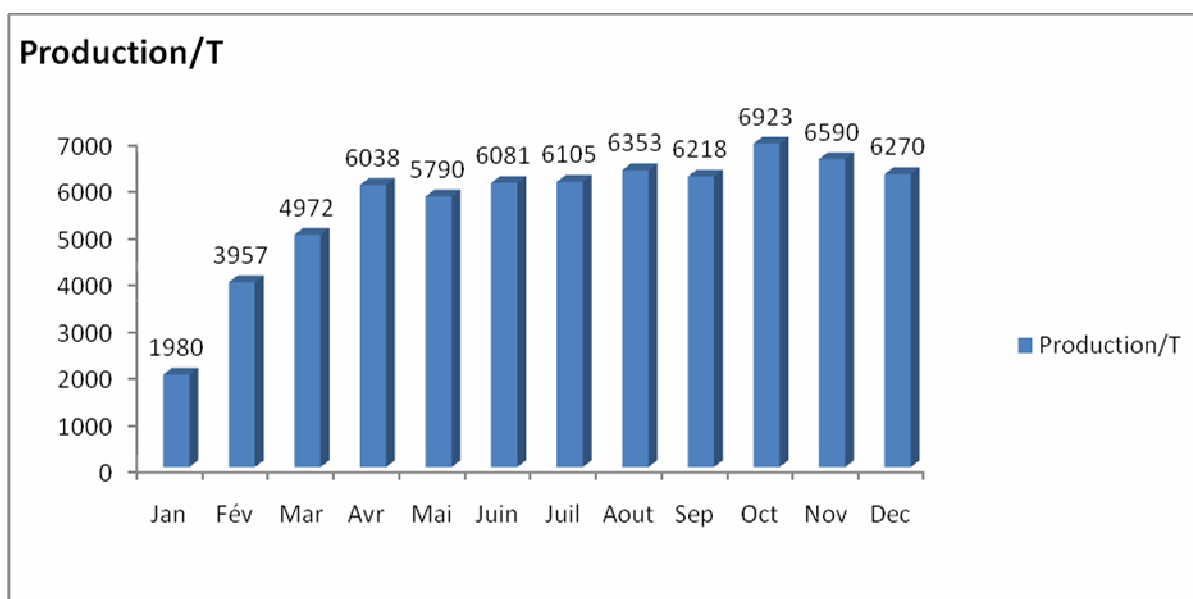
Figure (I.3) Briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD

### I.3 STATISTIQUE DE LA PRODUCTION

A partir des statistiques de service de comptabilité au niveau de la briqueterie d'KALAA/HAMMAD, nous présentons la production de la brique en tonne des douze mois de l'année 2007:

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Tot
<b>Prod/T</b>	1980	3957	4972	6038	5790	6081	6105	6353	6218	6923	6590	6270	67277

**Tableau (I.1) Production en tonne de l'année 2007**



**Figure (I.4) Evolution de la production mensuelle (2007)**

Le graphe présenté par la figure (I.4) montre que la Briqueterie d'EL KALAA HAMMED a enregistré une augmentation de la production jusqu'au mois d'octobre où elle a réalisé un bon résultat dans la production qui était de 6923 Tonnes, ensuite la production reste dans la gamme de sa capacité de production nominale donnée par le constructeur 75000 T/année.

## I.4 STATISTIQUES DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE

Mois	P(Kwh)	Q(VAR)	HPT(Kwh)	HCR(Kwh)	HPL(Kwh)	PMA	Tan( $\phi$ )
JAN	128081	137383	22798	22863	82420	801	1.07
FEV	277903	251345	43046	50448	50448	888	0.90
MAR	277532	248316	45506	43167	43167	906	0.89
AVR	329634	277760	52426	49966	49966	951	0.84
MAI	328116	273438	49061	59233	59233	978	0.83
JUI	350519	295474	43986	75490	75490	909	0.84
JUIL	280115	235486	46997	75467	45467	885	0.84
AOU	323858	280085	142769	18017	18017	915	0.86
SEP	374266	309168	55877	66125	66125	948	0.83
OCT	307154	226942	46678	38481	38481	897	0.74
NOV	366930	321631	68842	56359	56359	969	0.88
DEC	348847	281562	57908	50670	50670	924	0.81
<b>Total</b>	<b>36929555</b>	<b>3138590</b>	<b>675894</b>	<b>576286</b>	<b>2440775</b>		

Tableau (I.2) Consommation de l'énergie électrique de l'année 2007

### I.4.1 Analyse de la consommation de l'énergie active

On représente la consommation de l'énergie électrique active et la production :

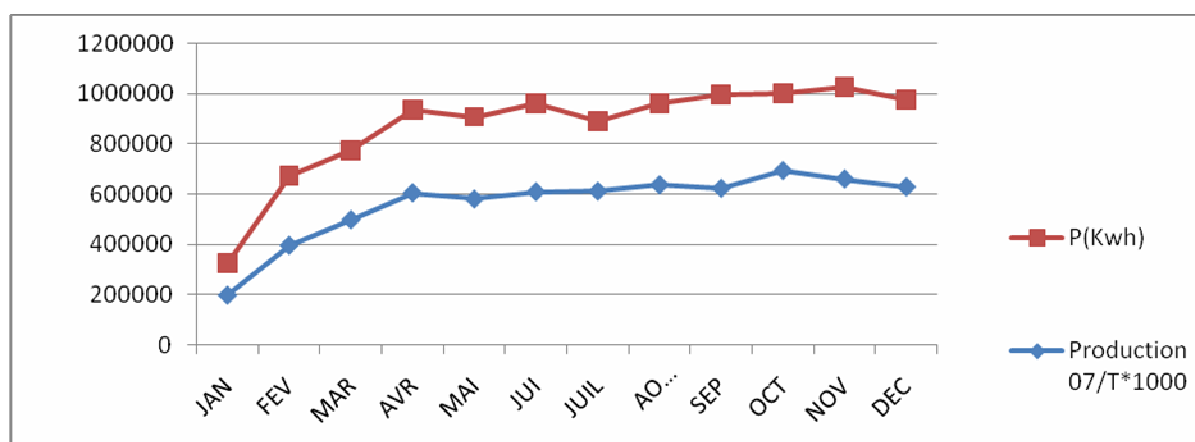
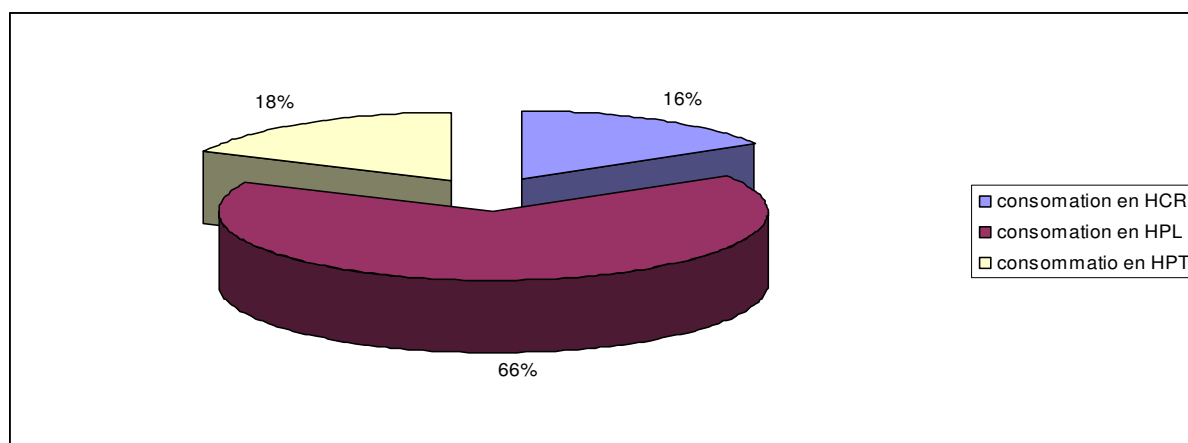


Figure (I.5) Evolution de la consommation d'énergie active et la production.

D'après la figure ci-dessus, la production varie entre une valeur maximale 374266 KWh correspond a une production de 6218 T enregistrée durant le mois de septembre et une valeur minimale 277532 KWh correspond à une production de 4972 T enregistrée durant le mois de mars, en constate que le meilleur cas réalisé était durant le mois d'octobre ou la production était 6923T avec une consommation de 307154KWh.

#### I.4.1.1 Répartition de la consommation d'énergie active selon les postes tarifaires

En analysant la répartition de la consommation de l'énergie active totale selon les postes tarifaires comme indique la (figure I.6):



**Figure (I.6) Répartition de la consommation d'énergie active selon les postes tarifaires**

On remarque que la demande d'électricité est pratiquement élevée pendant les heures de pleines (66% KWh), par ailleurs l'électricité consommé durant les heures creuses est (18% KWh), et pendant les heures pointes l'électricité consommé représente (16% KWh).

### I.4.1.2 Répartition des coûts des éléments de la facture

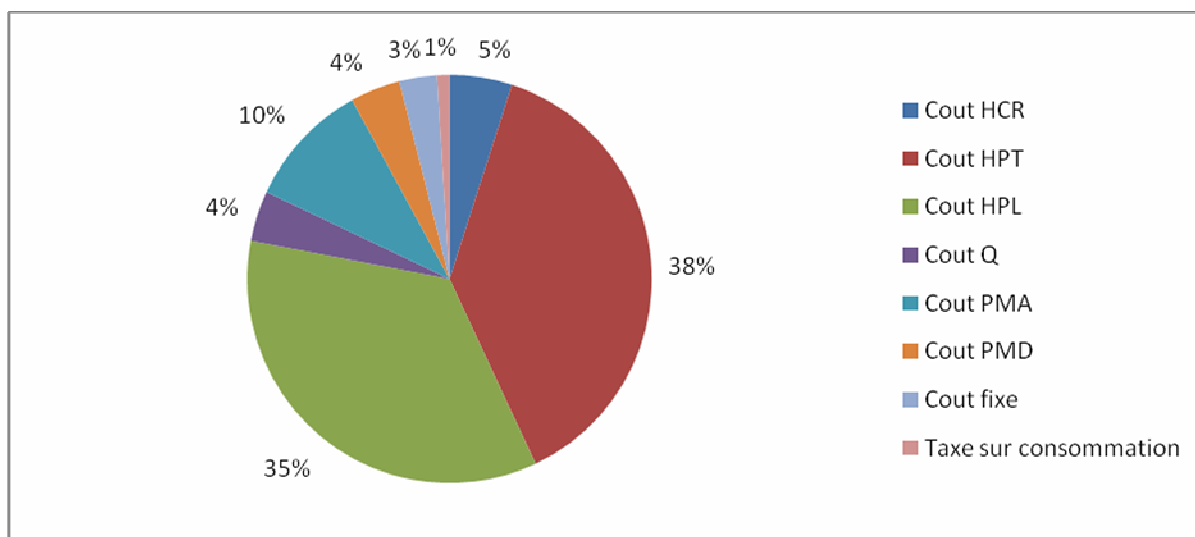


Figure (I.7) Répartition des coûts des éléments de la facture

On constate que la tranche du coût des heures points est la plus grande par rapport aux autres tranches, respectivement aux couts des heures pleines et des heures creuses.

### I.4.1.3 Répartition du coût et énergie active par postes tarifaire

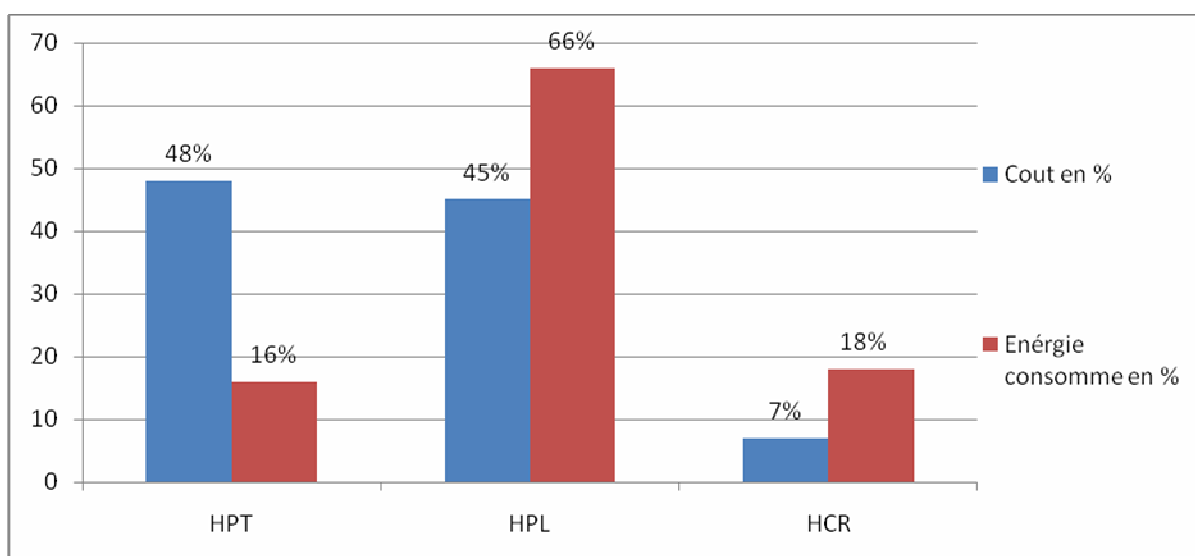


Figure (I.8) Répartition du coût et énergie active consommée par postes tarifaire

La figure (I.8) présentée ci-dessus montre la répartition du coût de l'énergie active et la consommation par poste tarifaire. Durant de l'année 2007, on remarque:

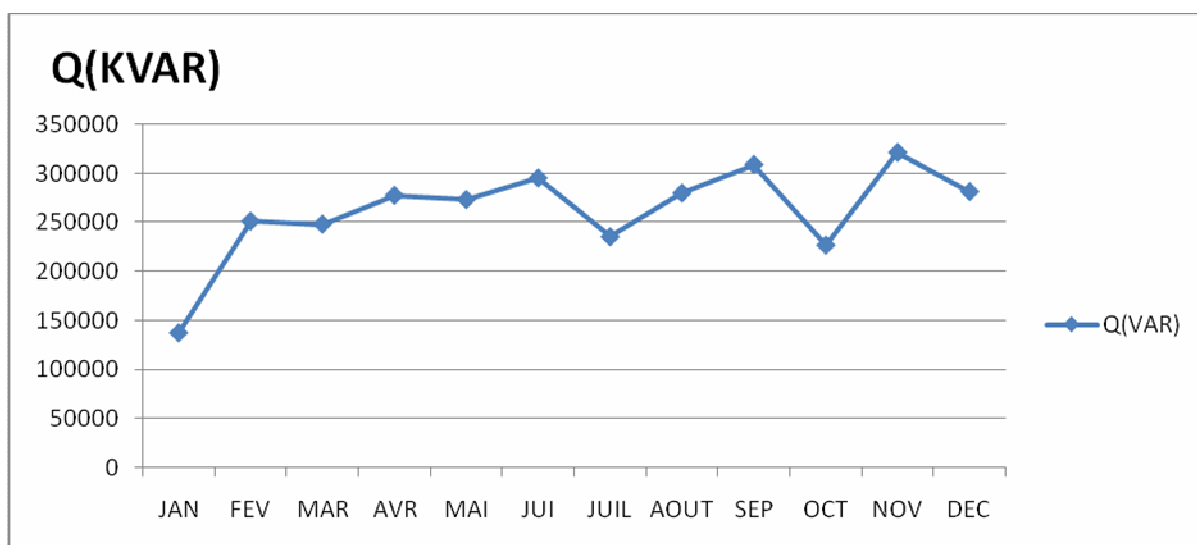
Le coût de l'énergie active en heures pointe (HPT) représente 48 % du montant de l'actif, par contre l'énergie consommée durant cette tranche correspond à 16%.

La tranche des heures pleines (HPL) représente en montant 45 %, par contre l'énergie consommée durant cette tranche représente 66 % du total actif.

La tranche des heures creuses (HCR) représente en montant 7 %, par contre l'énergie consommée durant cette tranche représente 18 % du total actif [2].

#### I.4.2 Analyse de la consommation de l'énergie réactive

Les consommations de l'énergie électrique réactive pendant l'année 2007 sont données par le graphe suivant :

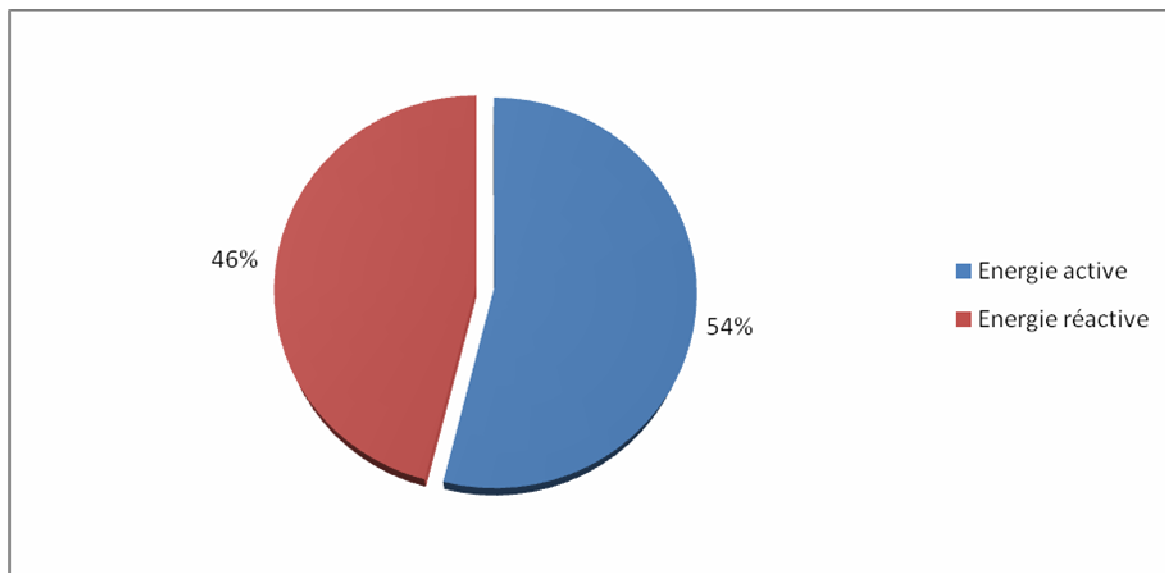


**Figure (I.9) Evolution de la consommation d'énergie réactive mensuelle (2007)**

D'après la figure ci-dessus, on constate que la consommation de l'énergie réactive n'est pas stable durant l'année 2007, la consommation varie aléatoirement, elle prend avec une valeur maximale 374266 KWh enregistrée durant le mois de novembre et la valeur minimale 226942 enregistrée durant le mois de octobre.

### I.4.3 Représentation de l'énergie active et réactive

Pour bien illustrer la consommation de l'énergie réactive nous présentons la consommation de ce dernier avec la consommation d'énergie active comme suit :



**Figure (I.10) Représentation de l'énergie active et réactive mensuelle (2007)**

On remarque à partir de cette représentation graphique une forte consommation de l'énergie réactive qui représente 46% de l'énergie globale alors que l'énergie active ne présente que 54% de l'énergie totale consommée, on constate que la briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD consomme beaucoup d'énergie réactive et dépasse la limite admissible par SONELGAZ ( $\text{tg } \varphi = 0.5$  correspondre à  $\cos \varphi = 0,89$ ), cette remarque nous pousse à vérifier l'étude de la compensation dans le chapitre suivant.

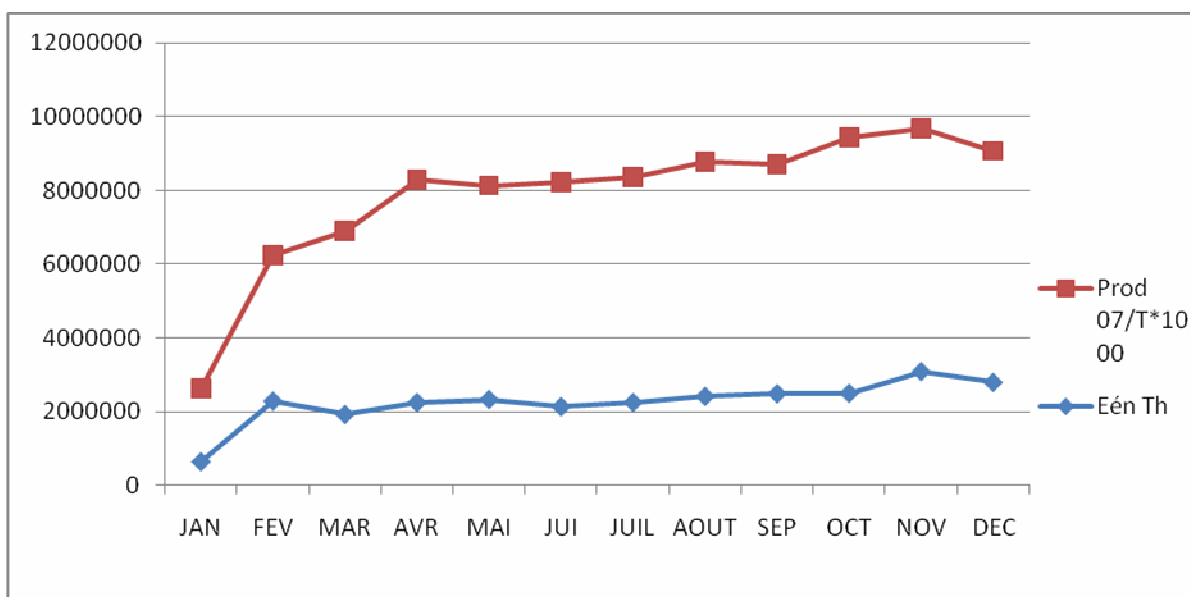
## I. 5 STATISTIQUE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE GAZIERE

La consommation de l'énergie gazière de la briqueterie durant l'année 2007 est présentée par le tableau suivant :

MOIS	Prod 07/T	PCS	VOL M3	Eén Th	FACTURE
JAN	1980	9.47	68714	650722	328739.22
FEV	3957	9.47	242033	2292053	655927.06
MAR	4972	9.49	203294	1929260	583606.81
AVR	6038	9.51	236735	2251350	647813.21
MAI	5790	9.54	244781	2335211	664530.31
JUI	6081	9.58	223525	2141370	625889.46
JUIL	6105	9.53	236648	2255255	648591.64
AOUT	6353	9.51	254330	2418678	681168.87
SEP	6218	9.48	262586	2489315	695249.86
OCT	6923	9.5	270869	2503256	705858.07
NOV	6590	9.54	324017	3091122	815215.87
DEC	6270	9.57	292220	2796545	756494.01

**Tableau (I.3) Consommation de l'énergie gazière de l'année 2007**

Les consommations de l'énergie gazière en thermie et de la production durant l'année 2007 sont présentées par la figure suivant :



**Figure (I.11) Evolution de la production et consommation d'énergie gazière**

La figure (I.11) montre que la production est augmentée par contre la consommation d'énergie est stable, logiquement lorsque la production augmente la consommation augmente c.-à-d. une relation linéaire et ce qui implique une bonne exploitation de l'énergie gazière.

## I.6 ANALYSE D'ENERGIE SPECIFIQUE ET COUT SPECIFIQUE

Avant d'entamer cette analyse, on définit la consommation spécifique et le coût spécifique comme suit :

### ▪ Consommation d'énergie spécifique

La consommation spécifique c'est le rapport de la consommation d'énergie totale (électrique + gazière) en kilowattheure par la production.

$$\text{Cons spécifique} = \text{cons totale} / \text{production.}$$

### Remarque

Le calcul de la consommation spécifique, l'énergie gazière devrait être transformée en kilowattheure (1Th = 0.86187KWh).

### ▪ Coût spécifique

Le coût spécifique est le rapport du coût de la consommation d'énergie totale (électrique + gazière) par la production.

### I.6.1 Représentation de la production, le cout et énergie spécifique

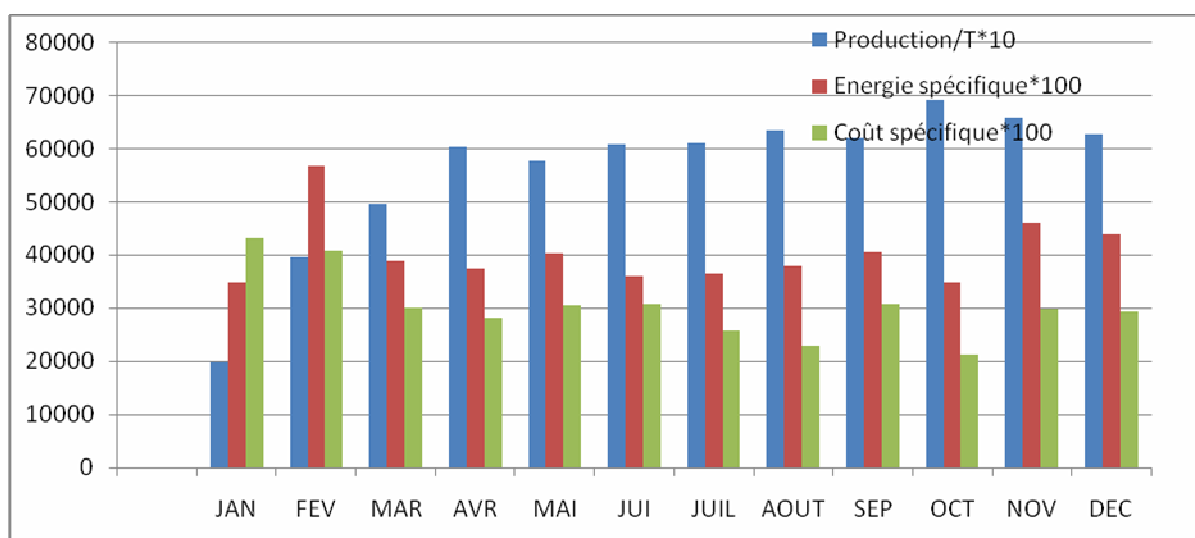


Figure (I.12) Représentation de la production, le cout et énergie spécifique

Cette représentation permet d'avoir le coût minimal spécifique total dépensé sur l'énergie totale (électrique et gazière) qui correspond à un maximum de production de brique, et pour bien démontre ça nous déposons les calculs des coûts perdus et les coûts perdus en DA durant l'an 2007 dans le tableau suivant :

Mois	Production	Energie spécifique	Coût spécifique	Coût perdu en DA/T	Coût perdu en DA
JAN	1980	347.94	431.38	218.07	431778.60
FEV	3957	569.46	408.99	195.71	774424.47
MAR	4972	390.25	301.70	88.40	439524.80
AVR	6038	375.95	281.03	67.75	409074.50
MAIS	5790	404.28	305.88	92.60	536154.00
JUIN	6081	361.14	307.72	94.44	574289.64
JIUL	6105	364.27	257.88	44.60	272283.00
AOUT	6353	379.10	228.50	15.22	96692.66
SEP	6218	405.23	308.87	95.59	594378.62
OCT	<b>6923</b>	<b>348.38</b>	<b>213.25</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
NOV	6590	459.95	298.46	85.18	561336.20
DEC	6270	440.05	292.56	79.28	497085.60
<b>Montant annuel total de coût perdu</b>					<b>5187022.09</b>

**Tableau(I.4) Représentation de coût et l'énergie spécifique et le coût perdu**

L'analyse du coût spécifique montre deux points essentiels :

- La briqueterie peut produire une tonne de brique avec une consommation d'énergie minimale égale à 348.38 kWh, et un coût minimal de l'énergie égal à 213.25 DA.
- Un coût perdu durant l'an 2007 est se rapproche de 5187022.09 DA/année.

## I.7 CONCLUSION

Dans ce chapitre, on a présente un aperçu sur l'entreprise de la Briqueterie D'EL KALAA/HAMMAD et on vu aussi les statistiques et l'analyse de la consommation d'énergie (électrique et gazière) de la Briqueterie. Cette analyse nous a permis de constater les anomalies suivantes :

- Sur consommation d'énergie réactive et dépassement de la limite ( $\text{tg} = 0.5$ ) nécessite l'étude de la compensation.
- Absence de la gestion rationnelle d'énergie provoque une perte d'un coût d'investissement très important est de 5187022.09 DA/an.
- L'inexploitation totalement de l'énergie gazière durant les 8 heures d'arrêt c.-à-d la consommation d'énergie pendant les 8 heures de la nuit.

## II.1 INTRODUCTION

La gestion optimale de l'énergie est devenue indispensable, cette solution fait intervenir une étude d'optimisation généralisée basée sur les principes scientifique à caractère économique c'est à dire une étude technico-économique, dans ce chapitre nous présentons quelques simulations jugées intéressantes pour la briqueterie d'EL KALAA/HAMMED:

- Simulation tarifaire.
- Effacement des heures de pointes.
- Compensation de l'énergie réactive.
- Changement de la PMD.

## II.2 TARIFICATION

### II.2.1 La formule tarifaire

La formule tarifaire est une expression à plusieurs termes .elle comporte trois parties principales :

- Un terme constant.
- Un terme qui facture la puissance.
- Un terme qui facture l'énergie.

Cette formule a été faite par niveau de livraison de l'électricité aux abonnés ayant les tensions (Haute tension, Moyenne tension et basse tension)

Pour l'électricité, trois (03) séries de tarifs correspondant à ces niveaux de livraison sont proposées aux abonnés. Ces tarifs seront expliquées brièvement par la suit. La formule ou expression tarifaire de l'énergie électriques est présentée comme suite [3] :

$$\mathbf{R} = \mathbf{a} + \mathbf{c.Pc} + \mathbf{d.Pa} + \sum \mathbf{eh.Eh} + \mathbf{g (W-rE)}. \quad (\text{II.1})$$

Montant    1<sup>er</sup> terme                      2<sup>ème</sup> terme                                      3<sup>ème</sup> terme

- 1<sup>er</sup> terme

Le terme constant (**a**), en dinars par période mois, facture les redevances fixes, relative aux frais de gestion technique et commerciale de l'abonnée, entretien de raccordement au réseau, vérification du comptage, relevé, facturation.

- **2ème terme**

Le terme (**c.Pc + d.Pa**) facture la puissance selon deux grandeurs :

▪ **La Puissance Mise a Disposition (PMD)**

Elle est facture suivant l'expression **cPc (PMD)** dans la qu'elle :

- **c** : est le prix unitaire (DA/KWh/mois).
- **Pc** : la puissance mise a disposition en (KW).

La puissance mise a disposition (**PMD**) est la puissance réservée par SONLEGAZ en vertu d'un accord avec l'abonné que ce dernier peut utiliser selon ces besoins, cette puissance est choisie par le client avec conseil des agents de SONLEGAZ, parmi les valeurs normalisées en fonction des niveaux de livraison nous allons présenter les suivantes dans le tableau suivant :

Consommation MT/BT	Consommation HT/MT
50	3000
80	3500
120	4500
320	5000
500	7500
750	10000
1000	15000
1500	20000
2000	25000
2500	30000

**Tableau (II.1) Valeurs normalisés en KW.**

▪ **La Puissance Maximale Absorbée (PMA)**

C'est la puissance maximale appelée par le client durant le mois, sa facturation correspond au terme (**d.Pa**) dans le quel:

- **d**: le prix unitaire de la puissance absorbée (DA/KW/mois).
- **Pa** : la puissance maximum absorbée par l'abonnée durant la période de facturation et qui est donnée par un indicateur de maximum.

- **3ème terme**

L'énergie active et réactive sont facturées selon le terme  $\sum e_h \cdot E_h + g (w - rE)$  de la formule tarifaire ou :

- **$e_h$**  : est le prix unitaire d'énergie active pour le poste horaire h en c.DA/KWh.
- **$E_h$**  : est énergie active (KWh) consommée au cours du mois dans le horaire.
- **$E$**  : l'énergie active (KWh) consommée au cours du mois.
- **$W$**  : l'énergie réactive (KVARh) consommée au cours du mois.
- **$R$**  : est la valeur du support  $tg=W/E$ , et pris égale à 0.5.
- **$g$**  : est le prix unitaire de l'énergie réactive c.DA/KVARh.

▪ **Energie active**

Les prix de l'énergie se différencient selon les heures d'utilisation puisque les variations de la consommation de l'énergie électrique correspondent aux coûts qui sont eux même en fonctions du moment de la consommation. Notre réseau national comporte différents postes horaires définies sur la base de l'heure comme suit:

- **Heures pleines** : tous les jours de l'année de 6h à 17h.
- **Heures pointe** : tous les jours de l'année de 17 h à 22h30.
- **Heures creuses** : tous les jours de l'année du 22h30 à 6 h.

▪ **Energie réactive**

Le prix de l'énergie active donnés dans les barèmes s'entendant pour une fourniture normalement accompagnée d'une proportion d'énergie réactive allant jusqu'à 50% de l'énergie active, lorsque la consommation d'énergie réactive durant le mois considéré dépasse la proportion de 50% d'énergie active, l'excédent est facturé selon les prix du tarif appliqué.

L'énergie réactive non consomme en deçà de ces 50% donne lieu à une bonification égale au cinquième (1/5) du prix propre au tarif appliqué à l'abonné [3].

## II.2.2 Présentation des tarifs

Pour tenir en compte de la diversité de la clientèle, plusieurs tarifs sont proposés, une séries des tarifs est offerte aux abonnés de chaque catégorie de livraison :

- **Haute tension (série 30) :** Tarif 31-Tarif 32.
- **Moyenne tension (série 40) :** Tarif 41- 42- 43- 44.
- **Base tension (série 50) :** Tarif 51-51-53-54.

L'abonné quelque soit sa tension d'alimentation peut adapter a n'importe quel tarifs des trois (03) séries, les tarifs peuvent être distingué et caractériser par le nombre des périodes tarifaires selon les quelles les prix de l'énergie sont différentes.

Les tarifs 31, 41et 51 comportent trois (03) période tarifaires (pointe, pleine et creuse), pour les tarifs le prix unitaire de l'énergie active de pointe est plusieurs fois supérieur a celui des heures pleines et des heures creuses, ils ont eu de même prix de l'énergie d'heures pleines élevée par rapport à celui des heures creuses.

Les tarifs 42 et 52 sont à deux (02) périodes tarifaires (pointe, hors point). Heure pointe dont la durée est la somme des heures des postes horaires des heures pleines et des heures creuses, le prix de l'énergie en pointe est supérieur a celui des hors point.

Les tarifs 32,44 et 54 sont à deux (02) période tarifaires (nuit, jour) ont un prix de l'énergie de jour plusieurs fois supérieur a celui de nuit.

Les tarifs 43 et 53 sont à période unique.

Les prix unitaire sont en fonction des périodes tarifaires ainsi les prix des autres puissances (**PMA., PMD**) et la puissance réactive, ils sont donnés dans le tableau suivant, ou le prix de référence est celui de l'année 2005(tarif MT)[3].

Tarif	Redevance	Prix de P (DA/KWh)		Prix de l'énergie active par poste tarifaire (cDA/KWh)						Prix de l'énergie réactive (cDA/KVARh)
	Fixe (DA/KWh)	PMD	PMA	Pointe	Pleine	Nuit	Hors pointe	Jour	Poste unique	
41	32227.8	21.54	96.79	726.4	161.47	85.3	-	-	-	37.94
42	429.71	32.25	150.48	726.6	-	-	151	-	-	37.94
43	429.71	32.25	128.8	-	-	85,3	-	366	-	37.94
44	429.71	32.25	150.48	-	-	-	-	-	313,3	37.94

**Tableau (II.2) Répartition des prix unitaire (tarif moyenne tension).**

La briqueterie d'EL KALAA/HAMMED fait partie des clients moyenne tension, avant de procéder à la simulation tarifaire qui permet de réaliser des gains financiers sur la facture, nous présentons en détaille les quatre tarifs moyennes tension :

**Tarif 41 :** Recommandé aux clients important du secteur industriel, ayant une forte consommation d'électricité durant les heures pleines et les heures creuses.

**Tarif 42 :** Recommandé aux clients qui ont une consommation importante durant le jour (Exemple : station de pompage, banques).

**Tarif 43 :** Recommandé aux clients ayant un appel de puissance important durant la nuit (Exemple : hôtels, forages, hydrauliques,...).

**Tarif 44 :** Recommandé aux clients temporaires, chantiers et clients ayant un arrêt annuel prolongé (ex : carrière, centres de vacances,...).

## II.3 SIMULATION TARIFAIRE

Les factures énergétiques représentent pour la plupart des entreprises une part importante dans les dépenses, même pour les industries réputées faible majeures

La réduction des factures énergétique est donc une préoccupation normale des industriels .L'industriel, toujours soucieux d'améliorer sa productivité en réduisant sa facture énergétique. Pour cela on fait une simulation tarifaire qui consiste à choisir le plus économique des factures de la briqueterie à partir les statistiques énergétiques faites précédemment.

### II.3.1 Choix et optimisation du tarif

Un choix judicieux du tarif peut engendrer des économies considérables, pour cela nous avons procédé à des simulations des tarifs (41, 42) afin d'obtenir le tarif optimal donnant le maximum des économies et le mieux adapté au mode de fonctionnement de la Briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD.

Ce qui nous a poussé de réalisé un programme en langage « Visual Basic » pour choisir le tarif désirable. La figure (II.1) montre la fenêtre de manipulation.

On introduit les valeurs des énergies consommées avec l'un des tarifs de moyenne tension (41, 42, 43,44).

**Figure (II.1) Représentation de la fenêtre de manipulation**

A fin d'optimiser le meilleur tarif, une petite simulation consiste à comparer les factures de la même consommation calculée selon les différents tarifs possibles pour ce client, les résultats de simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

MOIS	facture calculée selon tarif 41	facture calculée selon tarif 42
JAN	525356.42	531612.42
FEV	962401.02	972405.20
MAR	916423.52	926063.42
AVR	1049003.87	1058976.52
MAI	1106485.72	1114981.86
JUIN	1244534.69	1248987.42
JIUL	925727.26	936548.19
AOUT	770474.53	850987.47
SEP	1225302.33	1234754.12
OCT	923279.15	929857.84
NOV	115578.40	1171309.17
DEC	1077220.70	1089492.20
<b>TOT</b>	<b>10841787.61</b>	<b>12065975.83</b>

**Tableau (II.3) Comparaison entre la tarife 41 et 42**

D'après la simulation, on constate que le montant total calculé selon le tarif 41 est moins que le montant du tarif 42, donc le meilleur tarif pour la briqueterie D'EL KALAA/HAMMED est le tarif 41 (optimal).

#### II.4 Choix de la PMD

La puissance mise à disposition (**PMD**) est la puissance souscrite par l'unité auprès la SONELGAZ, cette puissance est estimée à partir de la somme des puissances de tous les récepteurs de l'installation paramètre et doit être choisie convenablement pour éviter les surcoûts de l'électricité.

La puissance maximale appelée PMA est la puissance maximum absorbée durant la période de facturation et par conséquent doit être légèrement inférieur à la PMD.

Concernant l'évolution de la PMA en fonction de la PMD de la briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD, on remarque que la valeur maximale absorbée durant l'année 2007 est de 978 KVA tableau (I.2) par contre la puissance mise à disposition (PMD) est de 1500 KVA. Donc plus de 500 KVA restant inutilisées.

Ce qui nécessite la révision de la PMD de la briqueterie, donc on estimera la PMD par les étapes suivantes :

On établit un bilan des puissances pour déterminer la puissance appelée (ou absorbée) sur le réseau. On calcule successivement :

- La puissance installée **Pi** (somme des puissances actives en kW des récepteurs de l'installation).
- La puissance utilisée **Pu** (partie de la puissance Pi en kW réellement utilisée) en tenant compte :
- Des coefficients d'utilisation maximale des récepteurs (car ils ne sont pas en général utilisés à pleine puissance).
- Des coefficients de simultanéité par groupes de récepteurs (car ils ne fonctionnent pas en général tous ensemble).
- La puissance appelée **Sa** correspondant à **Pu** (car la puissance assignée des transformateurs est une puissance apparente en KVA alors que **Pu** est en kW) en tenant compte [4] :

- Des facteurs de puissance.
- Des rendements

$$S_a \text{ (kVA)} = \Sigma [(P_i \text{ (kW)} \times K_u \times K_s) / (\eta \times \cos \Phi)] \quad [\text{II.2}]$$

Utilisation	P <sub>n</sub>	I <sub>n</sub>	P <sub>a</sub>	K <sub>u</sub>	P <sub>u</sub>	K <sub>s</sub>	P <sub>u</sub>	K <sub>s</sub>	P <sub>u</sub>	K <sub>s</sub>	P <sub>u</sub>
<b>Atelier préparation</b>	250	469	382	0.75	286.5						
<b>Atelier fabrication</b>	289	1075	828	0.75	621						
<b>Séchoir</b>	221	420	369	0.75	276.8	0.8	985				
<b>Chargeur séchoir</b>	18	30	26	0.75	19.5			0.9	1038.8		
<b>Empileur</b>	22	41	35	0.75	26.25						
<b>Four</b>	86	170	140	1	140	0.9	169.2			0.9	1025
<b>Manutention</b>	34	75	64	0.75	48						
<b>Atelier maintenance</b>	13	28.8	20	0.75	10	0.8	8				
<b>Eclairage</b>	52	354.5	78	1	78	1	78	0.9	100.4		
<b>Travaux bureautiques</b>	20	136.3	30	0.75	24	0.6	14.4				

**Tableau (II.4) Estimation de la puissance utilisée dans la briqueterie**

Les résultats donnés par ce tableau montre la défaillance entre la PMD et la PMA actuelle, alors que la puissance mise à disposition PMD désigne pour la Briqueterie est de l'ordre de 1025 KVA .donc la diminution de cette denier jusqu'à 1000 KVA est recommandé. D'après le (TAB.II.1) le prix de la PMD est 21.54 DA ce qui engendra des économies financières de (1500-1100) x 21.54x12 = **103392.56DA/année.**

## II.5 Effacement des heures pointes

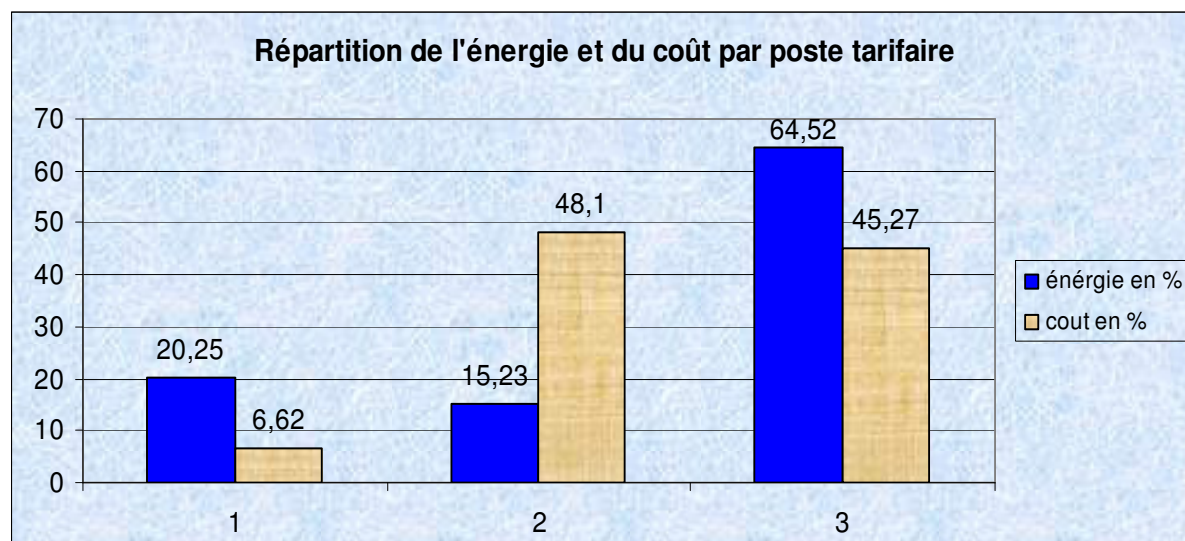
Cette option permet de bénéficier d'une facture très favorable pendant toute l'année, il est recommandé de diminuer où de décaler cette consommation en heures creuses, surtout si on connaît que le coût d'énergie active en heures pointes est très important par rapport aux autres heures.

Plusieurs variantes d'effacement de pointe sont possibles, la mise en œuvre dépend des contraintes et des coûts liés à cette action, dans cette application, nous avons simulé le transfert de l'énergie de pointe vers les autres postes horaires.

Les consommations et les coûts par poste tarifaire sont présentés par le tableau (II.4) et la figure (II.2) :

Année 2007	Hpt Kwh	Hcr Kwh	HplKwh	Total Kwh
<b>Energie</b>	576286	765894	2440775	3782955
<b>Coût</b>	4187755.11	576740.11	3941119.39	8705614.85
<b>Energie en %</b>	15.23	20.25	64.52	100
<b>Coût en %</b>	48.1	6.62	45.27	100

**Tableau (II.5) Répartition de l'énergie et du coût par poste tarifaire**



**Figure (II.2) Répartition de l'énergie et du coût par poste tarifaire**

Le montant facturé de l'énergie active en heures de pointe représente 48.10 % du montant mensuel de l'énergie active, alors que la part de l'énergie consommée durant cette tranche correspond seulement à 15.23 %.

Le montant facturé de l'énergie active en heures de pleine représente 45.27 % du montant mensuel de l'énergie active, alors que la part de l'énergie consommée durant cette tranche correspond seulement à 64.52 %.

Le montant facturé de l'énergie active en heures de pointe représente 6.62 % du montant mensuel de l'énergie active, alors que la part de l'énergie consommée durant cette tranche correspond seulement à 20.25 %.

Comme la demande en électricité est stable (l'énergie totale consommée est toujours constante), il est recommandé de diminuer la demande en pointe et l'augmentation en heures creuses Pour réduire le montant facturé.

L'intérêt économique d'effacement de pointe est mesuré par le gain réalisé, en comparant le coût avant et après l'effacement, pour bien illustrer ce problème, en prend la consommation normale de l'année 2007 (c.-à-d. avant l'effacement) :

▪ **Cas actuel**

Energie effacée	HPT simulé	HCR simulé	HPL simulé	Total simulé	Gain annuel en DA
0	576286	675894	2440775	3692955	
	4187755.11	576740.35	3941119.39	8705614.85	<b>0</b>

**Tableau (II.6) Représentation de cas actuel**

L'énergie de point effacée sera partagée selon les deux autres postes tarifaires nuit et pleine, on appel par suit :

**Kpt** : coefficient d'énergie de pointe effacée.

**Kcr, Kpl** : coefficient de transfert de l'énergie de pointe effacée en énergie nuit et pleine respectivement avec :

$$\mathbf{Kcr + Kpl=1.}$$

L'énergie de pointe, nuit et pleine après effacement deviennent :

- L'énergie de pointe effacée = l'énergie de pointe x **Kpt**
- L'énergie nuit = l'énergie nuit + **Kcr** x l'énergie de pointe effacée
- L'énergie pleine = l'énergie pleine + l'énergie de pointe x **Kpl**.

Une fois la répartition des énergies est terminée, on calcul le nouveau montant à payer dû à cette consommation, quelques cas sont présentés par les tableaux suivants :

- **Cas d'effacement en HPT a 50% transféré en 100% HPL : Kpt=0.5, Kcr=0, Kpl=1**

Energie effacée	HPT simulé	HCR simulé	HPL simulé	Total simulé	Gain annuel en DA
288143	288143	675894	2728918	3692955	
	2093877.55	576740.35	7077001.8	7077001.8	1628613.05

Tableau (II.7) Représentation d'effacement en HPT à 50% transféré en 100% HPL

- **Cas d'effacement en HPT a 50% transféré en 50% HPL : Kpt=0.5, Kcr=0.5, Kpl=0.5**

Energie effacée	HPT simulé	HCR simulé	HPL simulé	Total simulé	Gain annuel en DA
288143	288143	819965.5	2584846.5	3692955	
	2093877.55	69967.56	4173751.64	6967305.76	1738309.09

Tableau (II.8) Représentation d'effacement en HPT à 50% transféré en 50% HPL

- **Cas d'effacement en HPT a 50% transféré en 100% HCR : Kpt=0.5, Kcr=1, Kpl=0**

Energie effacée	HPT simulé	HCR simulé	HPL simulé	Total simulé	Gain annuel en DA
288143	288143	964037	2440775	3692955	
	2093877.55	822612.77	3941119.39	6857609.72	184800.13

Tableau (II.9) Représentation d'effacement HPT à 50% transféré en 100% HCR

- **Cas d'effacement en HPT a 100% transféré en 100% HPL : Kpt=1, Kcr=0, Kpl=1**

Energie effacée	HPT simulé	HCR simulé	HPL simulé	Total simulé	Gain annuel en DA
576286	0	964037	3017061	3692955	
	0	822612.77	481648.4	5448388.75	3257226.1

Tableau (II.10) Représentation d'effacement HPT à 100% transféré en 100% HPL

- **Cas d'effacement en HPT a 100% transféré en 50% HPL : Kpt=1, Kcr=0.5, Kpl=0.5**

Energie effacée	HPT simulé	HCR simulé	HPL simulé	Total simulé	Gain annuel en DA
576286	0	964037	2728918	3692955	
	0	822612.77	4406383.9	5228996.67	3476618.18

Tableau (II.11) Représentation d'effacement HPT à 100% transféré en 50% HPL.

- **Cas d'effacement en HPT a 100% transféré en 100% HCR : Kpt=1, Kcr=1, Kpl=0**

Energie effacée	HPT simulé	HCR simulé	HPL simulé	Total simulé	Gain annuel en DA
576286	0	1252180	2440775	3692955	
	0	1068485.19	3941119.39	5009604.59	3696010.26

Tableau (II.12) Représentation d'effacement HPT à 100% transféré en 100% HCR

Ce tableau représente un récapitulatif des simulations d'effacement de pointe :

Energie pointe effacée	HPT transférée en HCR	HPT transférée en HPL	Coût Total Avant effacement	Coût Total Apres effacement	Gain annuel En DA
50%	0%	100%	8705614.8	7077001	1628614
50%	50%	50%	8705614.8	6967305.8	1738309.1
50%	100%	0%	8705614.8	6857609.7	1848005.1
100%	0%	100%	8705614.8	5448389	3257226.1
100%	50%	50%	8705614.8	5228997	3476618.2
100%	100%	0%	8705614.8	5009605	3696010.3

**Tableau (II.13) Récapitulatif des simulations d'effacement de pointe.**

Le transfert de 100 % de l'énergie de pointe en énergie nuit permet de réaliser un gain de **3696010.3DA**, qui représente un montant très important par rapport au résultat annuel de la briqueterie. Le régime de fonctionnement actuel de la briqueterie est 2x8h (de 6 h-13 h /13 h -21 h) permet l'effacement de point en nuit facilement (en tenant compte d'autre contraintes : coûts supplémentaires, sécurité...).

## II.6 COMPENSATION DE L'ENERGIE REACTIVE

Les industries sont obligées de relever leur facteur de puissance global, ils peuvent le faire grâce à des batteries de condensateurs.

### II.6.1 Effets de la surconsommation de l'énergie réactive

La circulation de l'énergie réactive sur les réseaux de distributions entraîne :

1. Surcharge des installations.
2. Des pertes plus importantes.
3. Augmentation du coût.
4. Surdimensionnement des lignes de transport et de distribution, des transformateurs,

5. Apparition des harmoniques.
6. Une réduction de la puissance active disponible au secondaire de transformateurs.

D'après ce qu'on vu le faible de  $\cos \varphi$  il est recommandé de proposer l'amélioration du facteur de puissance par l'installation des batteries de condensateur, l'intérêt économique de la compensation est mesuré en comparant le coût d'installation des batteries de condensateurs aux économies qu'elles procurent.

### II.6.2 Dimensionnement de la batterie de compensation pour la briqueterie

La détermination de la compensation d'une installation est basée sur le calcul de la puissance réactive à compenser ( $Q_c$ ) qui se fait par deux approches possible, en fonction des données disponibles:

- Calcul à partir des données de la facture.
- Calcul à partir des données électriques de l'installation.

Dans notre application en s'appuyant sur le calcul à partir des factures, pour cela procéder comme suit :

Prendre les factures d'électricité des dernières années et lire les consommations d'énergie réactive et retenir la facture dont l'énergie réactive est maximale (le cas le plus défavorable), après s'être assuré qu'il ne s'agit pas d'un mois non significatif, sachant que tangente ( $\varphi$ ) admissible par SONELGAZ est de 0.5.

Evaluer la durée  $t$  (en heures) de fonctionnement durant laquelle l'énergie réactive est facturée [4].

En déduire la puissance à installer :

$$Q_c = E_{\text{réactive à compenser}} \text{ (KVARh)} / t \text{ (heures)}. \quad [\text{II.3}]$$

$$E_{\text{réactive à compenser}} = E_{\text{réactive consommée}} - T \cdot \tan(\varphi) \cdot E_{\text{active consommée}}$$

A partir de tableau (TAB.I.2) de la consommation d'électricité, on remarque que le mois de novembre de l'année 2007 est le plus significatif, car il présente la plus grande consommation de l'énergie réactive, les consommations d'énergie enregistrées sont 366930 kWh et 321631 KVARh.

La durée de fonctionnement de la briqueterie d'EL KALAA/HAMMED est 2x8 heures par jour c.-à-d environ de (2x8x30) 480 heures/mois.

$$E_{\text{réactive à compenser}} = 321631 - 0.5 \times 366930 = 138166 \text{ KVARh}$$

La batterie de condensateur à installer est:  $Q_c = 287.845 \text{ Kvar}$ .

Une batterie de condensateur 300 KVAR, est recommandée pour ramener le tangent  $\varphi$  à 0.5, dont le mode de compensation est global. Les modes individuel et partiel ne convient pas pour la Briqueterie D'EL KALAA/HAMMED car la briqueterie est constitué d'une seule unité et ne comporte pas des équipements de grandes puissances par rapport à la puissance totale.

Ce type de compensation qui existe a la Briqueterie dit (automatique), les batteries de condensateurs sont divisées en gradins, la valeur de  $\cos(\varphi)$  est détectée par un relais varométrique qui commande automatiquement l'enclenchement et le déclenchement des gradins en fonction de la charge et de  $\cos(\varphi)$  désiré. mais après notre vérification fait au niveau de l'armoire de TGBT on a constaté que la briquetterie possède des batterie de condensateur a l'arrêt (défaut relais varométrique).



**Figure (II.3) Représentation de la batterie de compensation de la briqueterie**

L'objectif de la compensation est de supprimer la facturation d'énergie réactive et bénéficier un gain annuel par le client après compensation de **490227.50 DA/année**.

## II.7 CONCLUSION

La simulation faite dans ce chapitre nous a permis d'éviter les anomalies constatées au niveau de chapitre I et aussi dans le même chapitre nous avons présenté l'intérêt de :

Le bon choix de tarif.

L'effacement de pointe.

La compensation d'énergie réactive.

Dimensionnement de la PMD.

- Concernant la simulation tarifaire, le meilleur tarif (41) proposé à la briqueterie est utilisé.

- L'effacement des heures de pointes peut engendrer un montant de **3696010.3 DA**.

- L'étude de compensation permet d'avoir un gain annuel est **490227.50 DA/année**.

-Le surdimensionnement de PMD (1500KVA) conduit à une perte de montant de **103392.56 DA/année**.

Alors on propose comme solutions :

a) Exploitation des heures de creuses

b) Eviter le démarrage simultané des gros moteurs dans les heures pointe.

c) Programmer les travaux d'entretien dans les heures de pointe.

d) Dispose une demande pour modifier le contrat conclu avec SONELGAZ afin d'abaisse la puissance mise à disposition.

e) Refaire une révision au raccordement des batteries de condensateurs.

### III.1 INTRODUCTION

Les postes MT/BT assurent l'interface entre les réseaux de distribution MT et BT, est au cœur de la distribution électrique de puissance, l'alimentation d'une installation électrique est effectuée avec un poste de transformation MT/BT qui est disposé au plus près des éléments consommateurs d'énergie. Le poste MT/BT s'adapte à tous les modes d'exploitation et doit pour cela remplir les fonctions suivantes :

- Distribuer une puissance et protéger les départs en BT.
- Isoler le poste du réseau en cas de défaut.
- Gérer le réseau MT en cas de défaut.
- Gérer le réseau MT et le poste par téléconduite.

Nous pouvons donc classer les postes par rapport aux réseaux sur lesquels ils sont utilisés ainsi que par les fonctions qu'ils remplissent, la réalisation d'un poste MT/BT implique la connaissance préalable :

- Des besoins à satisfaire (puissance, disponibilité de l'installation, exploitation).
- Des normes de référence et des textes réglementaires (niveau de tension, qualité de la fourniture, puissance de court-circuit,...) ;
- Des besoins spécifiques liés aux utilisations (variations de tension tolérées, compensation de l'énergie réactive, immunité des récepteurs aux perturbations, réglementation liée à la sécurité des installations,...) ;
- Des contraintes d'installation et d'environnement .

Nous allons présenter dans ce chapitre l'étude optimale du poste MT/BT de la briqueterie EL KALAA/HAMMAD

### III.2 LA NAISSANCE D'UN POSTE

#### III.2.1 Données préalables

Avant d'entreprendre le projet ou d'engager le dialogue avec le distributeur d'énergie, il faut rassembler les éléments suivants :

- **Puissance maximale prévue**

Elle est déterminée de la manière décrite dans chapitre II, sans oublier l'éventualité d'extensions ultérieures, on tient donc compte :

- Du coefficient d'utilisation **Ku** :

Le régime de fonctionnement normal d'un récepteur peut être tel que sa puissance nominale installée, d'où la notion de facteur d'utilisation, le facteur d'utilisation s'applique individuellement à chaque récepteur.

Dans une installation industrielle, ce facteur peut être estimé en moyenne à 0.75 pour les moteurs et pour l'éclairage égal à 1.

- Du facteur de simultanéité **Ks** :

Tous les récepteurs installés ne fonctionnent pas simultanément, le facteur de simultanéité s'applique à chaque regroupement de récepteurs.

- Des périodes d'utilisation.

#### - Plan de masse de l'installation

Disposition, accès, usage des locaux :

- Le distributeur doit avoir l'accès direct à la partie MT du poste.
- Seul le personnel qualifié et agréé peut avoir l'accès à l'installation.

#### - Continuité d'alimentation souhaitée

L'abonné estimera les conséquences d'une coupure en fonction de sa durée :

- Pertes de production et d'exploitation.
- Sécurité des biens et des personnes.
- Mode de fonctionnement (2x8h, 3x8h.....etc).

Remarque :

L'utilisateur doit fournir certains renseignements au distributeur avant tout projet.

### III.2.2 Etude de projet

A partir des renseignements précédents, le distributeur indique :

#### - Le type d'alimentation qui définit :

- La nature de réseau (souterrain /aérien).
- L'alimentation (simple dérivation, coupure d'artère ou double dérivation).
- La puissance et le courant de court-circuit.

- la tension, le niveau d'isolement assigné et le régime de neutre existant ou future retenu, compte tenu des évolutions du réseau du distributeur

- **le type de comptage** qui définit :
- Les frais de raccordement au réseau.
  - La tarification (consommation et abonnement).

Remarque :

Le distributeur doit fournir certains renseignements à l'utilisateur.

### **III.2.3 Réalisation**

Avant toute réalisation l'accord du distributeur d'énergie est nécessaire.

La demande d'approbation doit être accompagnée des renseignements suivants, résultant pour une bonne part des échanges indiqués précédemment :

- position de poste (plan de masse).
- Schéma unifilaire du poste et des circuits de terre.
- schéma des connexions et plan génie civil.
- Plan d'équipements à utilisées.
- nomenclature des matériels électriques et leurs caractéristiques.
- plan de poste avec positionnement du matériel (y compris le comptage).
- dispositions prévues pour le comptage et type de tarif.
- éventuellement, dispositions relatives aux sources remplaceant MT ou BT.

Remarque :

Le distributeur d'énergie doit donner son accord sur le dossier d'étude avant l'exécution des travaux avec des notifications ou réserves.

### **III.2.4 Mise en service**

La conformité de l'installation contrôlée par un organisme agréé, est nécessaire pour obtenir la mise en service, les vérifications sont les suivantes :

- mesure de prises de terre.
- continuité électrique des circuits de terre.
- contrôle des matériels MT.
- isolement de l'équipement MT.
- niveau et rigidité diélectrique du liquide isolant du transformateur.
- contrôle de l'équipement BT du poste.
- contrôle des verrouillages, des asservissements et des automatismes.

- réglage et contrôle du relaying de protection.
- Le matériel de sécurité.

Il est également vérifié que le poste est équipé de telle façon que les manœuvres et l'exploitation puissent se faire en toute sécurité. A la réception du certificat de conformité :

- le distributeur met en service l'alimentation MT et vérifie le bon fonctionnement de comptage.
- l'installateur devra s'occuper de la mise en service de la distribution BT [4].

### III.3 DIFFERENTS TYPES DES POSTES MT/BT

On peut classer les postes MT/BT en deux catégories :

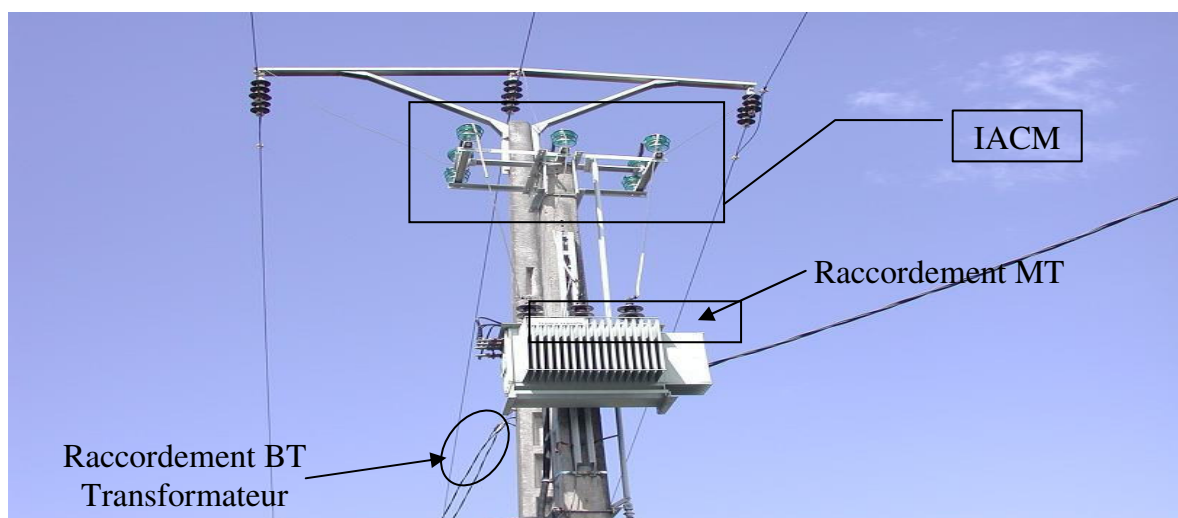
#### III.3.1 Les postes d'extérieur

##### III.3.1.1 Poste sur poteau

La puissance est de (50 à 160) KVA, Le transformateur et l'appareillage sont fixés sur le poteau figure (III.1) :

- **Protection**
  - Côté moyenne tension : protection contre la foudre par éclateur et parfois par fusible.
  - Côté basse tension : un disjoncteur protège le transformateur contre les surintensités.
- **Raccordement**

Le transformateur est alimenté en aérien, le départ BT s'effectue soit en aérien, soit en souterrain.



**Figure (III.1) poste MT/BT sur poteau.**

### III.3.1.2 Postes sur SKID

Le transformateur et l'appareillage sont rassemblés dans une enveloppe métallique, le départ s'effectue en aérien ou en souterrain, Ces postes sont très compacts et leur mise en place est très rapide, parmi les avantages les plus connus :

- Génie civil simplifié (uniquement plate forme).
- Disponibilité immédiate clés en mains (dès l'ouverture du chantier).
- Gain de temps et d'espace.

#### - Constitution

Les tableaux MT (cellules d'arrivées et cellule de protection cotée MT), tableaux BT (les TC, disjoncteur général BT, départs BT protégés par disjoncteurs), transformateur. Ce type de poste est transporté par camion. Il est déposé sur une dalle en ciment. Le montage consiste à raccorder les câbles d'arrivée et de départ

### III.3.2 Les postes d'intérieur

A partir des recherches effectuées au niveau du SONELGAZ et quelques entreprises qui s'intéressent à l'équipement des postes de transformation (MT/BT), On peut distinguer trois types de poste MT/BT :

- Poste distribution publique.
- Poste à livraison à comptage BT (client)
- Poste à livraison à comptage MT (spécifique).
- Postes mixtes.

#### III.3.2.1 Postes de distribution publique DP

Ces postes désignés à l'usage public (clients domestiques, bâtiments, lotissements,...), que l'on peut trouver à l'intérieur des villes, ces postes assurent l'alimentation en électricité d'une manière permanente.

##### III.3.2.1.1 Constitution des postes DP

Ces postes sont constitués de trois parties :

- L'équipement MT pour le raccordement au réseau amont.
- Le transformateur de distribution MT/BT.
- Le tableau des départs BT (tableau de distribution publique TDP) comme points de

raccordement du réseau aval de distribution en basse tension.

### Remarque

Nous vous utilisons l'appellation propre des équipements SCHNEIDER ELECTRIC pour tous les équipements du poste MT/BT.

Ce poste de distribution publique comprend :

- Une cellule arrivée (réseau) IM.
- Une cellule départ (réseau) IM.
- Une cellule protection du transformateur par fusibles PM ou QM

Le schéma type de ces postes est représenté dans la figure (III.2) :

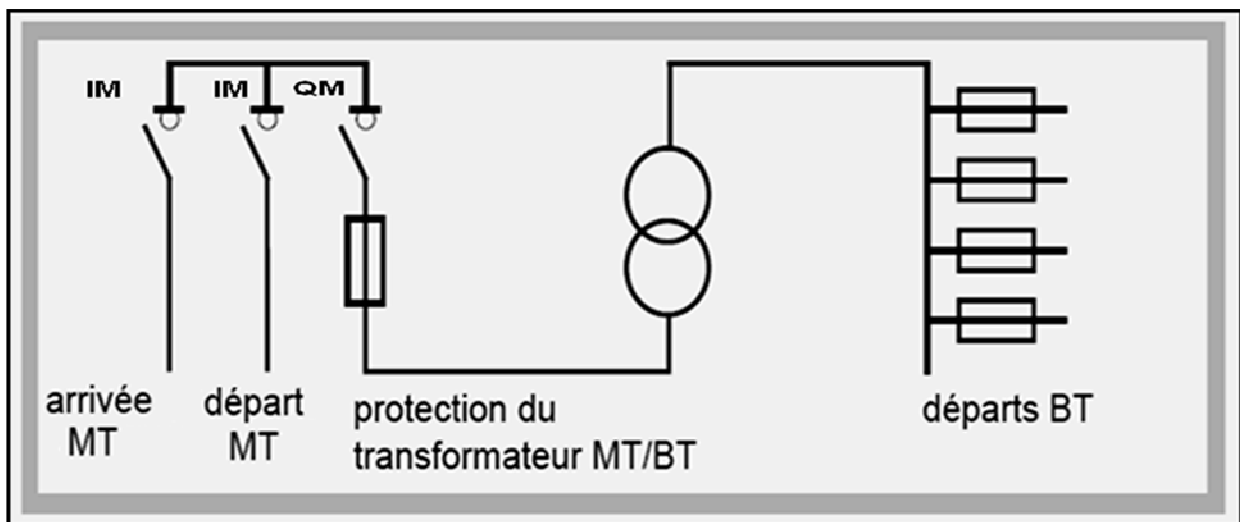


Figure (III.2) Schéma unifilaire d'un poste de distribution publique.

### III.3.2.2 Les postes à livraisons

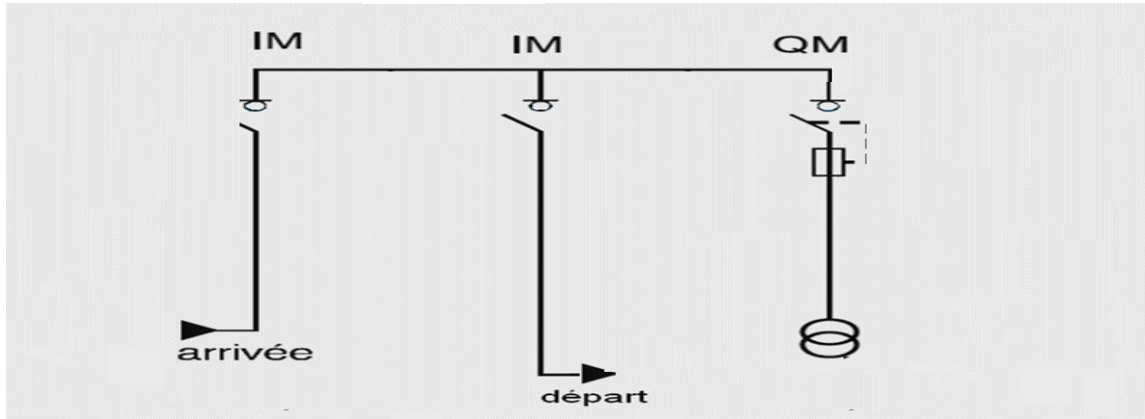
Avant d'entamer notre étude sur le poste de la briqueterie d'EL KALAA HAMMAD il est important de donner des définitions aux catégories de poste de livraison qui permettent de bien connaître ce genre de poste. Ces postes sont désignés pour client privé (Usine, Hôtel, Ecole...etc.) et la classification des postes de livraison est dû au type de comptage (comptage BT ou MT) et la valeur de courant délivré par le transformateur vers l'installation, on trouve deux types :

#### III.3.2.2.1 Postes de livraison à comptage BT ( $S \leq 630 \text{kva}$ )

Ce poste est similaire à un poste de distribution publique mais dans ce cas le comptage se fait dans le poste, les services de SONEGAS doivent installer des TC et des TP ainsi qu'un panneau de comptage pour compter l'énergie consommée par cet

abonné, le schéma unifilaire est présenté par figure (III.3), ce poste comprend :

- Une cellule arrivée (réseau) IM.
- Une cellule départ (réseau) IM.
- Une cellule protection du transformateur par fusibles PM ou QM.



**Figure (III.3) schéma unifilaire d'un poste livraison à comptage BT**

### III.3.2.2.2 Postes livraison à comptage MT spécifique ( $S > 630\text{KVA}$ )

Ce type est destiné aux clients d'une large consommation de l'énergie électriques ( $S > 630\text{KVA}$  ou pour poste de plusieurs transformateurs) comme les usines et dans ce cas le comptage se fait grâce à une cellule de comptage MT, il existe aussi deux types de postes livraison à comptage MT( par QM ou par DM1):

#### III.3.2.2.2.1 Postes livraison à protection par fusibles (QM)/ (PM) ( $I < 45\text{A}$ )

C'est le type qui existe dans la briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD la protection par fusibles est utilisée lorsque le courant côté MT est inférieur à 45A ( $I < 45\text{A}$ ) selon la norme CEI 60265. Ce type des postes comprend :

- Une cellule arrivée (réseau) IM.
- Une cellule départ (réseau) IM.
- Une cellule Comptage et mesure CM.
- Une cellule protection générale par disjoncteur MT DM2.
- Une ou plusieurs cellules protection par fusibles QM ou PM.

Le schéma unifilaire de ce poste est représenté par figure (III.5) :

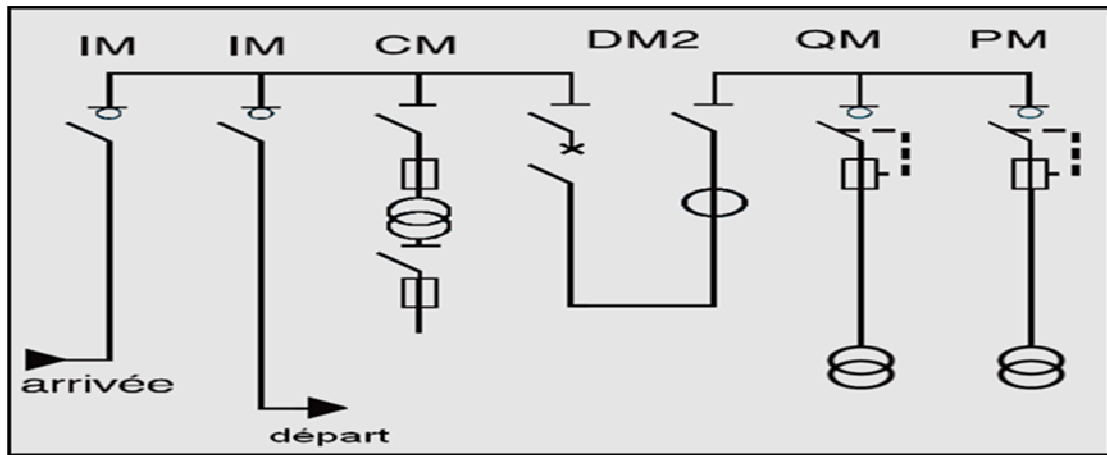


Figure (III.4) Schéma unifilaire de poste livraison à comptage MT par Fusible.

#### II.3.2.2.2 Postes livraison à protection par disjoncteur MT ( $I > 45A$ )

La protection par disjoncteur est obligatoire lorsque le courant côté MT est supérieur à 45A ( $I > 45A$ ) selon la norme CEI 60265. Ce type des postes comprend la même structure précédente sauf que les cellules PM, QM sont remplacées par DM1 voir figure (III.5) :

- Une cellule arrivée (réseau) IM.
- Une cellule départ (réseau) IM.
- Une cellule Comptage et mesure CM.
- Une cellule protection générale DM2 par disjoncteur.
- Une ou plusieurs cellules protection individuelles par disjoncteur DM1.

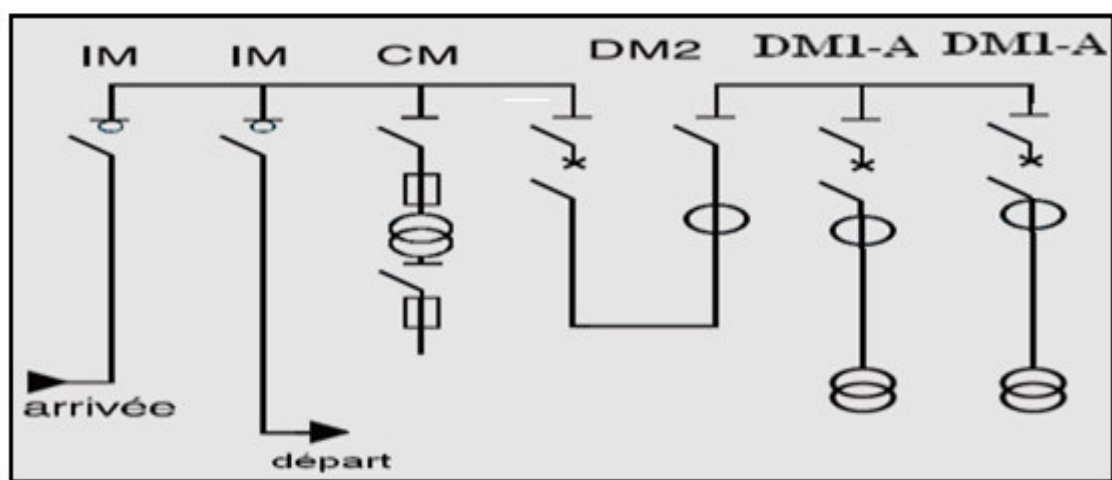


Figure (III.5) poste à livraison à protection par Disjoncteur

### III.3.2.3 Les postes mixtes

Les postes mixtes sont le résultat technique nommé (un mixage entre le DP et le poste livraison), cette technique choisie est utilisée par SONELGAZ pour réduire le nombre des postes dans la ville, et exploiter les DP. A l'intérieur de ces postes on trouve une côté réservée pour les équipements de poste DP, et l'autre côté pour les équipements de poste à livraison (écoule, société, caserne...).

Ce poste possède aussi deux accès l'un pour SONELGAZ et l'autre pour l'abonné en cas d'intervention par exemple.

#### III.3.2.3.1 Constitution des postes mixtes :

En ce qui concerne les éléments de poste DP sont les mêmes, cependant les équipements de poste à livraison sont les même que ceux décrits précédemment.

## III.4 COMPOSITION DES POSTES MT/BT

Les postes maçonnés MT/BT comprend un ensemble d'équipements et d'appareillages, chacun de ces équipements a un rôle différent de l'autre (raccordement, protection, transformation,...), parmi les quels on peut citer :

- Cellules moyennes tension 24 ou 36 KV : type IM, PM, QM, DM2...etc.
- Détecteur de défaut pour réseaux MT souterrains.
- Disjoncteur BT fixe ou deprochable, cellule locale protection générale.
- Transformateur abaisseur de puissance 50,100, 160, 250, 400, 630 KVA, ...etc.
- Cellules Transformateur.
- Matériels de Sécurité et fusible de rechange.
- Boites de déflecteur.
- Boites d'extrémité extérieure et intérieure unipolaire ou tripolaire.
- Câble Sec (Câble MT) et câble BT
- Cosses.

### III.4.1 Définition des différentes cellules

Les appareils (disjoncteurs, interrupteurs ... etc.) sont intégrés dans des enveloppes métalliques qui facilitent l'installation et l'exploitation en toute sécurité, les enveloppes sont appelées cellules. Les cellules de la gamme SM6 permettent de

réaliser la partie MT du poste de transformation MT/BT et de réaliser toutes les fonctions nécessaires du poste pour les niveaux de performance envisagés

Il existe différentes cellules entrant dans la composition des postes de transformation MT/BT et de répartition nous citons :

- **IM, IMC, IMB** : interrupteur.
- **PM** : interrupteur-fusibles associés.
- **QM, QMC, QMB** : combiné interrupteur-fusibles.
- **DM1-A, DM1-D, DM1-S** : disjoncteur (SF6) simple sectionnement.
- **DM1-W, DM1-Z** : disjoncteur (SF6) débrocha le simple sectionnement.
- **DM2** : disjoncteur (SF6) double sectionnement.
- **CM** : cellule de comptage.
- **GIM** : gaine intercalaire.
- **GEM** : gaine d'extension.
- **GAM2, GAM** : gaine d'arrivée,..... etc. [4].

#### III.4.1.1 Identification des cellules

Les cellules SM6-36ou 24 sont identifiées par un symbole comprenant :

- la désignation de la fonction, donc du schéma électrique : IM, QM, DM2, CM,....
- l'intensité assignée de l'appareil : 100 - 400 - 630 A ;
- la tension assignée : 36 kV ;
- les valeurs maximales des courants de courte durée admissibles : 12,5 - 16 -20 kA.1s

Dans les tableaux suivants nous montrons les dimensions et les masses des cellules modulaires 36KVA, 24KVA respectivement :

Type de cellule	Hauteur (mm)	Largeur (mm)	Profondeur (mm)	Masse (Kg)
<b>IM, IMB</b>	1600	375	940	120
<b>PM, QM, QMB</b>	1600	375	940	130
<b>QMC</b>	1600	625	940	230
<b>DM1-A, DM1-D, DM1-W, M2</b>	1600	750	1220	400
<b>CM</b>	1600	375	940	190
<b>GIM</b>	1600	125	940	30
<b>GEM</b>	1600	125	920/1060	30/35

**Tableau (III.1) Dimensions et masses des cellules modulaires SM6, 24KV.**

Type de cellule	Hauteur (mm)	Largeur (mm)	Profondeur (mm)	Masse (Kg)
<b>IM, SM</b>	2250	750	1400	310
<b>IMC, IMB</b>	2250	750	1400	420
<b>QM, PM</b>	2250	750	1400	330
<b>DM1-A</b>	2250	1000	1400	600
<b>DM1-D</b>	2250	1000	1400	560
<b>GIM</b>	2250	250	1400	90
<b>DM2</b>	2250	1500	1400	900
<b>CM, CM2</b>	2250	750	1400	460
<b>GBM</b>	2250	750	1400	260
<b>GAM2</b>	2250	750	1400	250

**Tableau (III.2) Dimensions et masses des cellules modulaires SM6, 36KV.**

### III.4.1.2 Choix des fusibles

Les fusibles à installer dans la cellule de protection SM6-36 dépend des éléments suivants :

- tension de service
- puissance du transformateur à protéger
- technologie des fusibles (constructeur).

Les fusibles utilisés sont généralement du type **Fusarc CF**. Le tableau ci-dessous, indique le choix de ces fusibles[4] :

<b>Transformateur de type sec</b>												
<b>Tension de service (KV)</b>	<b>Puissance du transformateur (KVA)</b>											<b>Tension assignée (KV)</b>
	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	
<b>Fusarc CF</b>												
30	10	10	16	20	25	31.5	31.5	50	50	63	63	36
31.5	10	10	16	20	25	25	31.5	50	50	63	63	36
33	6.3	10	16	25	25	25	31.5	40	50	50	63	36
34.5	6.3	10	16	20	25	25	31.5	40	50	50	63	36

**Tableau (III.3) Choix du calibre des fusibles type Fusarc CF (30 KV).**

La longueur, le diamètre, et la masse de ces fusibles sont déterminées à partir du tableau suivant :

Tension assignée (KV)	Calibre (A)	Longueur (mm)	Diamètre (mm)	Masse (Kg)
36	10 à 16	537	50.5	1.8
	25	537	57	2.6
	31.5 à 40	537	78.5	4.7
	50 à 63	537	86	6.4

**Tableau (III.4) Dimension et masse des fusibles type Fusarc CF.**

### III.5 ETUDE ELECTRIQUE

Toute étude faite par les ingénieurs où les bureaux d'études doit d'être basée sur des lois et normes intentionnelles (CEI, NF), qui sont recommandées pour protéger les biens et les personnes ainsi que les appareils et les équipements de notre installation.

#### III.5.1 Composition de poste MT/BT de la briqueterie

Le poste de la briqueterie est réalisé à partir de cellules modulaire de la gamme SM6, qui permettent de réaliser tous les types de schéma et les extensions ultérieures, en plus de trois transformateurs de puissance de 3x630 KVA et une CLPG avec matériels de sécurité, alimenté par 30KV(MT).

#### III.5.2 Description des différentes cellules existent dans le poste

Tous les cellules du poste sont caractérisées par :

- 1- Tension nominale : 36KV.
- 2-Tension de service : 30KV.
- 3-Jeu de barre en cuivre : 400A.

##### III.5.2.1 Cellule interrupteur IM

Cellule Interrupteur est utilisée pour le raccordement au réseau MT, elle est composée de cinq compartiments distincts séparés par des cloisons métalliques ou isolantes

- 1- interrupteur et sectionneur de terre.
- 2- jeu de barres tripolaire.
- 3- commande
- 4- indicateurs de présence de tension et indicateur de défaut.
- 5- plages de raccordement pour câbles secs (Boite d'extrémité).

### III.5.2.2 Cellule comptage CM

C'est une cellule de comptage modulaire destinée à mesurer la tension (TP) et les TI réservés dans la cellule DM2. La cellule CM est composée essentiellement de :

- 1- sectionneur et sectionneur de mise à la terre.
- 2- jeu de barres tripolaire.
- 3- commande sectionneur.
- 4- collecteur de terre.
- 5- indicateur de défaut.
- 5- fusibles HPC 6A ,36 KV.
- 6- boîte d'extrémité.
- 7-transformateurs de potentiel (phase/masse) pour comptage MT 30KV/100V.
- 8- transformateurs de potentiel auxiliaire 30KV/220V.

- **Rôle de transformateur de tension**

- 1-Adapter la valeur de la tension primaire à la caractéristique standard des instruments de mesure et de protection.
- 2-Isoler les circuits de puissance du circuit de mesure et de protection. Ils alimentent en général des appareils de mesure de comptage et de relais de protection.

### III.5.2.3 Cellule protection générale DM

Cellule disjoncteur (SF6) double sectionnement pour la protection générale du poste, la protection générale a pour but essentiel de protéger le réseau de distribution publique lors d'un défaut de l'installation, cette protection est habituellement destinée dans le cas de maximum de courant par un relais de protection STATIMAX, les équipements de base sont :

- 1- Appareillage.
- 2- Jeu de barres tripolaire.
- 3- Commande disjoncteur.
- 4- Compartiment BT.
- 5- Raccordement et appareillage.
- 6- Transformateurs de courant.
- 7-Indicateur d'état de tension.
- 8-Relais a protection à temps constant,..... etc.

- **Le disjoncteur SF1**

Le disjoncteur SF1 est constitué de trois pôles séparés, fixés sur une structure supportant la commande. Chaque pôle renferme toutes les Parties actives dans une enveloppe isolante remplie de SF6 à la pression Relative de 0,5 bar. Elles offrent toutes les garanties d'utilisation à l'exploitant.

### III.5.2.4 Cellule protection du transformateur QM

QM interrupteur-fusibles combiné, c'est une cellule de protection individuelle pour chaque transformateur de puissance qui doit être protégés contre

- les défauts internes et les surtensions.
- les surcharges et les courts-circuits, et dans certain cas.
- les défauts d'isolement à la masse.

- **Equipement de base**

- 1- Jeu de barres tripolaire.
- 2- Appareillage.
- 3- Commande.
- 4- Compartiment BT.
- 5- Raccordement (boite d'extrémité).
- 6- Fusibles HPC 6A ,36 KV.



**Figure (III.6) Représentation des cellules du poste de la briquetterie.**

### III.5.2.5 Détecteurs de courant de défaut

Le détecteur de défaut est conçu pour la localisation des défauts permanents sur les réseaux de câbles MT. Utilisant une méthode de détection des défauts directionnelle ou ampèremétrique,

### III.5.2.6 Transformateur de distribution MT/BT

Les transformateurs de distribution MT/BT sont généralement abaisseurs, ils permettent d'alimenter des installations basse tension à partir d'un réseau moyenne tensions, les connexions des enroulements des transformateurs faits par plusieurs manières (Y/Zn.11) de 50 à 160 KVA, (D/Yn.11) de 250 à 1600KVA. Les puissances habituelles de transformateurs sont :50-100- 160 - 250 - 400 - 630 - 800 - 1000 - 1250 KVA. Pour les transformateurs de la briqueterie (figure(III.7)) est caractérisées par :

- 1- la puissance assignée 630 KVA.
- 2- Tension primaire 30 KV et secondaire 400V entre phase et 231V entre phase et neutre.
- 3- fréquence 50 Hz.
- 4- niveau d'isolement 70 KV.
- 5- Réglage dans plage de  $\pm 5\%$ ,  $\pm 2 \times 2.5\%$ .
- 6- couplage (D/Yn.11)
- 7- pertes à vide:  $P_o = 1400W$ , pertes en charge :  $P_{cc} = 8820W$ , Tension de court circuit :  $U_{cc} = 6\%$  à  $75^\circ C$ .



Figure (III.7) transformateur de puissance.

### III.5.2.7 Boite d'extrémité

Ce dernier assure l'isolation dans le raccordement entre deux câbles.

### III.5.2.8 Boite de déflecteur

La boite déflecteur est thermoretractable et a un rôle principale de renforcer le point de jonction entre le câble MT et le transformateur.

### III.5.2.9 Le disjoncteur BT

A fin d'assurer la protection contre les défauts de l'installation au cote BT, il nécessaire d'installer soit :

- Un disjoncteur fixe.
- Un disjoncteur debrochable.
- Une cellule (armoie) locale protection générale (CLPG).

La briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD utilise comme disjoncteur basse tension une cellule locale protection générale (CLPG) voir figure (III.8).



Figure (III.8) cellule locale de protection générale BT (CLPG).

### III.5.2.10 Matériels de sécurité

Le poste est équipé par un matériel qui permettant d'assurer l'exploitation et faciliter les manœuvres dans des conditions de sécurité :

- tabouret ou tapie isolant selon la tension du poste.
- paire de gants placée dans une enveloppe.
- perche de sauvetage.
- perche VAT (vérification d'absence de tension).
- matériel d'extinction.



**Figure (III.9) Équipements de sécurité.**

### III.6 ETUDE GENIE CIVIL

Cette partie montre l'étude du poste MT/BT de la briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD qui consiste à étudier l'infrastructure (semelle et longrine) et la superstructure (poteaux, poutres et planchers). Avec les plans qui représentent les orientations des bus des câbles et différents coupes de façade, les plans qui effectuer sur ce poste est cité comme suite:

- plan de fondation Figure (III.10).
- plan de ferrailage Figure (III.11).
- plan de réservation. Figure (III.12)
- plan d'éclairage et prise de terre. Figure (III.13).
- plan d'équipement. Figure (III.14).
- Plan de schéma unifilaire. Figure (III.15).
- les coupes A-A/B-B/C-C. Figure (III.16/17/18).
- les coupes des accès des façades. Figure (III.19).

On représente les différentes coupes et plans du poste MT/BT de la briqueterie :

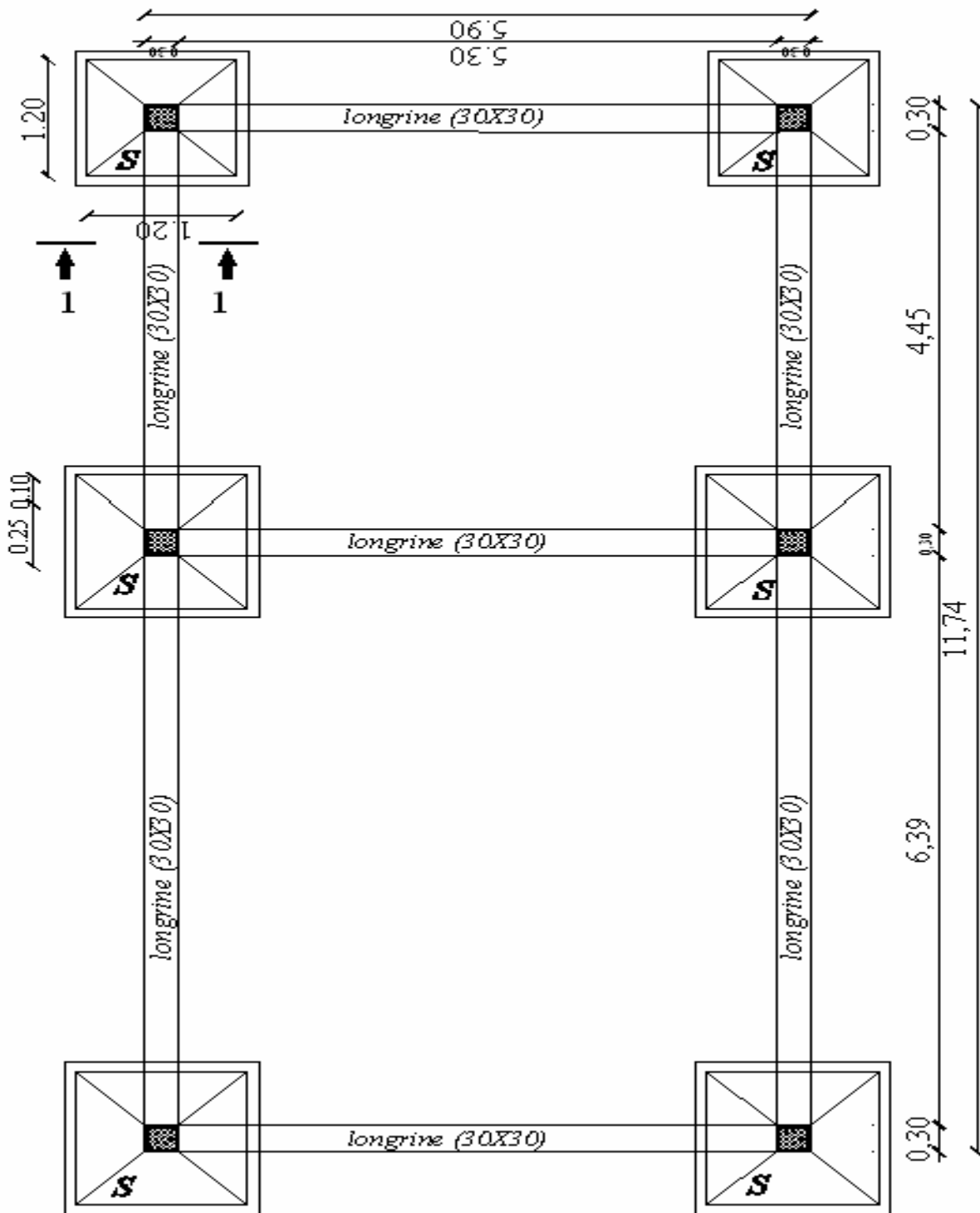


Figure (III.10) Plan de fondation.

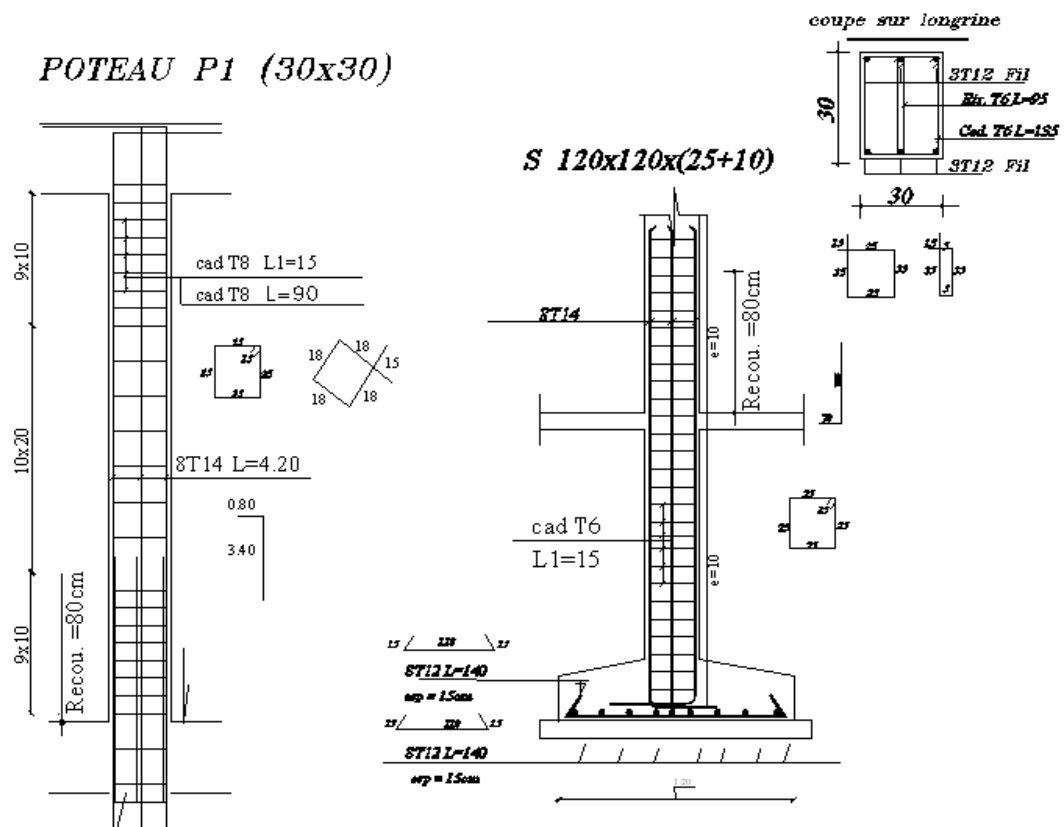


Figure (III.11) Plan de ferrailage

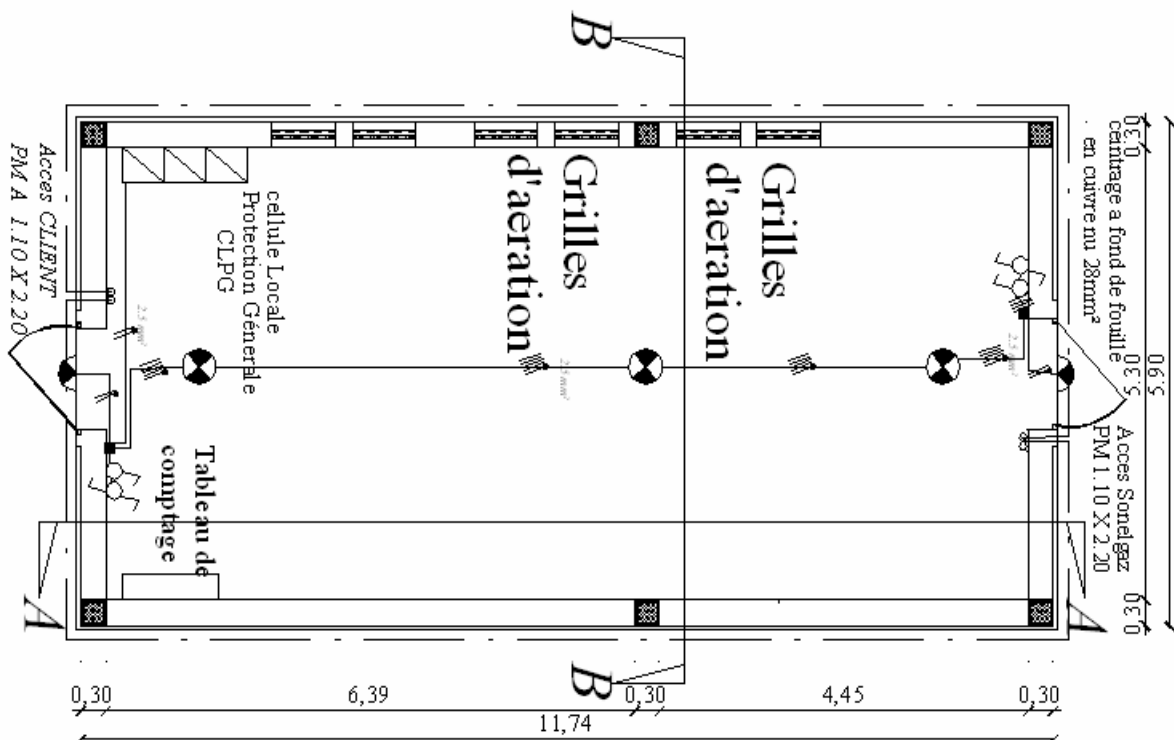


Figure (III.12) Plan d'éclairage poste et prise de terre



**Figure (III.15) Schéma unifilaire du poste**

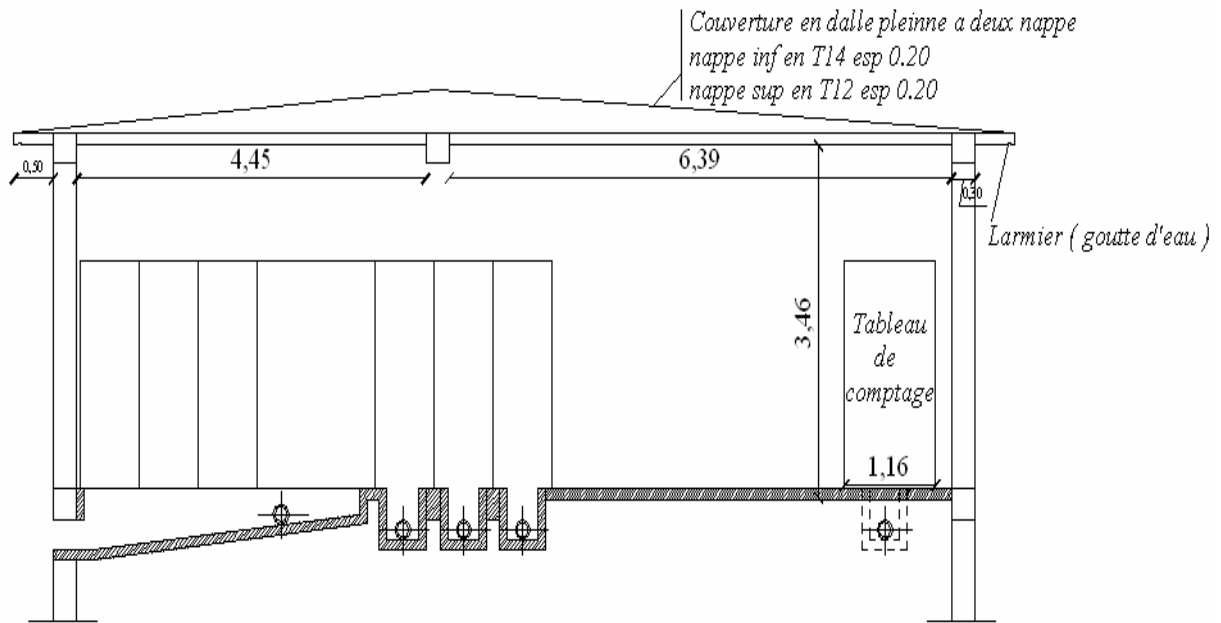


Figure (III.16) Coupe A-A

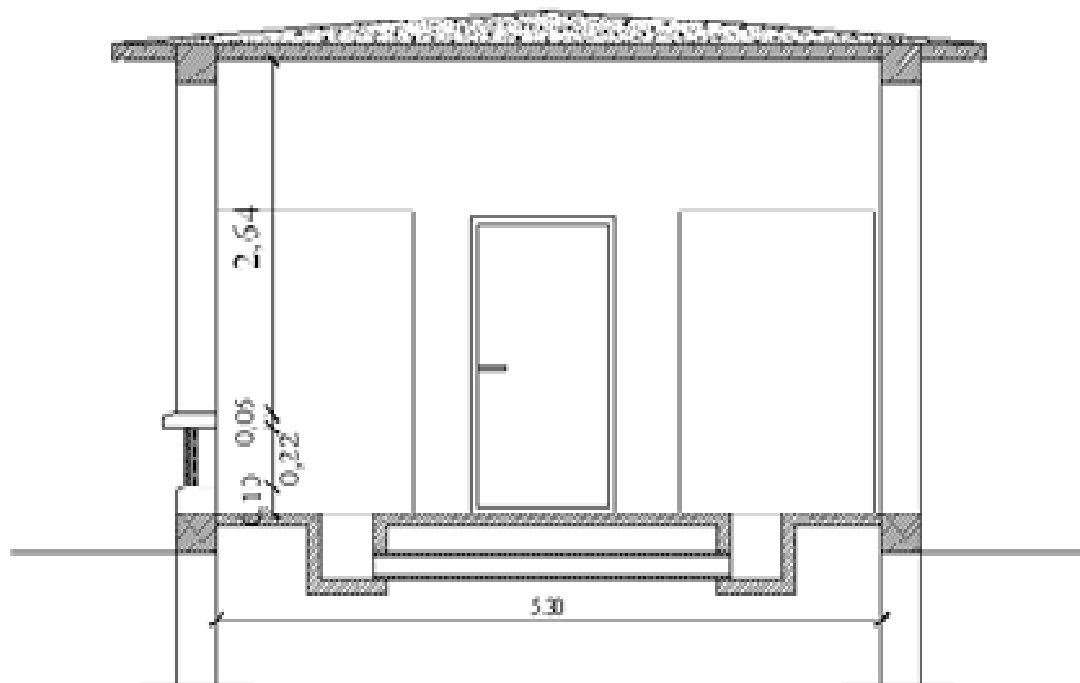
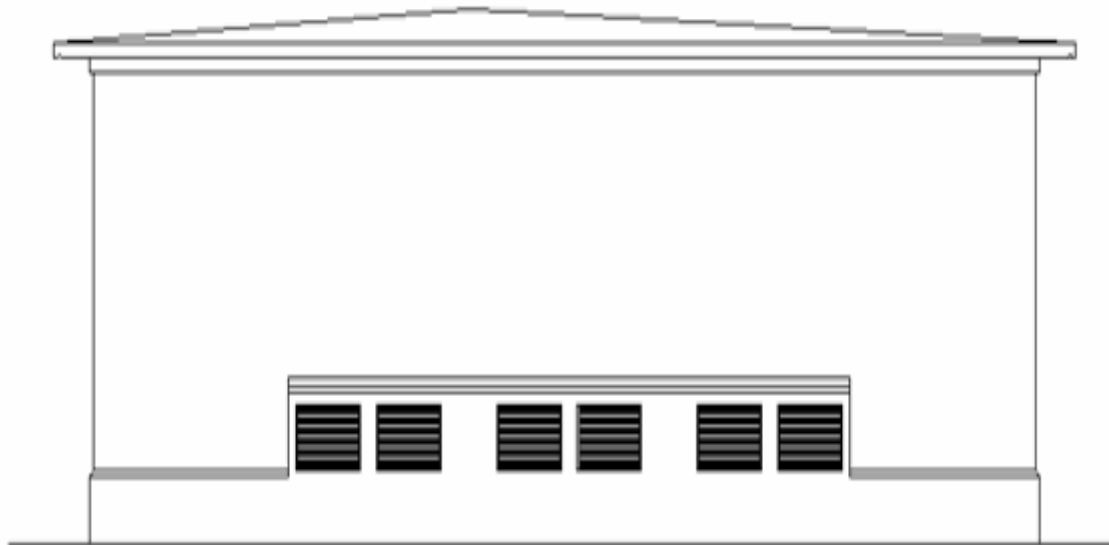
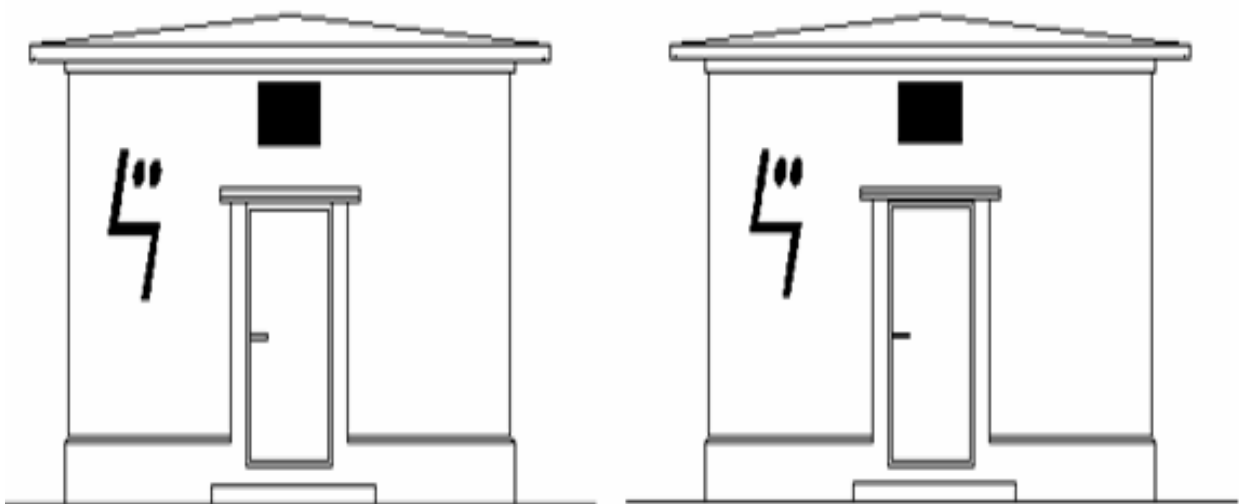


Figure (III.17) Coupe B-B



**Figure (III.18) Coupe C-C**



**Figure (III.19) Façades accès SONELGAZ et accès Client.**

Après la comparaison entre cette étude et l'étude réelle nous n'avons pas trouvé aucune différence entre eux.

### **Remarque**

L'étude précédente était fait a l'aide d'un ingénieur en génie civil.

### III.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé les caractéristiques des postes de distribution MT/BT, on a présenté en premier lieu le rôle et les fonctionnalités des postes et les différents types des postes MT/BT, ainsi que les organes constituant ces postes.

Les anomalies constatées doivent être prise en considération et nous citons :

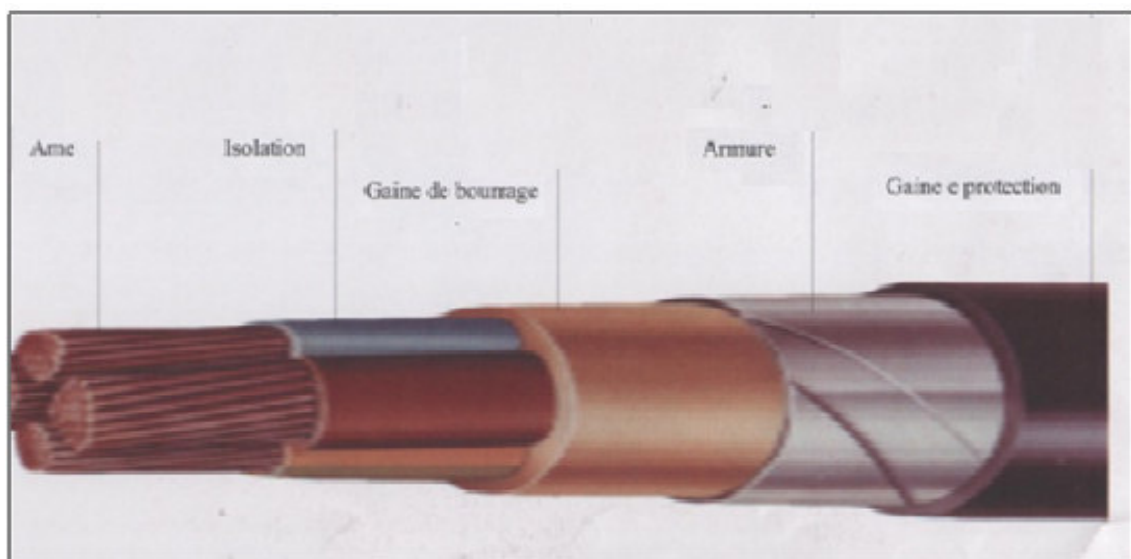
- La PMA enregistrée de la briqueterie est de 978 KVA alors que les trois (3x630 KVA) sont sous tension, donc l'usine pourra exploiter deux transformateurs au lieu de trois pour les avantages suivantes :
  1. Meilleur rendement du transformateur.
  2. Minimiser les pertes à vide.
  3. Eviter les contraintes d'installation (harmonique).
  4. Durée de vie plus large du transformateur.
- Détérioration des fusibles de la cellule QM 03.
- A cause de l'absence de repérage des câbles toute intervention est dangereuse.
- Mauvaise qualité des fusibles.
- Les appareils de mesure de tension et de courant ne fonctionnent pas.

## IV.1 GENERALITES

Un câble électrique comprend toujours une partie active métallique (âme conductrice) dont le rôle de conduire le courant électrique et une ou plusieurs couches concentriques de matériaux isolants et protecteur, il constitués essentiellement par des éléments suivants :

- D'une partie qui conduit l'électricité appelée âme,
- D'une isolation de l'âme appelée isolant de l'âme,
- D'une isolation du câble appelée gaine,
- Éventuellement d'un bourrage,
- Éventuellement d'un blindage mécanique ou électrique.

Dans ce chapitre nous présentons les différents types du câble basse tension avec les critères principaux pour choisir un câble électrique.



**Figure (IV.1) Câble électrique basse tension**

### IV.1.1 Ame conductrice

Elle peut être massive, rigide ou souple, ou même extra souple (câble soudure). Elle peut être en cuivre, en aluminium ou en alliage aluminium, Les âmes sont réparties en classe suivant leur degré de rigidité ou de souplesse.

**a- Ame rigide classe 1 classe 2**

Utilisé pour la fabrication des câbles pour les installations fixes, elles sont définies par leur résistance linéique et par le nombre minimal de brins qu'elles comportent, elles peuvent être en cuivre ou en aluminium

**b- Ame rigide classe 5 classe 6**

Utilisé pour la fabrication des câbles souple pour liaisons mobiles, elles sont définies par leur résistance linéique et par le nombre maximal de brins qu'elles composent,

**IV.1.2 Isolation**

Il est également appelée « enveloppe ». Son rôle est électrique, le matériau d'isolation électrique appropriées avec l'utilisation du câble. Les caractéristiques des matériaux sont les isolations extrudées (PVC, PR), les normes et les spécifications indiquant l'épaisseur moyenne minimum à respecter.

**IV.1.3 Assemblage**

C'est le cas des câbles à plusieurs conducteurs, les conducteurs sont regroupés de façon géométrique. Quand le câble a plus de 5 conducteurs, ces derniers sont assemblés en plusieurs couches une couche comporte toujours 6 conducteurs de plus que la couche précédente si les conducteurs ont le même diamètre, l'assemblage de 2 à 5 conducteurs laisse un vide important entre les conducteurs, ce dernier sert également à donner au câble une section circulaire, le bourrage peut être extrudé ou posé en même temps que l'on assemble les conducteurs.

**IV.1.4 Repérage des conducteurs**

Pour raccorder sans erreur, les conducteurs d'un câble il faut pouvoir les différencier avec certitude.

Plusieurs possibilités sont utilisées :

- Conducteur de couleur.
- Conducteur noir avec numéro imprimé en blanc.

Ce type de repérage est habituellement réservé aux câbles à 7 conducteurs et plus.

Chaque couche de conducteur coloré dit conducteur pilot, un conducteur d'une autre couleur dit conducteur directionnel, et les autres conducteurs de la couche d'une autre couleur.

#### **IV.1.5 Bourrage**

Le bourrage a pour but de remplir les interstices entre les conducteurs afin de donner au câble une forme cylindrique.

#### **IV.1.6 Protection d'un ou des conducteurs**

Le degré de protection requis pour un câble dépend de l'environnement dans lequel il sera posé et de son utilisation courante.

#### **IV.1.7 Gaine**

C'est la protection la plus simple, elle est extrudée (PVC, Polythènes, Polychloropène), et peut également faire bourrage.

#### **IV.1.8 Armures**

C'est la protection contre les chocs, Les câbles basse tension 1000 V qui est possèdent une armure peuvent être enterrés sans autre protection, les armures sont toujours métalliques et peuvent être réalisées de différentes façons.

##### **a- Armure en feuillard d'acier**

Le feuillard est une bande de 0.2mm, 0.5 mm ou 0.8 mm d'épaisseur suivant le diamètre du câble, et de largeur comprise entre 20 et 50 mm. On pose généralement 2 feuillards à jointe, le deuxième recouvrant l'espace laissé libre par le premier (généralement 1/3 de la largeur), les feuillards peuvent être galvanisés ou nus.

##### **b- Armure en feuillard d'aluminium**

Identique de type ci-dessus mais en alliage d'aluminium, elle est utilisée sur les mono conducteurs, pour éviter les pertes dues aux courants de Foucault.

##### **c-Armure en feuillard galvanisé**

Pour réaliser ce type d'armure, on enroule autour du câble un certain nombre de fils d'acier galvanisé, dont le diamètre est compris entre 1 et 3 mm suivant le diamètre du câble. C'est une armure lourde, elle renforce les câbles aussi bien latéralement que longitudinalement.

### **IV.1.9 Ecran**

Les écrans ou blindages ne sont pas désignés à la protection mécanique mais à la protection électrique, il sont constitués d'un ou de deux rubans de cuivre, ou d'aluminium enroulés en hélice, ou par un nappe de fils électriquement réunis par une contre spire en ruban ne laissant aucun espace libre.

Ils peuvent être également réalisés par une tresse de fils en cuivre, le rôle des écrans peut être différent suivant les types de câbles :

- faire barrière aux champs électrostatiques extérieurs aux câbles.
- évacuer les courants capacitifs ainsi que en cas de défaut, le courant de court circuit homopolaire

## **IV.2 CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES**

### **VI.2.1 Généralités**

Les différentes caractéristiques linéiques d'un câble dépendent non seulement des caractéristiques de l'âme conductrice mais des différents composants entrant dans la constitution du câble.

La description de ces composants et des différents types de câbles selon leurs tensions d'utilisations est donnée ci-dessous.

En basse tension, les câbles comportant, on générale uniquement une âme conductrice et son enveloppe isolante.

### **VI.2.2 Résistance linéique effective**

Le calcul de la résistance linéique effective d'un câble en courant alternatif comporte plusieurs étapes :

- 1- Résistance en courant continu de l'âme à 20°C.
- 2- Résistance en courant continu de l'âme à température de service.
- 3- Résistance en courant alternatif de l'âme à température de service.

#### **VI.2.2.1 Résistance linéique en courant continu d'une âme à 20°C**

Les valeurs de la résistance linéique de l'âme sont réparties en quatre classes:

- Ames massives.
- Ames câblées de section circulaire non rétreinte.
- Ames souples en cuivre.

- Ames câblées rétreintes de section circulaire.

La résistance  $R_0$  peut être calculée par la formule [6]:

$$R_0 = \frac{\rho_0}{S_c} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \quad (IV.1)$$

Avec :

$R_0$  en  $\Omega/\text{km}$ .

$\rho_0$  ( $\Omega \cdot \text{m}$ ) : résistivité du métal conducteur à  $20^\circ\text{C}$ .

$S_c$  ( $\text{mm}^2$ ) : section réelle de l'âme.

$K_1$  : coefficient dépendant de la nature de métal conducteur.

$K_2$  : coefficient représentant la majoration de longueur dû au câblage des fils constitutifs de l'âme.

$K_3$  : coefficient représentant la majoration de longueur dû à l'assemblage des conducteurs.

### VI.2.2.2 Résistance linéique de l'âme en courant continu à la température de service

La résistance linéique de l'âme en courant continu à la température de service  $\theta$  ( $^\circ\text{C}$ ) s'exprime en fonction de celle à  $20^\circ\text{C}$  par [6] :

$$R' = R_0 [1 + \alpha_0 (\theta - 20)] \quad (IV.2)$$

$R'$  en  $\Omega/\text{km}$ .

$\alpha_0$ : coefficient de la variation de la résistivité à  $20^\circ\text{C}$ .

$\alpha_0 = 0.0393$  pour le cuivre.

$\alpha_0 = 0.0403$  pour l'aluminium.

### VI.2.2.3 Résistance linéique en courant alternatif d'une âme à la température de service

En courant alternatif, plusieurs effets perturbent la répartition homogène du courant dans la section de l'âme conductrice ce qui se traduit par une augmentation des pertes et donc par un accroissement de la résistance de cette âme : Effet de peau, effet de proximité.

## 1-Effet de peau

Il est du en régime sinusoïdal au refoulement des lignes de courant du centre de l'âme vers le périphérique sous l'effet magnétique du courant de phase elle-même.

Le facteur d'effet de peau  $Y_s$ , caractérisant le pourcentage d'augmentation de la résistance due à cet effet donnée par [6] :

$$Y_s = F(X_s) = \frac{X_s^4}{192 + 0.8X_s^4} \quad (V.3)$$

avec:

$$X_s^2 = \frac{8\pi f}{R' 10^{-4} K_s} \quad (V.4)$$

$f$  (Hz) : fréquence du courant d'alimentation.

$K_s$  : coefficient, dépend de type d'âme.

$K_s = 1$  ; pour les âmes circulaires, câblée, rétreinte ou non rétreinte et sectorale

$K_s = 0.435$  pour les âmes circulaires, segmentées, Creuse.

## 2-Effet de proximité

Lorsque plusieurs conducteurs alimentés en courant alternatif sont voisins, les uns des autres, chacun d'eux est soumis aux variations des flux émis à travers lui par les autres conducteurs, il est le siège de courant induits et il en résulte que la répartition du courant dans l'âme du conducteur considéré n'est pas uniforme. Ce phénomène est appelé effet de proximité.

On emploie la formule (IV-5) donnant le facteur d'effet de proximité  $Y_p$ , caractérisant le pourcentage d'augmentation de la résistance due à cet effet. Dans le cas de trois conducteurs de section uniformes transportant un courant alternatif triphasé équilibré, il est donné par [6] :

$$Y_p = F(X_p) \left( \frac{\Phi_c}{S} \right)^2 \left[ 0.312 \left( \frac{\Phi_c}{S} \right)^2 + \frac{1.18}{F(X_p) + 0.27} \right] \quad (VI.5)$$

avec :

$$F(Xp) = \frac{Xp^4}{192 + 0.8Xp^4} \quad (I.6)$$

$\Phi_c$  (cm) : diamètre de l'âme conducteur.

S (cm) : distance entre axes des âmes.

$K_p$  : coefficient, dépend de type d'âme.

$K_p = 0.8$  ; pour les âmes circulaires, câblée, rétreinte non séchée ou sectorale.

$K_p = 1$  pour les âmes circulaires, câblée, rétreinte séchée.

#### VI.2.2.4 Résistance linéique de l'âme en courant alternatif

Les différents effets décrits dans les paragraphes précédents peuvent être considérés comme une augmentation apparente de la résistance de l'âme en courant continue. La résistance de cette âme en courant alternatif, et à la température  $\Theta$  est donnée par la formule suivante [6]:

$$R = R' [1 + K(Yp + Ys)] \quad (IV.8)$$

avec :

$K = 1.7$  pour les câbles sous tube acier .

$K = 1$  pour les autres câbles.

#### VI.2.3 Calcul de l'inductance linéique effective

Pour une liaison symétrique formée de conducteurs magnétique, l'inductance propre linéique en (H/km) est la même pour tous les conducteurs. Elle est donnée par [6]:

$$L = \left[ 0.5 + 2 \ln \left( \frac{2Sm}{\Phi_c} \right) \right] 10^{-4} \quad (\text{VI.9})$$

Avec :

$\Phi_c$  : diamètre extérieur de l'âme.

$S_m$  (cm) : distance géométrique moyenne entre les axes des conducteurs.

### VI.2.4 Calcul de la capacité linéique effective

La capacité linéique effective (en  $\mu$  F/km) est égale à la capacité de l'âme conductrice par rapport à l'écran métallique entourant l'enveloppe isolant [4] :

$$C_a = \frac{\epsilon_r}{18 \ln \left( \frac{r_2}{r_1} \right)} \quad (\text{VI.10})$$

Avec :

$\epsilon_r$  : permittivité de l'enveloppe isolante.

$r_1$  (cm) : rayon de l'âme (y compris la couche conductrice éventuelle sur l'âme)

$r_2$  (cm) : rayon de l'enveloppe isolante (non y compris la couche conductrice éventuelle sur l'âme).

## IV.3 CALCULS DES PARAMETRES DE LIGNES ELECTRIQUE BASSE TENSION

### IV.3.1 Introduction

L'intensité transportée par chaque conducteur produit une quantité de chaleur dont la dissipation dépend de la nature des matériaux constitutifs et de l'environnement. Un câble relevé à la surface de séparation de l'âme conductrice et l'isolant.

Pour la détermination de la section d'un câble on utilise des méthodes simples, rapides et pratique qui éliminent au maximum les calculs par formules.

### IV.3.2 Détermination de la section

#### IV.3.2.1 Choix en fonction de la puissance à transporter

La puissance à transporter dans une canalisation permet de calculer l'intensité par phase, et de déterminer la section minimale du câble à utiliser de façon à ne pas

dépasse la température limité maximale admissible d'un matériau constituant l'isolant [7].

#### IV.3.2.1.1 Calcule de l'intensité nécessaire In

Pour calculer l'intensité à transporter, il faut connaître :

- **La puissance absorbée par le récepteur  $P_a$ :**

Si on désigne par le rendement du récepteur, la relation qui lie la puissance absorbée  $P_a$  et la puissance fournie  $P_f$  au récepteur est :

$$P_a = \frac{P_f}{\eta} \quad (IV.11)$$

Avec :

$P_a$  : Puissance absorbée.

$P_f$  : Puissance fournie.

$\eta$  : Rendement.

tel-que :  $\eta = 0.8$  si  $P_a < 20CV$ .

$\eta = 0.85$  si  $20CV \leq P_a \leq 80CV$ .

$\eta = 0.90$  si  $P_a \geq 80CV$ .

La puissance peut exprimée en :

- Chevaux (CV)  $1CV = 736Watts$ .

- ou en watts : (W).

- ou en volts ampère (VA). Il s'agit alors d'une puissance apparente qui tient en compte

du rendement et du facteur de puissance  $\cos \varphi$ .

- **La tension efficace (U) du réseau en volts**

Elle set définie :

- soit la tension entre 2 conducteurs d'alimentation pour un circuit en courant continu ou en courant alternatif monophasé.

- soit la tension entre deux conducteurs de phase pour un circuit en courant alternatif triphasé.

### - Le facteur de puissance de l'installation $\cos \varphi$

Celui ci en générale égal à :

$\cos \varphi = 1$  pour les lampes à incandescence et les résistances chauffantes.

$\cos \varphi = 0.8$  à  $0.9$  pour les moteurs.

$\cos \varphi = 0.3$  à  $0.6$  pour les lampes fluorescentes.

Si le  $\cos \varphi$  n'est pas spécifiée .on prendra  $0.8$ , Les formules qui permettent de calculer  $I_n$  sont données par le tableaux (IV.1).

Courant	Formule
Continu	$I_n = \frac{Pa}{U} \quad (VI. 12)$
Monophasé	$I_n = \frac{Pa}{U \cos \varphi} \quad (VI. 13)$
Alternatif diphasé	$I_n = \frac{Pa}{U\sqrt{2} \cos \varphi} \quad (VI. 14)$
Alternatif triphasé	$I_n = \frac{Pa}{U\sqrt{3} \cos \varphi} \quad (IV. 15)$

**Tableau (V.1) Calcule  $I_n$  pour les différents réseaux**

#### IV.3.2.1.2 Facteur de correction

La valeur de l'intensité ainsi calculer  $I_n$  est celle qui doit transiter dans le câble. Cette valeur doit être comparée à la valeur de l'intensité maximale admissible dans le câble qui dépend des paramètres suivants :

- Température ambiante.
- Température maximale admissible sur l'âme conductrice (valeur dépendent de la nature des matériaux utilisés pour l'isolation du câble).
- Condition de pose.

Il est nécessaire de corriger les valeurs d'intensités admissibles par des coefficients pour tenir compte des conditions réelles d'utilisation.

##### IV.3.2.1.2.1 Facteur de correction de température ambiante

Les valeurs de  $I$  admissible sont calculées pour une température ambiante de [7] :

$20^\circ\text{C}$  pour les câbles posent enterrés.

30°C pour les câbles posent à l'air libre.

Lorsque la température ambiante est différente de ces valeurs, les valeurs de I admissibles à multiplié par un facteur de correction K1 égal à :

$$K = \sqrt{\frac{\theta - T}{\theta - t}} \quad (\text{VI.16})$$

T : température ambiante réelle en °C

t : température ambiante de référence en °C (20°C pour les câbles enterrés et 30°C pour les câbles à l'air libre).

$\theta$  : Température maximale admissible de l'âme conductrice, dépendent de la nature de matériaux isolation.

#### IV.3.2.1.2.2 Facteur de correction de pose

A fin de tenir en compte des conditions de pose spécifiques (proximité d'autres câbles, sur tablette, sol de nature différentes, ...etc.), il nécessaire de multipliées I admissibles du câble par un facteur de correction de pose K2, les différents valeurs de K2 sont indiquées pour les cas suivants [7] :

##### 1-Câbles enterrés ou en caniveaux sablés enterrés

Si les canalisations sont suffisamment proche pour qu'un échauffement mutuel se produise figure (IV.2), appliqué les coefficients multiplicateur ci-après :

		Nombre de canalisations							
		2	3	4	5	6	7	8	>9
K	L=0.2	0.85	0.78	0.72	0.66	0.62	0.59	0.56	0.55
2	jointif	0.8	0.7	0.64	0.59	0.56	0.53	0.5	0.5

Tableau (IV.2) Correction du courant d'emploi en fonction de mode pose

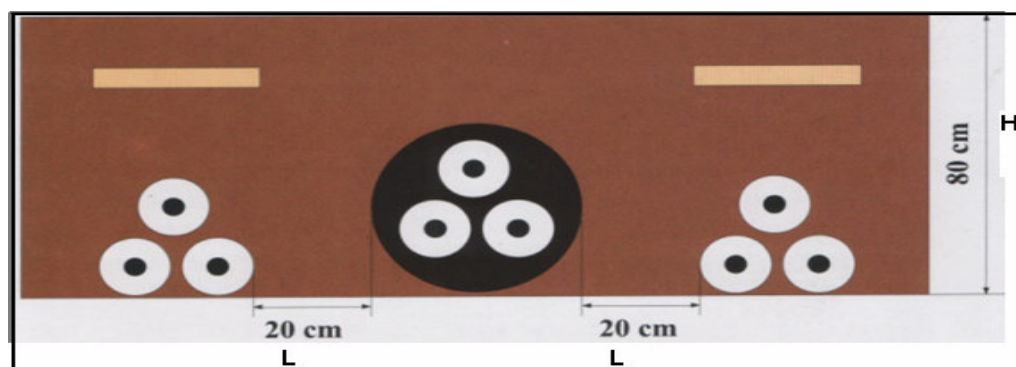


Figure (IV.2) Mode pose des câbles en caniveaux enterrés posés espacés

## 2-Câbles posés en caniveaux d'usine non sablés

### 1-câbles posés espacés

Si deux ou trois câbles sont posés en caniveaux avec un intervalle de 15 cm, les intensités admissibles s'obtiennent en appliquant aux intensités de référence, un coefficient K2 de :

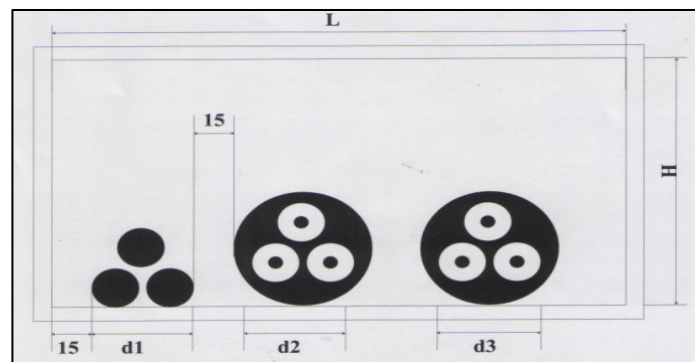


Figure (IV.3) Câbles posés en caniveau espacés.

K2 :0.9 si  $r=0.05$

K2 :0.75 si  $r=0.10$

K2 :0.60 si  $r=0.15$

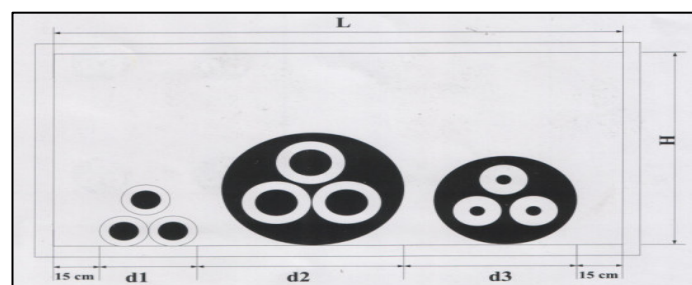
Pour 2 câbles

$$r = (d1+d2)/2(L+H) \quad (VI.17)$$

Pour 3 câbles

$$r = (d1+d2+d3)/2(L+H) \quad (VI.18)$$

### 2- Câbles posés jointifs



Si les câbles sont jointifs, les intensités admissibles s'obtient en appliquant aux intensités de

référence, un coefficient K2 de :

Pour 2 câbles :

$$K2 = 0.81 \text{ si } r = 0.05$$

$$K2 = 0.68 \text{ si } r = 0.54$$

$$K2 = 0.54 \text{ si } r = 0.15$$

**Figure (IV.4)** Câbles posés en caniveau jointifs

Pour 3 câbles :

$$K2 = 0.70 \text{ si } r = 0.05$$

$$K2 = 0.62 \text{ si } r = 0.54$$

$$K2 = 0.48 \text{ si } r = 0.15$$

### IV.3.2.2 Détermination de la section en fonction de la chute de tension

A partir de la connaissance des caractéristiques des récepteurs à alimenter, nous pouvons déterminer la section du conducteur qui permet au courant désiré de transiter. Pour ce faire, la chute de tension ne doit pas dépasser la valeur normalisée.

#### IV.3.2.2.1 Les normes limitent les chutes de tension en ligne

La norme NFC 15-100 impose que la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas les valeurs du tableau (IV.3).

Caractéristiques	Eclairage	Autres usages
Abonné alimenté par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Abonné propriétaire de son poste MT/ BT	6%	8%

**Tableau (IV.3) Chute de tension maximale entre l'origine de l'installation BT et l'utilisateur**

#### IV.3.2.2.2 Chute de tension admissible dans les canalisations

La chute de tension en ligne du câble retenue devra être inférieure à la chute de tension maximale tolérée [8] :

Celle-ci est en général de :

3% pour les canalisations d'éclairage,

5% pour les canalisations de force motrice,  
10% lors du démarrage des moteurs.

#### IV.3.2.2.3 Détermination de la chute de tension en régime permanent

La chute de tension en ligne en régime permanent est à prendre en compte pour l'utilisation du récepteur dans des conditions normales (limites fixées par les constricteurs des récepteurs) [8] .

##### IV.3.2.2.3.1 formule générale

Les formules à utiliser pour le calcul de la chute de tension sont :

En courant continu :

$$\Delta U = 2 I l R' \quad (\text{VI.19})$$

En courant alternatif monophasé :

$$\Delta U = 2 I l (R \cos \varphi + L \omega \sin \varphi) \quad (\text{VI.20})$$

En courant alternatif triphasé :

$$\Delta U = I l \sqrt{3} (R \cos \varphi + L \omega \sin \varphi) \quad (\text{VI.21})$$

Avec :

$\Delta U$  : chute de tension en volts.

$I$  : intensité transportée en fonctionnement normal ou intensité de démarrage dans le conducteur en ampères.

$l$  : longueur de la liaison en km.

$R'$  : résistance du conducteur en courant continu, à la température de fonctionnement en  $\Omega/\text{km}$ .

$R$  : résistance du conducteur en courant alternatif, à la température de fonctionnement en  $\Omega/\text{km}$ .

$L$  : self induction apparente du conducteur (H/km).

$\omega$  : pulsation du courant ( $\omega = 2\pi f$ ,  $f$  : étant la fréquence en Hz).

Cos  $\varphi$  : facteur de puissance de récepteur.

#### IV.3.2.2.3.2 La chute de tension au démarrage aux bornes du moteur

La chute de tension en ligne au démarrage est en fonction du facteur de puissance cos  $\varphi$  du moteur à sa mise sous tension.

En valeur moyenne, il est conseillé de limiter la chute de tension de 10%.

La norme IEC 947 4-1 définit les limites extrême de ce facteur de puissance en fonction de l'intensité nominal du moteur [6] ;

- pour  $I_n \leq 100A$ ,  $\cos \varphi \geq 0.45$

- pour  $I_n > 100A$ ,  $\cos \varphi \geq 0.35$ .

La chute de tension au démarrage (en %) dans un circuit moteur s'en déduit par :

$$\Delta U = I_d l \sqrt{3} (R \cos \varphi + L \omega \sin \varphi) \quad (VI.22)$$

Avec :

$I_d$  : courant de démarrage du moteur.

$L$  : longueur du câble en km.

Cos  $\varphi$  : facteur de puissance du moteur au moment de démarrage.

#### IV.3.2.3 Calcule de la section en fonction des intensités de défaut

Dans le choix de la section d'un câble BT, il est indispensable de s'assurer que les protections placées en avant protègent efficacement le câble contre les échauffements dus aux surintensités de défaut.

Les valeurs de densités de courant admissible, en ampères par millimètre carré de section de chacun des conducteurs, en fonction de la nature du matériau d'isolation, à savoir :

150°C pour le polyéthylène.

160°C pour le PVC.

250°C pour le PR.

Les densités de courant admissible se calculent à partir de la formule :

$$\delta = \frac{K}{\sqrt{t}} = \frac{I_{cc}}{S} \quad (VI.23)$$

Avec :

$\delta$  : La densité de courant admissible en Ampères/mm<sup>2</sup>.

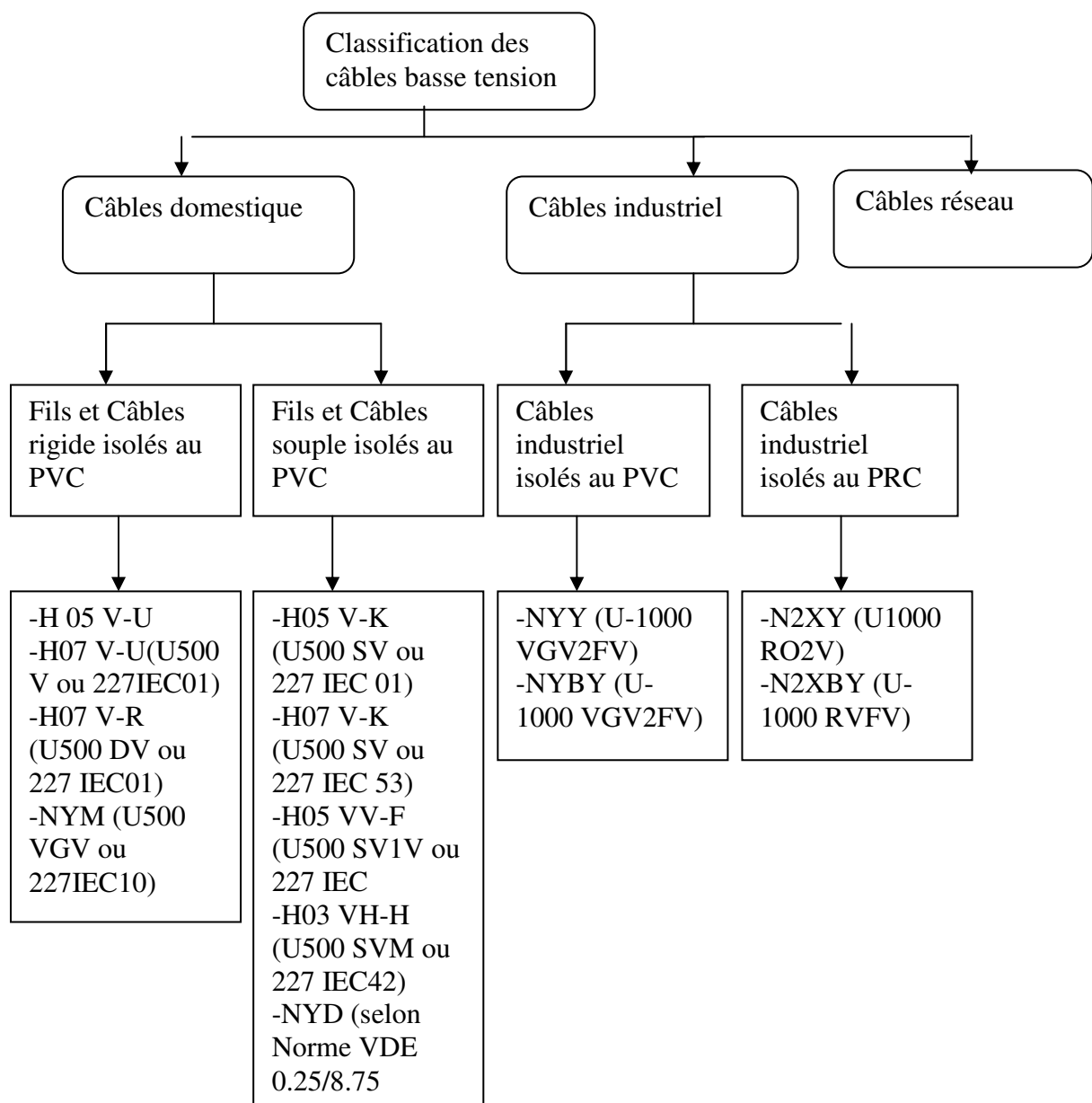
t : durée de surcharge en seconde.

K : coefficient dépendant de la nature du métal et de la température initiale au moment de surcharge et de la température admissible en fin de surcharge.

I<sub>cc</sub> : intensité de court-circuit en ampères.

S : section du conducteur en mm<sup>2</sup>.

#### IV.4 Les différents câbles basse tension



### IV.4.1 Câble domestique

Les câbles et fils rigides à usage domestiques, sont des produits d'usage courant Ils sont particulièrement recommandés pour les réalisations d'installations électriques fixes, figure ( IV.5).

Les câbles domestique sont divisés en à des ensembles des câbles comme suit :

**- première ensemble : H05V-U / H07V-U / H07V-R**

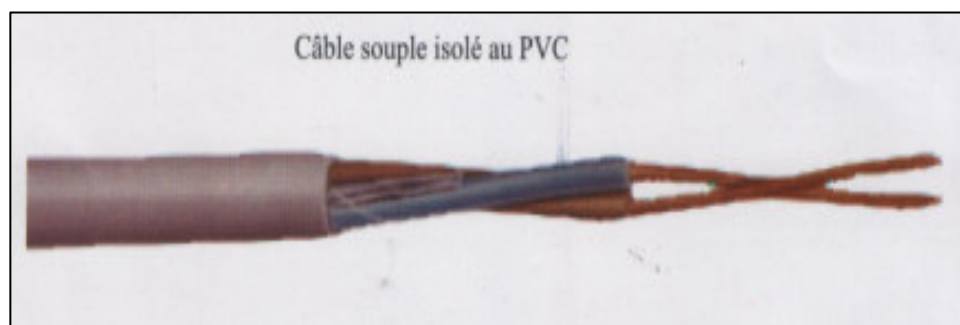
Ils sont utilisés dans des circuits à l'intérieur des locaux domestique, filerie et câblage de tableaux, montage fixe protégé dans ou sur des luminaires, et à l'intérieur d'appareils,

**- Deuxième ensemble : NYM / NYD/H03VH-H**

Ils sont utilisés dans les installations domestiques courantes à l'intérieur des bâtiments. Les câbles à 2 et 3 conducteurs sont utilisés dans des circuits monophasés et les câbles à 4 ou 5 conducteurs sont utilisés dans un circuit triphasé.

**-Troisième ensemble : H05V-K/ H07V-K**

Les câbles H07V-K peuvent être installés et employés dans les mêmes conditions que les câbles H07V-U et H07V-R. Ils sont plus particulièrement destinés au câblage des tableaux ou des appareils grâce à la souplesse de l'âme.



**Figure (IV.5)** Câble souple isolé au PVC

### IV.4.2 Câble industriel

Les câbles industriels rigides sont utilisés dans des installations industrielles où ils peuvent résister à des utilisations sévères, nécessitant une protection mécanique. Certains sont adaptés aux environnements perturbés électro magnétiquement.

### 1-Câbles industriel isolés au PRC

Ils sont utilisés dans des distributions d'énergie en environnement industriel. Les qualités des enveloppes PR et de la gaine PVC confèrent aux installations une sûreté d'exploitation et une durée de vie supérieure à tous les autres câbles, on distingue :

- N2XY (U-1000 RO2V)
- N2XBY (U-1000 RVFV)

### 2-Câbles industriel isolés au PVC

Ils sont utilisés dans des distributions d'énergie en environnement industriel, l'homogénéité de l'installation peut être assurée par des câbles identiques pour les installations de télécommande et de télé-contrôle, figure (IV.6).

On distingue :

- NYY (U-1000VG2V)
- NYBY (U-1000 VGV2FV)

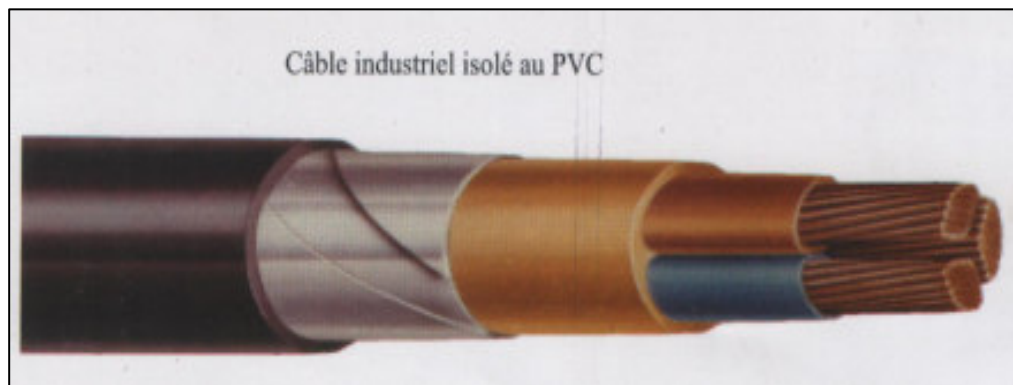
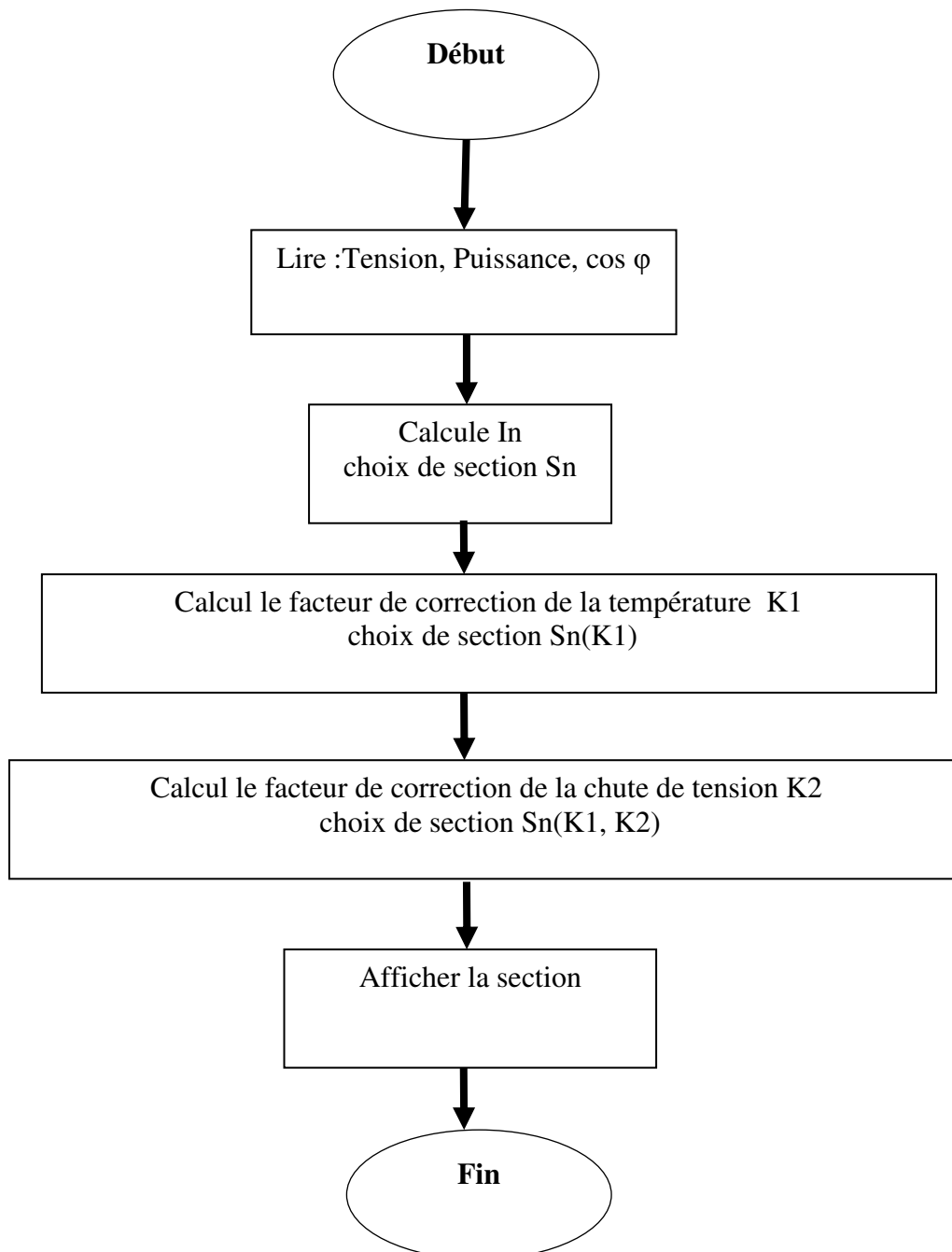


Figure (IV.6) Câble industriel isolé au PVC

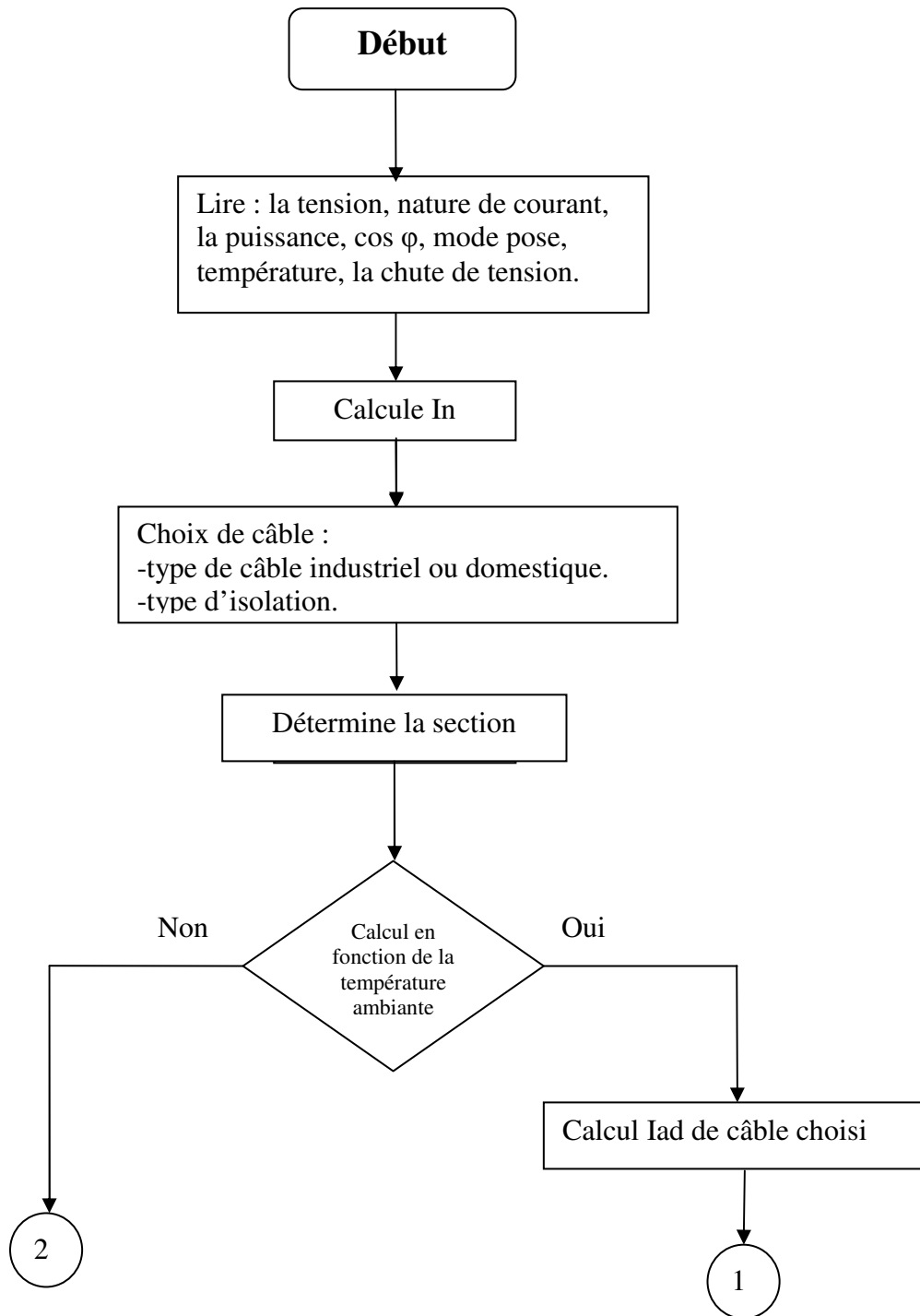
#### IV.4.3 Organigramme du choix des câbles

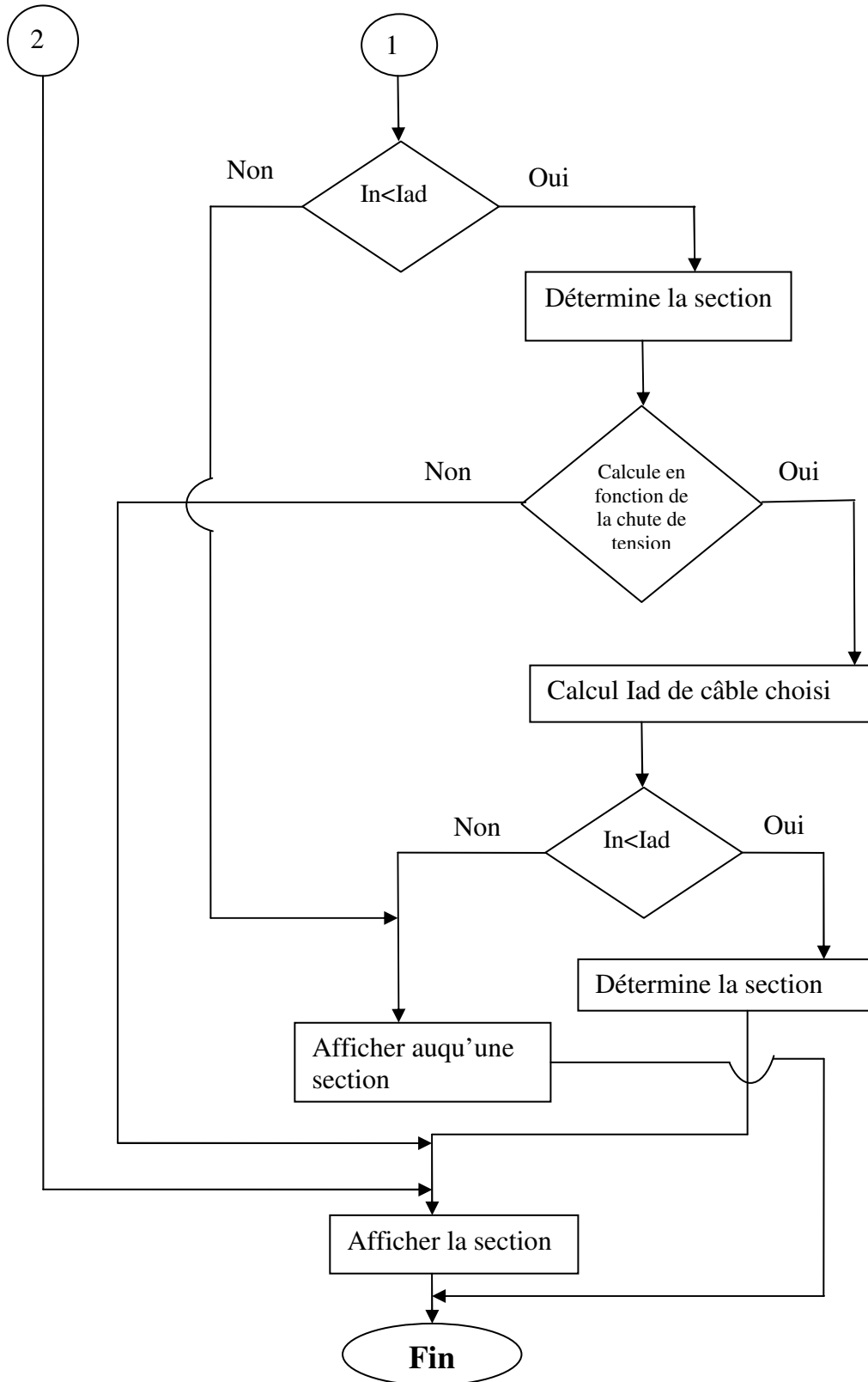
Afin de déterminer la section optimale d'un câble, nous avons réalisé un programme sous logiciel de MATLAB permettant le choix optimal.

## IV.4.3.1 Organigramme générale



### **IV.4.3.2 Organigramme de choix de la section en fonction de la température ambiante et la chute de tension**





Iad : courant admissible par le câble sélectionne

#### IV.4.4 Exécutions du programme

```

donnr le type de courant ALTERNATIF ou CONTINU
Si CONTINU tapez sur 0 sinon tapez sur 1:1
nombre de phase en courant alternatif =3
la puissance active de récepteur=75000
facteur de puissance de récepteur cosphi=0.86
tension a utilisé =500
*****les cables industriel*****
REMARQUE:          La réponse doit etre en binaire soit 1 pour accept ou 0 pour refuser
cable industriel armée:0
cable industriel isolée par PRC:1
cable posée à lair libre: 1
la réponse doit etre choisire soit 1,2,3,4 ou 3.5
nombre de conducteur =4
...les résultats ajoutées sont valables pour une température ambiante de 30°C(cables à lair libre) et 20°C pour les
le cable choisire est : cable industriel non armé isolé au PRC de type (N2XY(U-1000 R02V)) de section:
4x35
donner la température ambiant réelle en degré C:60
la nouvelle section après la correction est:
4x70
Est ce que le récepteur est un moteur?
Taper sur 1 pour moteur et 0 pour éclairage:1
donner la longueur de la liaison en km:0.100
donner le coefficient de démarrage par rapport au courant nominal du moteur:7
Donner le cos phi de démarage du moteur:0.50
ce cables ne convient pas au niveau de chute de tension
voulez vous ajoutés une autre cables?
si oui tapez sur 1 sinon 0:1
le nouveau cable utiliser est de section:
4x95
>>

```

**Figure (VI.7) Fenêtre d'exécution du programme**

Au démarrage ; la fenêtre de figure (VI.7) demande la nature de courant puis la puissance active et après le  $\cos \varphi$  de récepteur,

Le 1<sup>er</sup> choix : Sélectionner le type d'installation soit continu ou alternatif.

Le 2<sup>iem</sup> choix : choisir la tension d'utilisation qu'il indique le domaine de travail soit industriel au domestique,

Le 3<sup>iem</sup> choix : choisir le type de câble,

Le 4<sup>iem</sup> choix : choisir le type d'isolation,

Le 5<sup>iem</sup> choix : choisir le nombre de conducteur,

#### IV.4.5 Application sur la briqueterie

On va simuler notre programme sur les différents ateliers de la briqueterie pour déterminer la section optimale d'un récepteur.

Les câbles à utiliser dans ces atelier sont de type U1000 R2V. Les qualités des enveloppes PR et de la gaine PVC confèrent aux installations une sûreté d'exploitation et une durée de vie supérieure à tous les autres câbles.

-La température ambiante de l'atelier est de degrés 40°C.

-Le mode pose des câbles sont posés à l'intérieur des caniveaux de largeur 500mm et d'hauteur 600mm, les câbles sont posés jointifs.

##### IV.4.5.1 Simulation et comparaison entre des câbles actuels et câbles optimisés

Nom de moteur	Puissance (kw)	Cos $\phi$	L (m)	Câble actuelle	Câble optimal	Remarque
Tablier 11	3	0.68	110	4x2.5	4x1.5	Surdimensionnements
Piocheur11	4	0.75	110	4x2.5	4x2.5	Pas différence
Convoyeur1	2.2	0.69	90	4x2.5	4x1.5	Surdimensionnements
Répartiteur	1.1	0.66	90	4x2.5	4x1.5	Surdimensionnements
Broyeur pré finisseur PV	45	0.84	90	4x16	4x16	Pas différence
Broyeur GV	55	0.83	40	4x16	4x25	Sous dimensionnement
Pompe hydraulique	1.5	0.76	90	4x2.5	4x1.5	Surdimensionnements

Convoyeur CF12	2.2	0.69	75	4x2.5	4x1.5	Surdimensionnements
Tablier 14	0.55	0.56	60	4x1.5	4x1.5	Pas différence
Piocheur 14	2.2	0.69	60	4x2.5	4x1.5	Surdimensionnements
Broyeur finisseur PV	55	0.83	60	4x16	4x25	Sous dimensionnement
Broyeur GV	75	0.86	60	4x25	4x50	Sous dimensionnement
Pompe hydraulique	1.5	0.67	60	4x2.5	4x1.5	Surdimensionnements
Convoyeur 13	2.2	0.69	65	4x2.5	4x1.5	Surdimensionnements
Malaxeur	75	0.86	20	4x35	4x50	Sous dimensionnement
Mouleuse	160	0.85	20	3x120+70	3x150+70	Sous dimensionnement
Pompe à vide	15	0.80	20	4x4	4x4	Pas différence
Pompe circulation	0.37	0.57	20	4x1.5	4x1.5	Pas différence
Moteur refroidissement	0.080	0.80	20	4x1.5	4x1.5	Pas différence
Convoyeur C10	3	0.72	40	4x2.5	4x1.5	Surdimensionnements
Convoyeur C11	1.1	0.67	40	4x2.5	4x1.5	Surdimensionnements

**Tableau (IV.4) Comparaison entre les câbles optimaux et les câbles actuels de la briqueterie**

## IV.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons montré que le choix optimal d'un conducteur se fera suivant plusieurs paramètres ; (le type de câble, sa résistance, la température ambiante, la longueur, la chute de tension, le mode pose, la densité de courant de défaut ...).

Pour cela nous avons réalisé un programme pour déterminer une section optimale du câble.

Enfin, nous souhaitons que les prochains promos continueront notre étude de choix du câble en fonction de mode pose et de la densité de courant de défaut.

## V.1 INTRODUCTION

Afin de maîtriser l'étude et la réalisation des installations électriques, nous allons présenter un logiciel de conception des équipements électriques basse tension qui s'appelle ECODIAL 3.3.

Ce chapitre nous guide tout au long de réalisation de l'étude de façon à vous montrer la méthodologie à suivre lors de la création de nos futurs projets. Cette réalisation est orchestrée par une succession de problèmes posés et de réponses guidées pas à pas.

La réalisation de cette étude est décomposée en cinq phases :

- 1- Réalisation du schéma électrique unifilaire du réseau,
- 2- Bilan de puissance.
- 3- Calcul pas à pas du réseau.
- 4- Comparaison des courbes de déclenchement.
- 5- Exploitation des résultats.

## V.2 PRESENTATION DU LOGICIEL

L'ECODIAL 3.3 est un logiciel d'aide à la conception de réseau de distribution basse tension, inclut [12] :

- Un éditeur de schéma utilisant des symboles normalisés.
- Des fonctions de calcul conformes aux normes électrotechnique **NF-C15 100 UTE-C15 500**

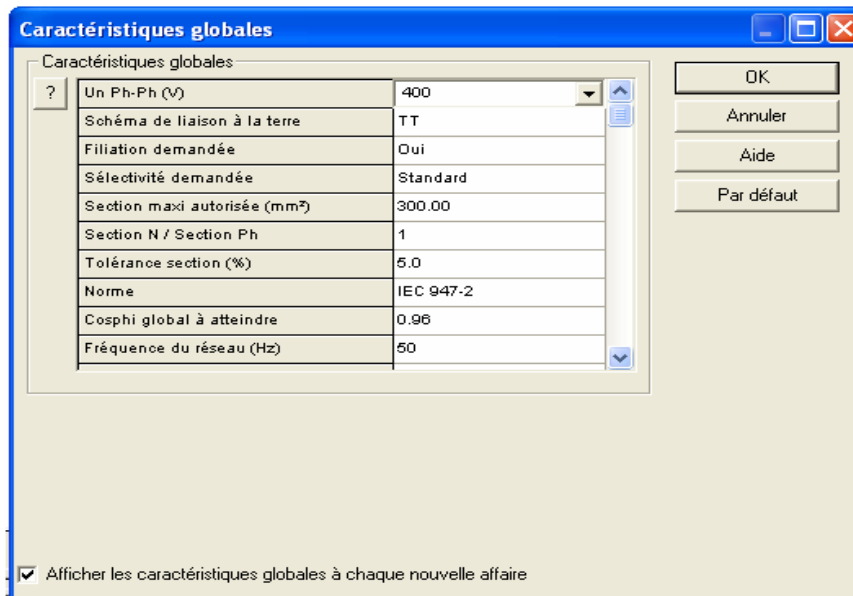
Il offre plusieurs fonctions complémentaire : gestion des projets, résultats détaillés des calculs, configuration de l'impression, recherche des produits dans la base de données...,

### V.2.1 Réalisation du schéma unifilaire

#### V.2.1.1 Définition les caractéristiques générale du réseau

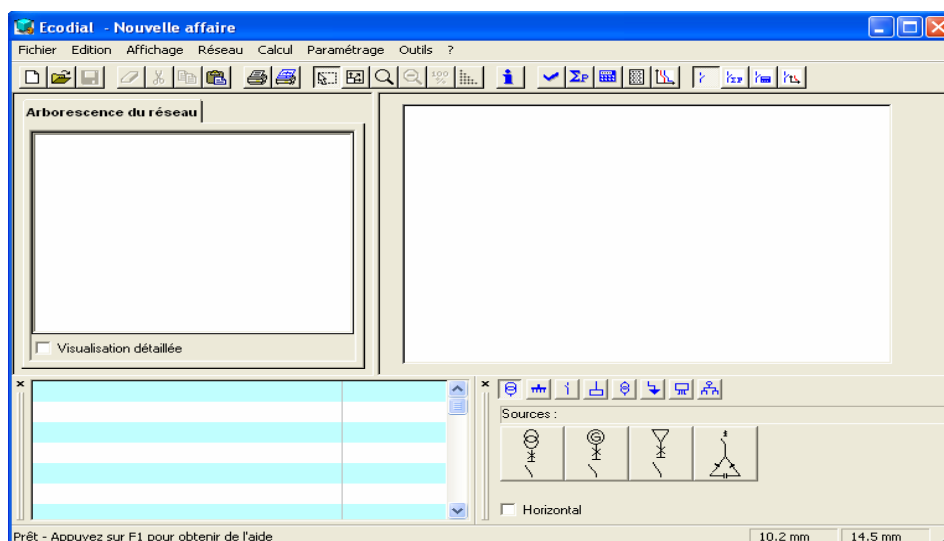
Avant de la réalisation du schéma, vérifions les caractéristiques générales du réseau. La boîte de dialogue **Caractéristique globale** est automatiquement affichée lors de lancement du logiciel et chaque fois que vous créez un nouveau projet [13].

Demandons **la sélectivité** et **la filiation**, et **TT** comme régime de neutre. La tension par défaut de 400V nous convient [13].



- Cliquez la cellule à droite du champ **Sélectivité demandée**. Une flèche apparaît dans la cellule.
- Cliquez la flèche. Une liste comportant deux options se déroule.
- Cliquez **Oui**.
- Procédez de la même façon pour saisir **Oui** dans le champ **Filiation demandée** et **TNC** dans le régime de neutre.
- Cliquez **OK** pour enregistrer les informations saisies.

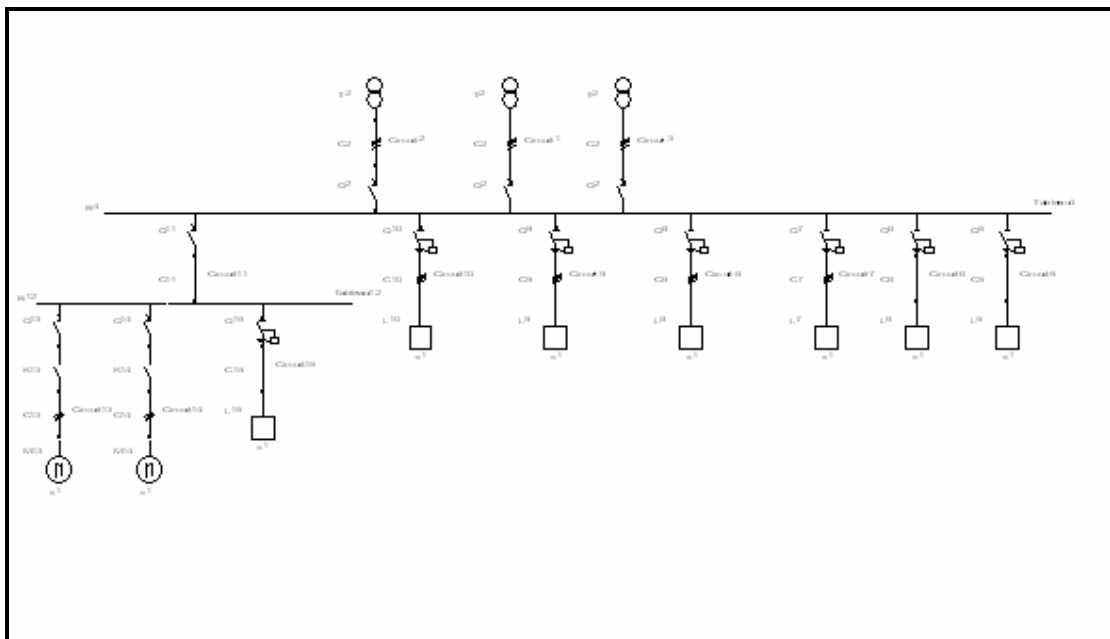
La fenêtre principale apparaît :



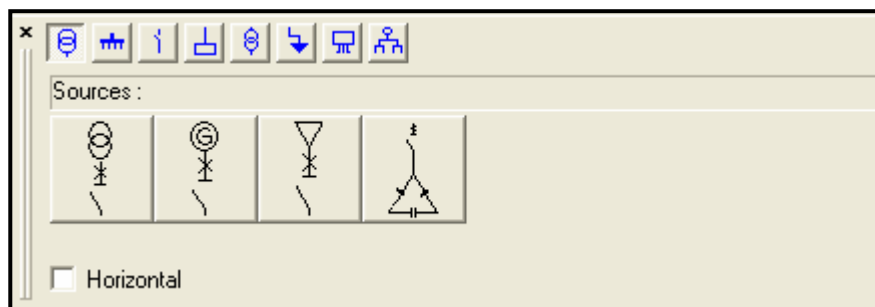
### V.2.1.2 Ajout des symboles électriques

Pour mieux comprendre, on applique un sous réseau de la briqueterie KALAA comme un exemple (TGBT : Tableaux Générale Basse Tension, armoire de fabrication).

Notre réseau comportera neuf circuits, deux jeux de barre et trois transformateurs. Il aura l'aspect suivant :



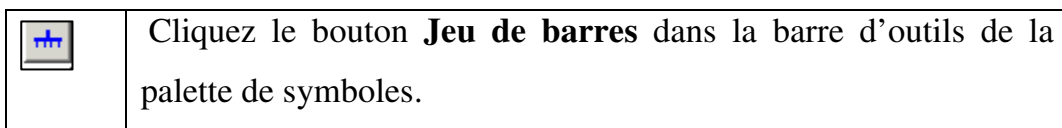
- Pour réaliser ce schéma nous allons utiliser la palette de symboles électriques qui est au dessous de l'éditeur de schéma, sur cette palette sont présents divers circuits électrique répartis en plusieurs familles.



- Pointez le symbole **Transformateur-conducteur-protection** dans la bibliothèque de symboles **Sources**.

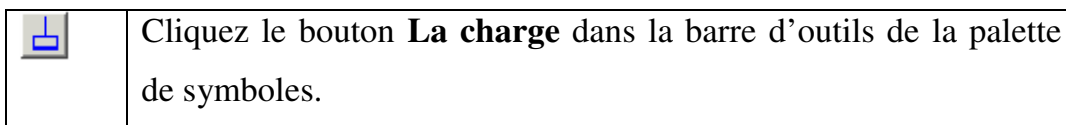
- Cliquez le symbole apparaît accroché au bout du pointeur de la souris. Amenez la souris en haut de l'écran puis cliquez. Le symbole est placé.
- Le symbole que vous venez de placer est resté sélectionné. Il apparaît en rouge. Cliquez à coté du symbole pour le désélectionner.
- Procédez de même pour placer les deux transformateurs restants.

Le symbole suivant est un jeu de barres. Affichons la bibliothèque de jeu de barres dans la palette de symboles, puis plaçons le jeu de barres sous la source.



- Cliquez le symbole Jeu de barres dans la palette, puis placez ce symbole sous les sources en reliant les quatre éléments.

Affichons la bibliothèque de charge dans la palette de symbole, puis plaçons une charge sous le jeu de barre.



- Cliquez le symbole **Protection-conducteur-charge** dans la palette, puis placez ce symbole sous le jeu de barres à droite.

### Terminons le schéma :


Procédez de même pour placer le reste des symboles suivants :

- Cinq symboles **Protection-conducteur-charge** à prendre dans la bibliothèque **Charges**.
- Un symbole **Protection-conducteur** à prendre dans la bibliothèque **Départs**.
- Un jeu de barres à prendre dans la bibliothèque **Jeu de barres**.
- Un symbole **Protection-conducteur-charge** à prendre dans la bibliothèque **Charges**.
- Deux symboles **Protection-commande-démarrateur-conducteur moteur** à prendre dans la bibliothèque **Charges**.

### V.2.1.3 Manipulation des symboles

Nous allons améliorer le schéma en agrandissant le jeu de barres placé sous les sources et en écartant les six circuits qui lui sont connectés.

- Amenez le pointeur de la souris sur le jeu de barres pour le sélectionner.
- Cliquez le jeu de barres connecté aux sources. Apparaît en rouge.

	<p>Cliquez le bouton <b>Redimensionnement</b> dans la barre d'outils.</p> <p>Une poignée de redimensionnement apparaît à chaque extrémité du jeu de barres sous la forme d'un carré noir.</p>
---	---

- Amenez le pointeur de la souris sur la poignée de redimensionnement droite au à gauche. Le pointeur se transforme en flèche double.
- Cliquez et maintenez enfoncé le bouton de la souris.
- Déplacez la souris vers la droite pour agrandir le jeu de barres, puis relâchez le bouton de la souris.
- Cliquez à coté du jeu de barres pour le désélectionner.

Déplaçons le circuit situé à droite sous le jeu de barres (**Q1-C1-L1**) :

- Cliquez le symbole à déplacer et maintenez enfoncé le boutons de la souris.
- Déplacez la souris vers l'extrémité droite du jeu de barres. Le symbole suit la souris. Relâchez le bouton de la souris lorsque le symbole est à l'emplacement souhaité.

La même procédure pour les autres circuits et le jeu de barres deux.

### V.2.1.4 Saisie des caractéristiques des éléments du schéma

Donnons un nom à chaque élément du réseau. Pour cela nous allons utiliser successivement les trois méthodes disponibles pour accéder à la boîte de dialogue de description des lignes.

#### Remarque :

Cette boîte de dialogue de description des lignes permet aussi de renseigner les principales caractéristiques du circuit.

Pour commencer, appelons la source du réseau **TR1**.

- Cliquez la source du réseau pour la sélectionner. Le symbole apparaît en rouge.

- Cliquez le menu **Réseau**.
- Cliquez la commande **Description du circuit**. La boîte de dialogue suivante s'affiche :

Caractéristiques	
Longueur (m) - C2	5.0
Puissance (kVA)	200
Schéma de liaison à la terre	TT
Neutre distribué	Oui
Un Ph-Ph (V)	400
Tension de court-circuit (%)	4.0
Pcc HT (MVA)	500

- Saisissez **TR1** dans le champ **Nom**.
- Cliquez le bouton **OK** pour enregistrer l'information saisie.
- Cliquez à coté de la source du réseau pour la désélectionner.

Utilisons le raccourci clavier de la commande pour nommer le jeu de barres **TGBT** :

- Cliquez le jeu de barres pour le sélectionner.
- Appuyez sur la touche **[F4]**. La boîte de dialogue **Description du circuit** apparaît.

- Saisissez **TGBT** dans le champ **Nom**, puis cliquez **OK**.

- Cliquez à coté du jeu de barres pour le désélectionner.

Appelons le **TR2** :

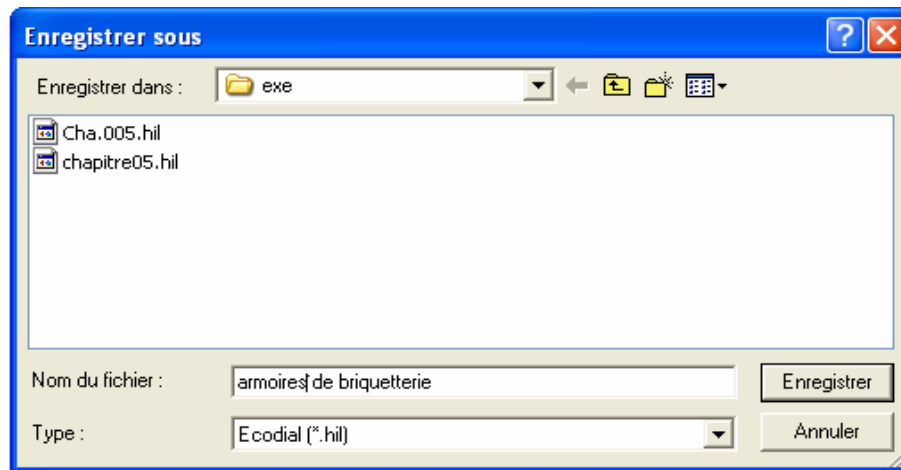
- Double cliquez sur le circuit. La boîte de dialogue **Description du circuit** s'ouvre de nouveau.
- Saisissez **TR2** dans le champ **Nom**, puis cliquez **OK**.
- Cliquez à coté de la source du réseau pour la désélectionner.

Nommons les circuits restants :

- donnez aux éléments restants les noms suivants :



- Cliquez la commande **Enregistrement sous**.
- La boîte de dialogue suivante s'affiche :

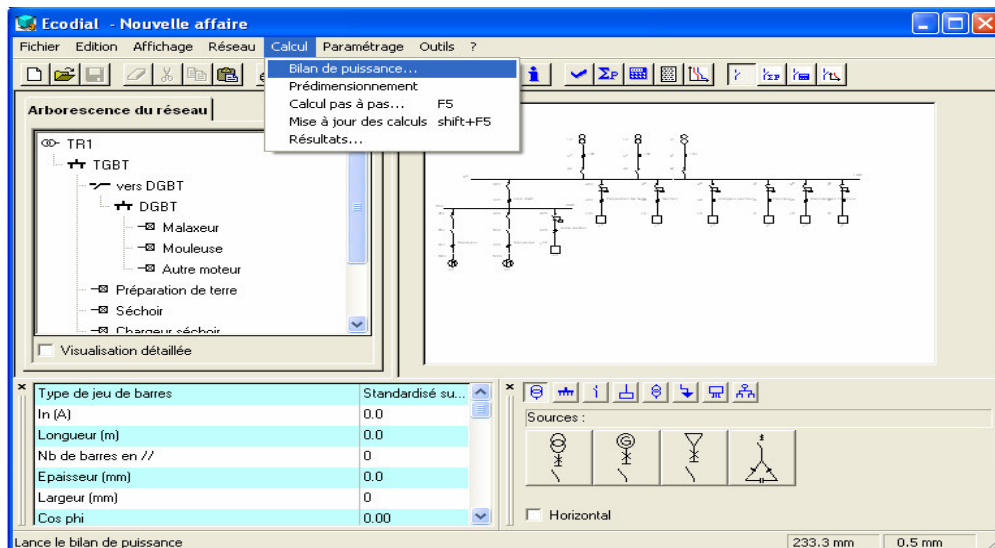


- Dans le champ **Nom de fichier**, saisissez armoires de briqueterie
- Cliquez le boutons **OK**. Le document est enregistré.

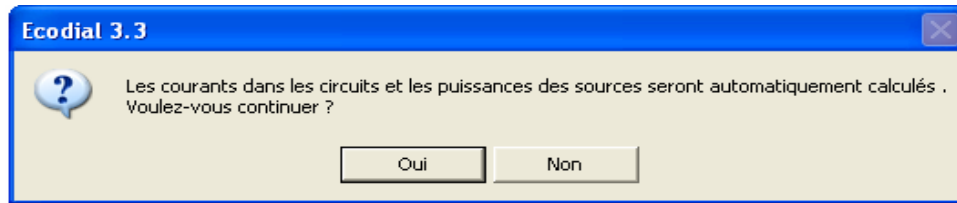
### V.2.2 Bilan de puissance

Lançons le bilan de puissance pour dimensionner la source du réseau.

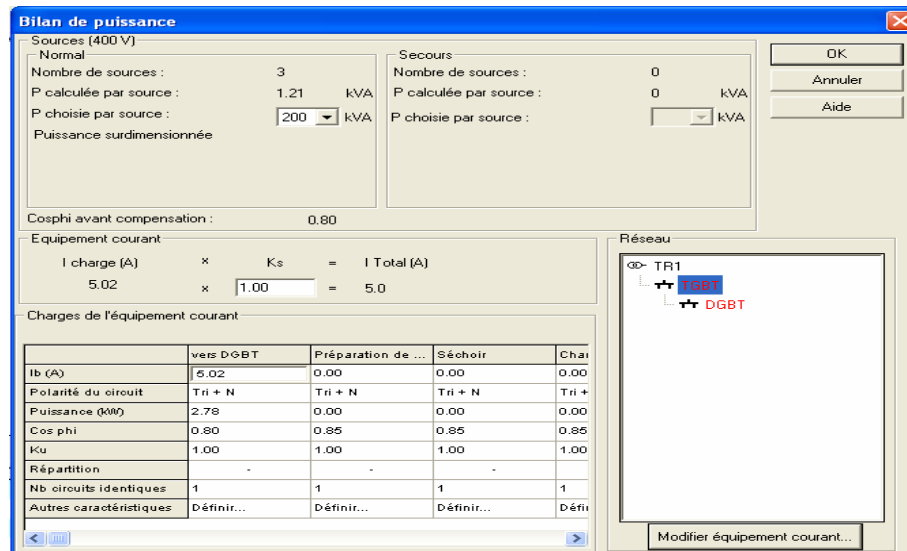
- Cliquez le menu **Calcul**, puis la commande **Bilan de puissance** :



Le message suivant apparaît :



- Cliquez **Oui**, la boîte de dialogue **Bilan de puissance** apparaît.



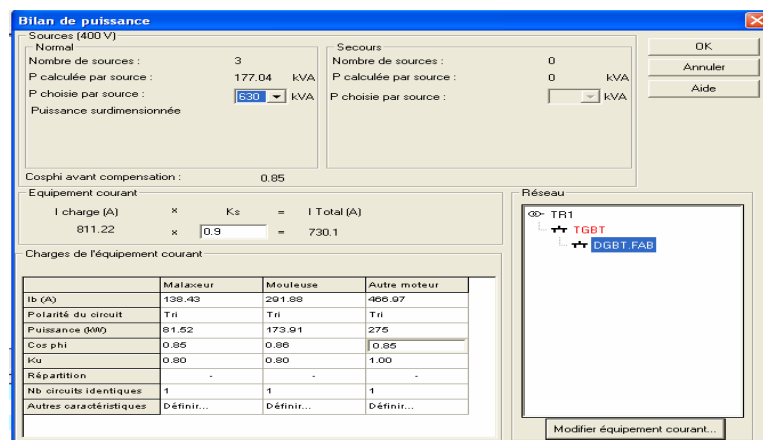
La tension de la source, définie dans les caractéristiques globales, est indiquée dans la zone **Source (400 V)** en haut à la gauche.

1- Nous allons saisir, le courant ou la puissance des différentes charges du réseau. Le logiciel en déduira la puissance de la source et proposera un choix dans la liste **P choisie (KVA)**.

2- L'arborescence du réseau apparaît à droite dans le cadre Réseau. Le premier équipement à définir, **DGBT.FAB**, est présélectionné. Les charges de cet élément apparaissent dans la zone Charge de l'équipement courant. Saisissons une puissance de **75 kW** avec **cos φ = 0.86** pour le circuit **Malaxeur** de l'élément **DGBT.FAB**.

- Dans la zone Charge de l'équipement courant cliquez la cellule Puissance (kW) du circuit Malaxeur.
- Saisissez la valeur 75.
- Dans la zone Charge de l'équipement courant cliquez la cellule cos φ du circuit Malaxeur.
- Saisissez la valeur 0.86.

- Saisissez la valeur 0.8, le coefficient d'utilisation du moteur dans la zone Charge de l'équipement courant dans la cellule Ku.
- 3- Procédez de même pour les deux circuits :  
160 kW,  $\cos \varphi = 0.86$ ,  $K_u = 0.8$  pour le circuit Mouleuse.  
275 kW,  $\cos \varphi = 0.85$ ,  $K_u = 1$  pour le circuit autre moteur.
- 4- Choisissons un coefficient de simultanéité de 0.9.
  - Saisissez 0.9 dans le champ  $K_s$  de la zone Equipement courant. La puissance de la source est mise à jour.



#### 5- Définissons les charges de l'élément **TGBT** :

- Cliquez la branche **TGBT** dans l'arborescence du réseau. Les circuits composant cet élément apparaissent dans la zone Charge de l'équipement courant. La colonne **vers DGBT** contient les charges que nous venons de calculer pour l'élément **DGBT.FAB**.
- Dans la zone Charge de l'équipement courant cliquez la cellule Puissance (kW) du circuit Préparation de terre.
- Saisissez la valeur 230.
- Dans la zone Charge de l'équipement courant cliquez la cellule  $\cos \varphi$  du circuit Malaxeur.
- Saisissez la valeur 0.82.
- Saisissez la valeur 1, le coefficient d'utilisation du moteur dans la zone Charge de l'équipement courant dans la cellule Ku.

#### 6- Procédez de même pour les cinq circuits :

275 kW,  $\cos \varphi = 0.84$ ,  $K_u = 1$  pour le circuit Séchoir.

15 kW,  $\cos \varphi = 0.75$ ,  $K_u = 1$  pour le circuit Chargeur séchoir.

25 kW,  $\cos \varphi = 0.83$ ,  $K_u = 1$  pour le circuit Empileur.

25 kW,  $\cos \varphi = 0.83$ ,  $K_u = 1$  pour le circuit Manutention Four.

100 kW,  $\cos \varphi = 0.89$ ,  $K_u = 1$  pour le circuit Four.

- Saisissez 0.9 dans le champ  $K_s$  de la zone Equipement courant. La puissance de la source est mise à jour.

**Bilan de puissance**

Sources (400 V)

Normal

Nombre de sources : 3  
P calculée par source : 411.48 kVA  
P choisie par source : 630 kVA  
Puissance surdimensionnée

Secours

Nombre de sources : 0  
P calculée par source : 0 kVA  
P choisie par source : kVA

Cosphi avant compensation : 0.84

Equipement courant

I charge (A) x  $K_s$  = I Total (A)  
1885.49 x 0.9 = 1696.9

Charges de l'équipement courant

	Vers DGBT	Préparation de ...	Séchoire	Char
Ib (A)	730.10	404.85	472.53	28.8
Potentiel du circuit	Tri + N	Tri + N	Tri + N	Tri +
Puissance (kW)	431.41	230	275	15
Cos phi	0.85	0.82	0.84	0.75
Ku	1.00	1.00	1.00	1.00
Répartition	-	-	-	-
Nb circuits identiques	1	1	1	1
Autres caractéristiques	Définir...	Définir...	Définir...	Définir...

Réseau

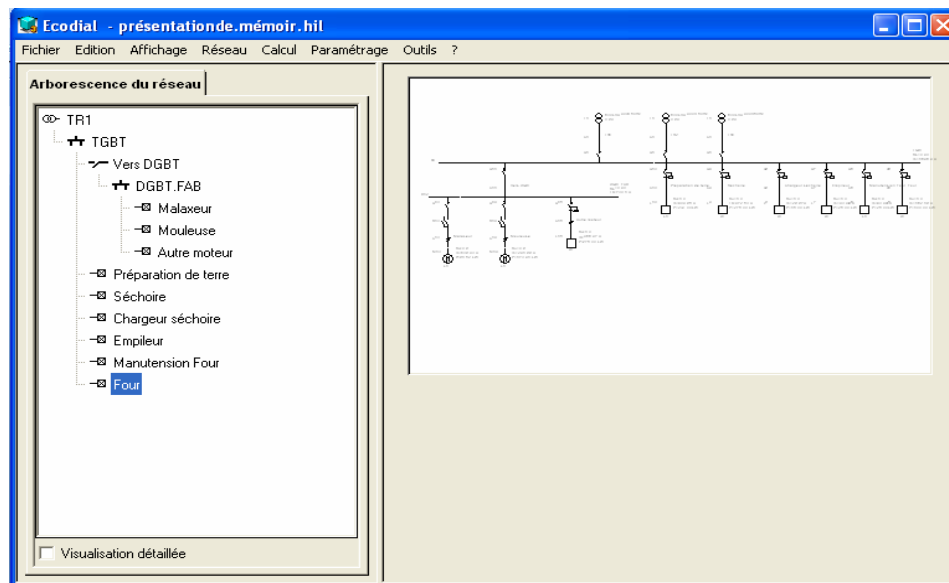
TR1  
TGBT  
DGBT.FAB

Modifier équipement courant...

En fonction des informations que nous lui avons donnée, le logiciel calcule la puissance de la source.

7- Cliquez OK pour valider le bilan de puissance. La boîte de dialogue Bilan de puissance se ferme et les valeurs du bilan de puissance s'affichent automatiquement sur le schéma :

A tout moment de l'étude, l'affichage du schéma sous cette forme est possible par la commande **Rétroannotation du bilan de puissance** du menu **Affichage**.



### V.2.3 Calcul du réseau

Le logiciel offre deux modes de calculs selon les besoins de l'utilisateur :

- Evaluer très vite le dimensionnement du réseau à partir de ses caractéristiques principales, les autres valeurs étant prises par défaut.
- Etudier une installation, affiner son calcul, en fonction de caractéristiques ou de contrainte définies : **Calcul pas à pas**.

#### V.2.3.1 Redimensionnement du réseau (facultatif)

1- Nous voulons connaître le dimensionnement du réseau à partir de ses caractéristiques principales, les autres valeurs étant prises par défaut.

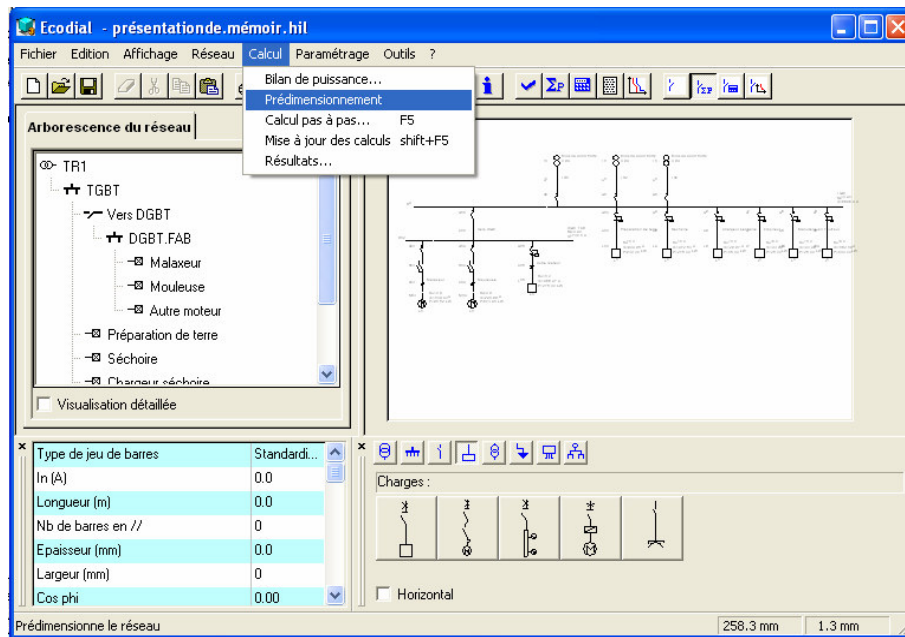
2- Nous allons saisir les longueurs et mode pose des conducteurs des circuits de notre réseau.

3- Cliquez le menu **Calcul** puis la commande **Prédimensionnement**.

Le calcul de prédimensionnement est lancé.

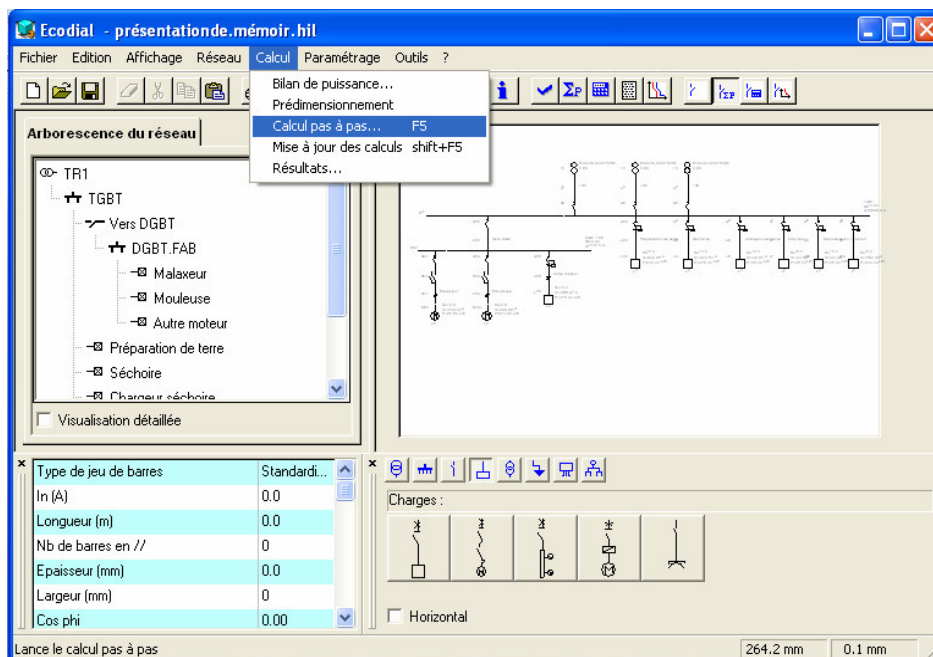
4- A la fin du calcul, cliquez le menu **Calcul**, puis la commande **résultats** : les résultats s'affichent à l'écran.

Le calcul de prédimensionnement a permis de calculer très vite l'installation en fonction de caractéristiques par défaut.

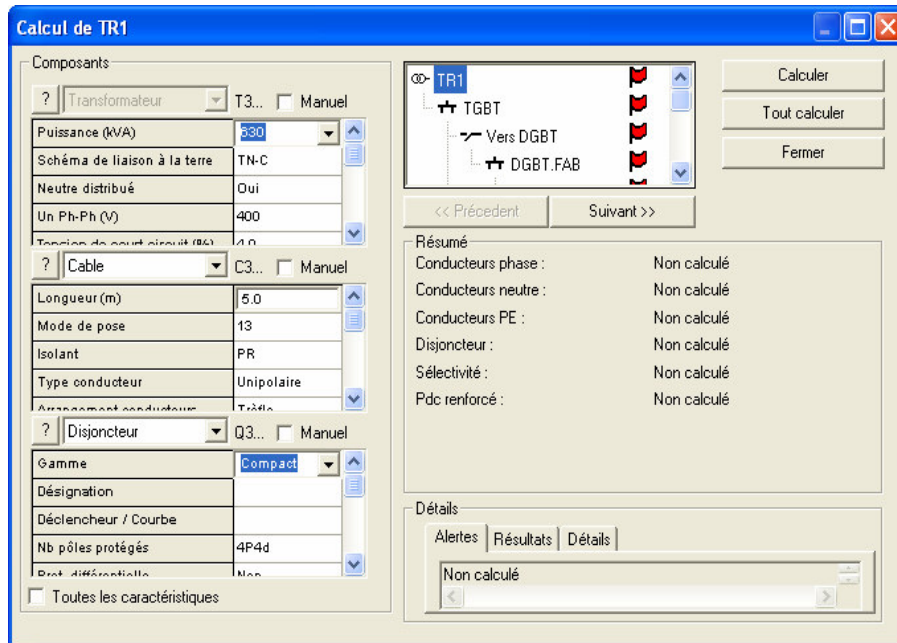


### V.2.3.2 Calcul pas à pas

Lançons le calcul du réseau. Cliquez le menu **Calcul**, puis la commande **Calcul pas à pas** :



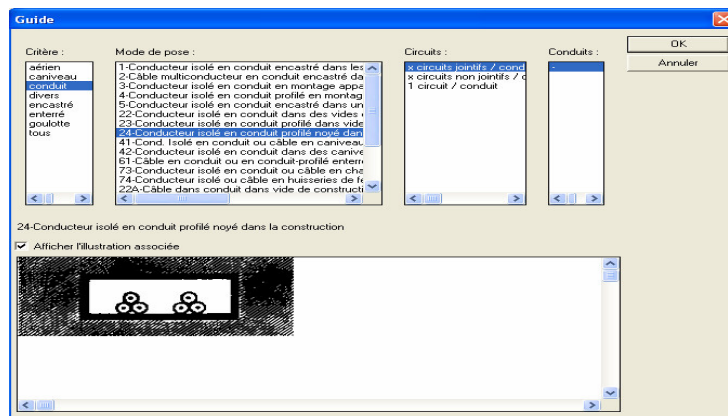
La boîte de dialogue suivante s'affiche :



Les drapeaux rouges dans l'arborescence du réseau indiquent qu'aucun élément n'est pas calculé.

Le premier élément à calculer, la source **TR1**, est sélectionné dans l'arborescence et ses caractéristiques sont affichées dans la zone **Composants**. Les résultats du bilan de puissance ont été reportés dans cette boîte de dialogue, notamment la puissance de **630 KVA** que nous avons choisis pour le transformateur

- Saisissez 10 dans le champ **Longueur (m)** dans les caractéristiques du câble.
- Cliquez le champ Mode pose. Un bouton apparaît dans ce champ. Cliquez ce boutons. La boîte de dialogue suivante s'affiche :



Ajoutez mode pose conducteur isolé en conduit dans des vide de construction.

---

1- Lançons le calcul :

Cliquez le boutons Calculer. A la fin du calcul les résultats apparaissent sur l'écran.

Le drapeau de l'élément **TR1** est devenu vert, indiquant que cet élément est calculé. Un résumé des valeurs calculées est affiché dans le cadre **Résumé**.

Les principaux résultats électrotechniques ainsi que la contrainte de dimensionnement sont affichés dans la zone **Détails**.

2- Calculant élément suivant : le jeu de barres **TGBT**

- Cliquez le boutons **suivant>>**. La branche **TGBT** est sélectionnée dans l'arborescence du réseau du réseau. Les caractéristiques du jeu de barres apparaissent dans la zone **Composants**.

- Cliquez le boutons **Calculer**.

3- Procédez de même pour les autres circuits :

95 m et un mode pose **Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé** pour circuit vers DGBT.FAB.

20 m et un mode pose **Conducteurs isolés en conduite ou câble dans des caniveaux fermé** pour Malaxeur.

20 m et un mode pose **Conducteurs isolés en conduite ou câble dans des caniveaux fermé** pour Mouleuse.

75 m et un mode pose **Conducteurs isolés en conduite ou câble dans des caniveaux fermé** pour Autre moteur.

95 m et un mode pose **Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé** pour circuit Préparation de terre.

110 m et un mode pose **Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé** pour circuit Séchoir.

60 m et un mode pose **Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé** pour circuit Chargeur séchoir.

80 m et un mode pose **Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé** pour circuit Empileur.

65 m et un mode pose **Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé** pour circuit Manutention Four.

65 m et un mode pose **Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé** pour circuit Four.

- Cliquez le bouton **Fermer**.

### V.2.3.3 Affichage des résultats du calcul

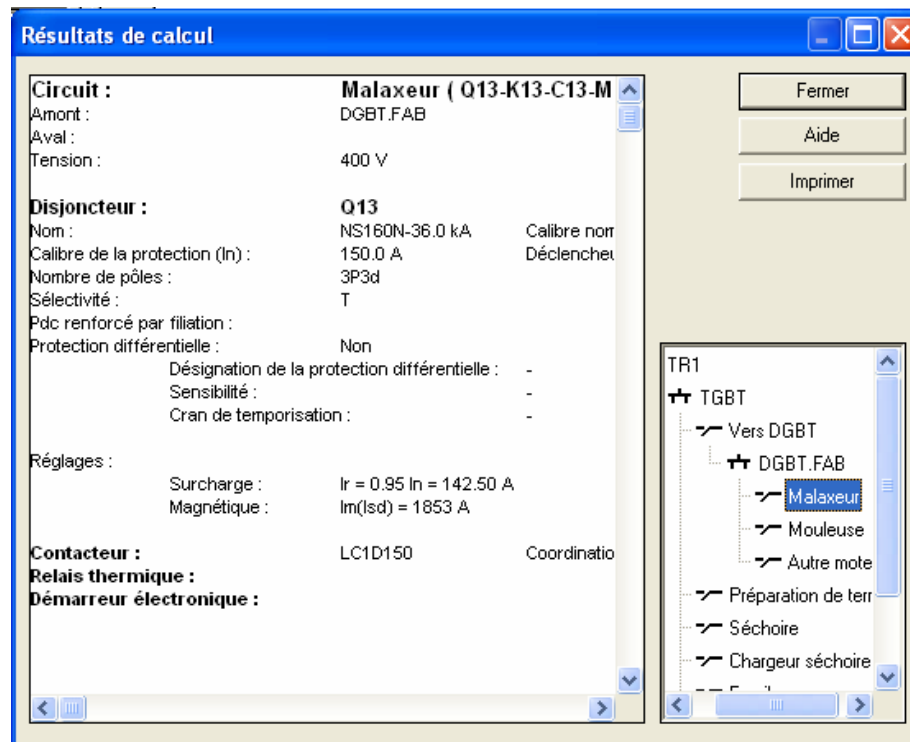
Affichons les résultats du calcul sur le schéma.

- Cliquez le menu **Affichage**
- Cliquez la commande **Rétroannotation des calculs**. Les résultats du calcul apparaissent sur le schéma.

**Affichons la boîte de dialogue de résultats du calcul :**

	Cliquez le bouton <b>Affiche les résultats de calcul</b> dans la barre d'outils.
---	--

La boîte de dialogue suivante s'affiche :



- Cliquez dans l'arborescence du réseau pour visualiser les résultats des différents éléments.

### V.2.4 Comparaison des courbes de déclenchement

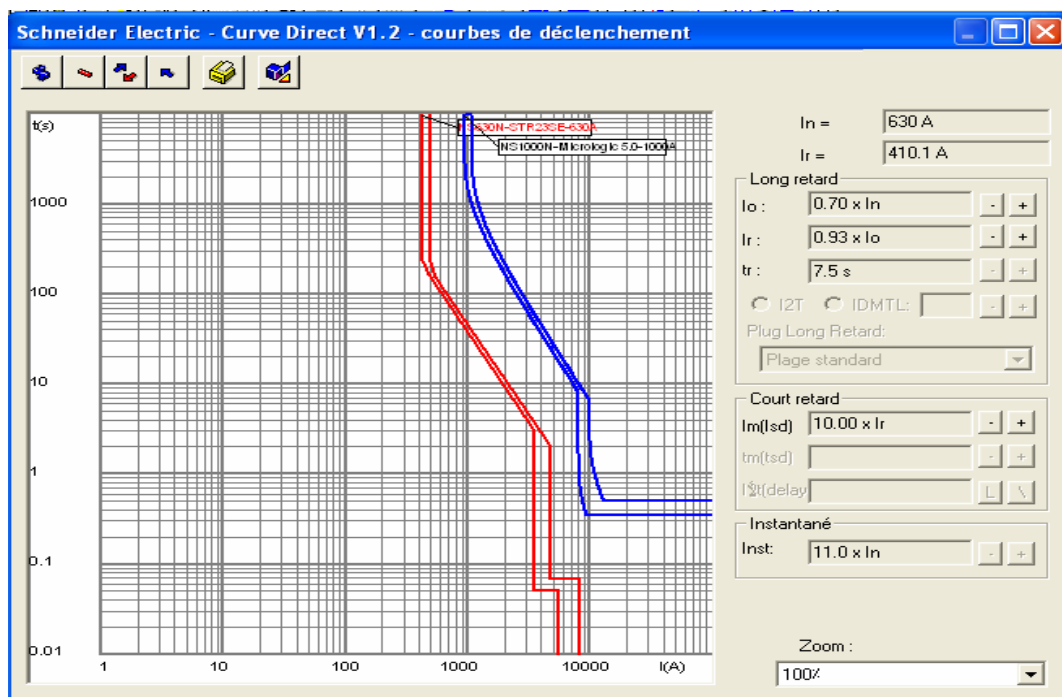
Vérifions la sélectivité entre les disjoncteurs par l'étude de leurs courbes de déclanchement.

- Sélectionnez un disjoncteur puis cliquez la commande **Courbes**.


Sa courbe ainsi que celle de tous les appareils avant le disjoncteur s'affichera.

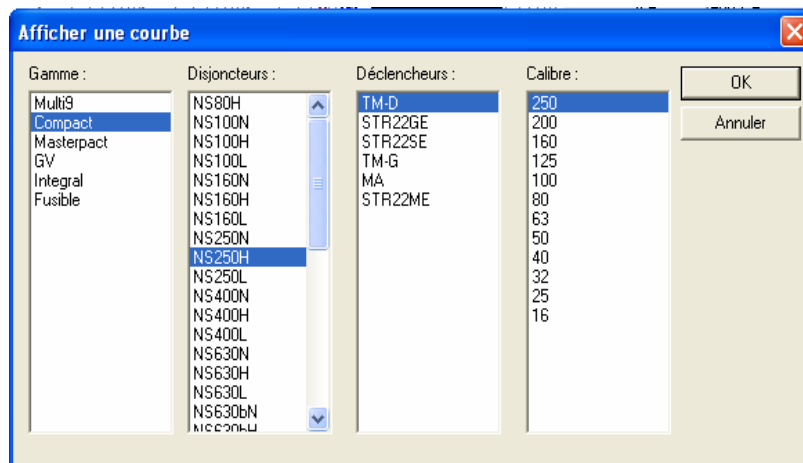
Exemple : sélectionnez le disjoncteur de circuit de la préparation de terre et cliquez la commande **Courbes**.

La boîte de dialogue suivante s'affiche :



Pour ajouter une autre courbe :

	Cliquez le bouton Ajouter une courbe. La boîte de dialogue <b>Afficher une courbe</b> s'ouvre à l'écran.
---	--



- Choisissez dans la liste un disjoncteur puis un déclencheur et un calibre.
- Cliquez le bouton **OK** pour valider.

Vous pouvez la possibilité de modifier les courbes :

- Cliquez sur les courbes un disjoncteur pour la sélection.
- Cliquez sur les boutons [-] et [+] dans les zones **Long retard**, **Court retard** et **Instantané** pour régler la position des courbes et en déduire le réglage optimum des disjoncteurs en termes de sélectivité.

## **V.2.5 Exploitation des résultats**

### **V.2.5.1 Résultats sur schéma**

**V.2.5.2 Liste d'équipements**

(voir annexe A)

**V.2.5.3 Liste de composants**

(voir annexe B)

**V.2.5.4 Notes de calcul**

(voir annexe C)

**V.2.6 Comparaison entre les dispositifs de la protection de la briqueterie**

Equipement	Disjoncteur Actuelle	Disjoncteur optimisé
TR1, TR2, TR3	NS1000N MICRO 2.0 A	NS1000N MICRO 5.0
Préparation de terre	NS630N STR 23SE	NS630N STR 23SE
Fabrication	NS1000N MICRO 05	NS800N MICRO 2.0
Séchoir	NS630N STR23SE	NS630N STR23SE
Chargeur Séchoir	NS100H TM100D	NS100H TM-D
Empileur	NS100H TM100D	NS100H TM-D
Manutention Four	NS100H TM100D	NS100H TM-D
Four	NS250H TM250D	NS250H TM-D
Malaxeur	NS160N STR22ME	NS160N STR22ME
Mouleuse	NS400H STR43ME	NS400N STR43ME

**Tableau (V.1) Comparaison entre les dispositifs de la protection**

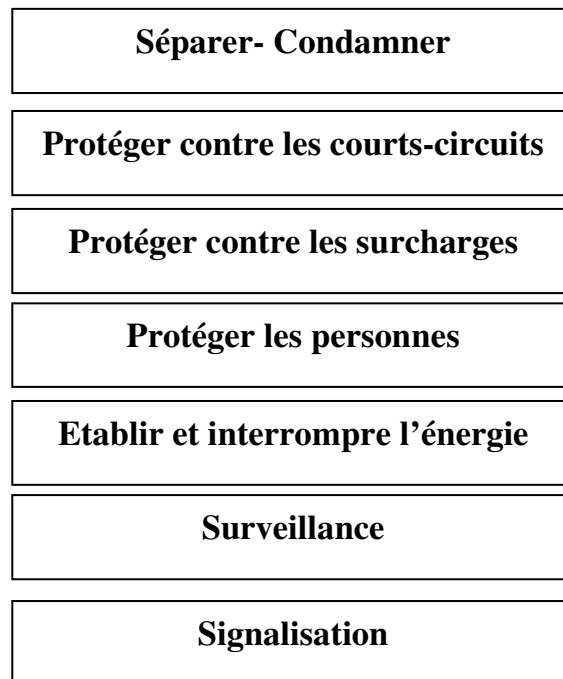
**Remarque:**

Des performances proches des cas utilisés dans la briqueterie.

**V.3 CHOIX DES APPAREILLAGES ELECTRIQUE**

Pour chaque circuit, nous déterminons la liste de fonctions nécessaires à la protections et à l'utilisation de l'installation et nous testons une ou plusieurs associations d'appareils sur un plan :

- du bon fonctionnement,
- du la compatibilité des matériels choisis entre eux,
- du toutes les prescriptions de sécurité.

**V.3.1 Fonctions de base des appareillages électriques****V.3.2 Les appareillages électriques****V.3.2.1 Le sectionneur**

Le sectionneur est un appareil mécanique de connexion qui satisfait, en position d'ouverture, aux prescriptions spécifiées pour la fonction de sectionnement qui permet d'isoler un circuit pour effectuer les opérations de maintenance, le dépannage ou de modification sur les circuits électrique qui se trouvent après le sectionneur.

Il peut être considéré comme un appareil de connexion et/ou raccordement mais jamais comme un appareil de protection (pouvoir de coupure nul).

**Important:**

Un sectionneur ne doit jamais être manœuvré en charge [9].

**V.3.2.2 L'interrupteur**

L'interrupteur est un appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit.

**V.3.2.3 Le fusible**

Le fusible est un élément capable d'interrompre le circuit par leur fusion, laquelle nécessite leur remplacement.

Il réalise une protection phase par phase, avec un pouvoir de coupure important sous un faible volume il se monte :

- soit sur des supports spécifiques appelés porte fusibles,
- soit dans des sectionneurs en remplacement des douilles ou des barrettes.

Il se classe deux catégories :

**- Fusible " distribution" type gG (la norme IEC 269-2)**

Ils protègent à la fois contre les courts-circuits et contre les surcharges les circuits ne présentant pas de pointes de courant importantes (exemple: circuit résistifs).en générale, leur calibre doit être immédiatement supérieur au courant de pleine charge du circuit protégé.

**- Fusible " Moteur" type aM**

Ils protègent contre les courts-circuits, les circuits soumis à des pointes de courant élevées.

Leurs caractéristiques de fusion permettent aux fusibles aM de " laisser passer" ces surintensités, mais le rendent totalement inaptés à la protection contre les surcharges. En général, leur calibre doit être immédiatement supérieur au courant de pleine charge du circuit protégé.

**V.3.2.4 Le disjoncteur**

Le disjoncteur est un appareil de protection qui interrompe le circuit par ouverture de leurs pôles. Il protège contre les surcharges, les courts-circuits, les

défauts d'isolements par ouverture rapide des circuits en défaut, il remplit aussi la fonction de sectionnement (raccordement).

Chaque disjoncteur réalise différents types de protection selon le déclencheur ou l'unité de contrôle qui lui est associé.

#### **Le déclencheur :**

Il permet l'ouverture des pôles du disjoncteur l'hors d'un défaut, il est de nature magnétothermique, électronique ou avec unité de contrôle.

Il est choisi en fonction de type du courant d'emploi et courant maximal qui traverse le circuit en fonctionnement normal.

#### **Le pouvoir de coupure :**

C'est la plus grande valeur du courant présumé de court-circuit qu'un disjoncteur peut interrompre sous une tension donnée et dans certaines conditions. Il s'exprime en kilo ampères.

#### **V.3.2.5 Le contacteur**

Appareil mécanique de connexion commandé par un électroaimant, capable d'établir et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit.

Il est commandé à distance au moyen de contact actionneur manuellement (bouton poussoir) ou automatique (asservie à une grandeur physique : pression, température, vitesse,...)

#### **V.2.2.6 Les relais**

Le relais est un appareil de protection capable de protéger contre les :

- 1-Les surcharges : par contrôle du courant absorbé sur chacune des phases,
- 2-Déséquilibre ou absence de phases, par son dispositif différentiel.

#### **Association avec un contacteur**

**Circuit de puissance :** chaque enroulement chauffant doit être inséré dans une phase ou polarité du récepteur à protéger.

**Circuit de commande :** le contacte à ouverture du relais doit être raccordé en série dans le circuit de la bobine du contacteur commandant la mise sous tension du récepteur.

### V.2.3 Choix du disjoncteur

Selon le type d'application dans l'installation :

- Disjoncteur tête d'installation
- Disjoncteur pour utilisation générale
- Disjoncteur à pouvoir de coupure élevé
- Disjoncteurs pour départs terminaux
- Disjoncteur moteurs
- Disjoncteur pour circuits à courant continu

#### V.2.3.1 Critères de choix des disjoncteurs

Le choix d'un disjoncteur se réalise selon :

-Nombre de pôle, Tension d'emploi ( $U_e$ ), Courant d'emploi ( $I_n$ ), Fréquence, Pouvoir de coupure, Type de circuit à protéger (courbe de déclenchement), Fonction complémentaire.

#### V.2.3.2 Les courbes de déclenchement

##### 1-Courbe B

Déclenchement : 3 à 5  $I_n$  (IEC 60898) ;

Protection des générateurs, personnes, câbles de grande longueur.

##### 2-Courbe C

Déclenchement : 5 à 10  $I_n$  (IEC 60898) ; Protection des circuits (éclairage, prises de courant), application générales.

##### 3-Courbe D et K

Déclenchement : 10 à 14  $I_n$  (IEC 60947.2) ; protection des circuits à forte appel de courant ; transformateur, moteurs

##### 4-Courbe Z

Déclenchement : 2.4 à 3.6  $I_n$  (IEC 60947.2) ; protection des circuits électroniques.

##### 5-Courbe MA

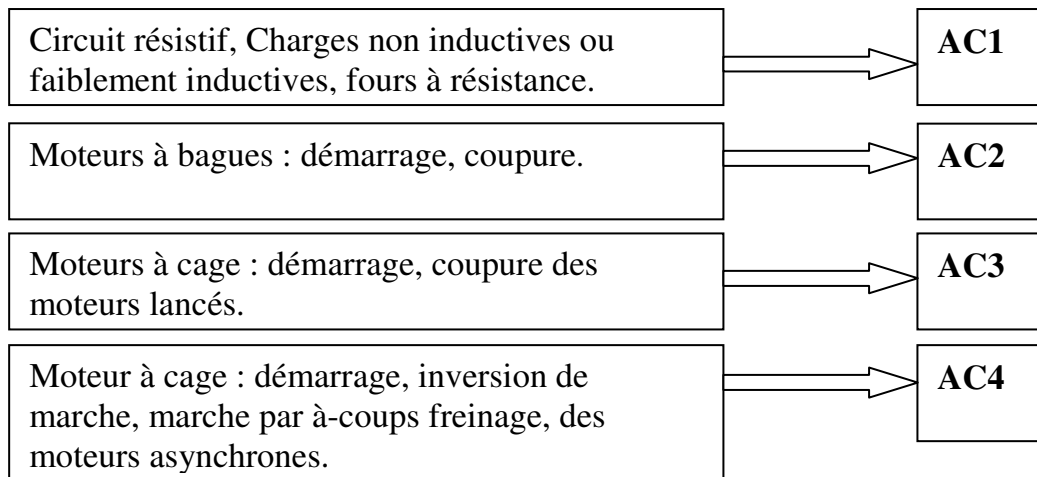
Déclenchement : 12  $I_n$  (IEC 60947.2) ; Protection des démarreurs de moteurs et applications spécifiques (pas de protection thermique).

## V.2.4 Choix du Contacteurs

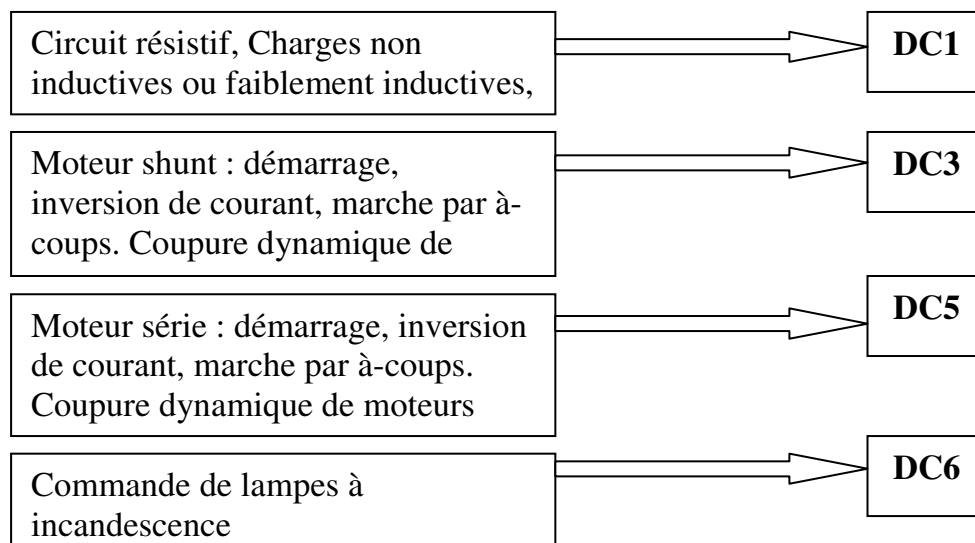
Les catégories d'emploi des contacteurs sont répartir à 2 catégories.

### V.2.4.1 Catégorie d'emploi

#### 1-Courant alternatif



#### 2-Courant continu



## V.2.5 Choix des Relais

Pour optimiser la durée de vie d'un moteur en interdisant son fonctionnement dans des conditions anormales, donc il est indispensable de choisir une protection appropriée.

Il existe plusieurs types de relais de protection :

- Relais thermiques,

- Relais à sondes PTC,
- Relais de sur couple,
- Relais multifonction.

### **V.2.5.1 Protection par relais thermique**

Un relais de protection thermique traditionnel protège le moteur dans les deux cas suivants :

- Surcharge, par le contrôle du courant absorbé sur chacune des phases,
- Déséquilibre ou absence de phase, par son dispositif différentiel.

Couramment utilisé, ce relais offre une excellente fiabilité, et son cout est relativement faible. Il est particulièrement recommandé s'il existe un risque de blocage du rotor.

### **V.2.5.2 Protection par relais à sondes PTC**

Une meilleure surveillance de la température interne du moteur peut être assurée par des sondes à thermistance PTC, disposées par le constructeur au cœur des enroulements, et associées à un relais d'alarme et de déclenchement.

Les thermistances PTC sont des résistances à coefficient de température positif leur valeur ohmique augmente très fortement des que leur température atteint un seuil bien défini.

Par leurs dimensions réduites, les sondes ont une faible inertie thermique, et suivent rapidement les variations de température du milieu où elles se trouvent.

C'est la seule solution pour protéger un moteur dans des applications où le régime d'arrêt et de marche est sévère, ainsi que pour les applications où il existe un risque de refroidissement du moteur (défectueux).

### **V.2.5.3 Protection par relais de sur-couple**

Ce type de relais permet une meilleure surveillance de la chaîne cinématique. Il assure la protection de celle-ci en cas de blocage du rotor, de grippage ou d'apparition d'à-coups de couple. Ce relais vient en complément d'une protection thermique par relais ou par sonde PTC. Il est particulièrement recommandé pour les machines à fort couple résistant, à forte inertie et à forte probabilité de blocage en régime établi. Le

relais de sur-couple peut être utilisé comme protection pour les moteurs en cas de démarrage long ou très fréquent.

#### V.2.5.4 Protection par relais multifonction

Ils sont protégés contre :

- Les surcharges thermiques par la mesure des courants de la machine.
- Le dépassement de la température interne de la machine (sondes PTC).
- Les déséquilibres et absences de phases.
- Le courant de fuite à la terre (DDR).
- La machine à vide.
- Le démarrage long.
- Le sur-couple et le blocage du rotor.
- Le  $\cos \varphi$  trop faible.

#### V.2.6 Choix des interrupteurs

Leur choix s'effectue selon les critères suivants :

- le type d'application (domestique, tertiaire ou industrielle)
- les caractéristiques (norme, catégorie d'emploi, tension, endurance)
- les fonctions auxiliaires (Protection différentielle, déclenchement à distance ou signalisation).

#### V.2.7 Choix d'un dispositif de protection

Ce tableau présente, d'une manière synthétique, les informations qui ont été développées dans ce chapitre sur la protection.

S'il donne un aperçu rapide des possibilités de chacun des dispositifs, il est recommandé, pour toutes les applications, de se référer aux articles et de consulter les catalogues des fournisseurs [10].

Dispositifs de protection	Protection contre les surcharges		Protection contre le court-circuit	Protection du personnel, isolement	Protection contre la marche en monophasé	Protection des moteurs à grande inertie
	Ligne	Récepteur				
Fusibles gG	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Non

Fusibles aM	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non
Sectionneur*	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
Sectionneurs porte-fusible gG*	Oui	Non	Oui	Oui	Oui**	Non
Sectionneurs porte-fusible aM*	Non	Oui	Oui	Oui	Oui**	Non
Interrupteurs- sectionneurs	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
Disjoncteurs magnétothermique	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Non
Relais thermiques	Oui	Oui protection indirecte	Non	Non	Oui	Non sauf TC saturables
Dispositifs à sondes	Non	Oui protection directe	Non	Non	Oui	Oui
Relais magnétique	Oui*** surcharge importante	Oui*** surcharge importante	Oui**	Non	Non	Non
Disjoncteurs moteur	Oui	Oui protection indirecte	Oui	Oui sous certaines condition		Non
Disjoncteurs magnétiques	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
Contacteurs Disjoncteurs	Oui	Oui protection indirecte	Oui	Oui	Oui	Oui
Contacteurs Disjoncteurs d'installation	Oui	Oui sauf moteur	Oui	Oui	Non	Non

**Tableau (V.2) Choix d'un dispositif de protection**

\*c'est appareil ne doivent pas être manœuvrée en charge mais à vide.

\*\*si la marche en monophasé est provoqué par la fusion d'un fusible et l'appareil est muni d'un dispositif de protection contre la marche en monophasé.

\*\*\*si association avec un contacteur ayant un pouvoir de coupure suffisant.

## V.2.8 Protection d'un départ moteur

Un départ moteur regroupe l'ensemble du matériel nécessaire à la commande et à la protection d'un moteur électrique. Le choix du matériel pour constituer un départ conditionne les performances de l'installation, niveau de protection, fonctionnement en vitesse fixe ou variable,...etc.

Les fonctions assurées par un départ-moteur sont :

- le sectionnement
- la protection contre les courts-circuits
- la protection contre les surcharges,
- la commutation.



Figure (V.1) Disjoncteur NS 630b -Telemecanique-SCHNEIDER

### V.2.8.1 La protection contre les courts-circuits

Pour détecter et couper le plus rapidement possible des courants anormaux supérieur à 10 In.

### V.2.8.2 La protection contre les surcharges

La surcharge est le défaut le plus fréquent sur les machines. Elle se manifeste par une augmentation du courant absorbé par le moteur et par des échauffements (réduction de la durée de vie du moteur par vieillissement des isolants).

### V.2.8.3 La commutation

La commutation consiste à établir ou couper, dans le cas de la variation de vitesse, régler la valeur du courant absorbé par un moteur.

Suivant les besoins, cette fonction est assurée au moyen de matériels :

- **électromécaniques** : contacteurs, contacteurs-disjoncteurs, disjoncteurs-moteur.
- **électroniques** : démarreurs-ralentisseurs progressifs, variateurs et régulateurs de vitesse.



**Figure V.2** Contacteur LC1D-Telemecanique-SCHNEIDER

### V.2.9 Application sur la briqueterie KALAA

Dans notre cas, on va déterminer les calibres des appareils d'un départ moteur de la Mouleuse (plus gros moteur de la briqueterie).

- Puissance : 160kW, 220/400 v.
- $I_n = 298$  A,  $\cos \varphi : 0,86$ .
- $n = 1482$  tr/mn.
- mode de démarrage (Y- $\Delta$ ).
- vitesse fixe.

Ce mode de démarrage s'applique aux moteurs dont les 6 bornes du stator sont accessibles et dont la tension nominale en ( $\Delta$ ) correspond à celle du réseau.

Il doit être utilisé pour le démarrage à vide ou avec un couple résistant faible et ne croissant que lentement :

- le couple de démarrage (Y) est réduit au tiers du couple de démarrage direct soit environ 50% du couple nominal.
- le courant de démarrage (Y) est d'environ 1.5 à 2.6 fois le courant nominal.

Le courant nominal absorbé par moteur est :

P : puissance utile (W)

$\eta$  : 0.9 ; rendement du moteur.

U : 400 v tension entre phase.

**-Les calibres des appareillages [10]:**

Le disjoncteur : calibre In moteur,

Le contacteur de couplage étoile : calibre In moteur / 3,

Les contacteurs de couplage triangle : calibre In moteur /  $\sqrt{3}$ ,

Le relais : calibre In moteur /  $\sqrt{3}$ .

Donc, a l'aide de catalogue de *GROUPE SCHNEIDER* ; on choisit les appareils qui convient [11].

Type de disjoncteur : NS 400 L.

Type de déclencheur : électronique STR 23.

Type de contacteur :

-Contacteur ( $\Delta$ ) : LC F 185.

-Contacteur (Y) : LC F115.

Type de relais: -LRF 500.

**- Circuit de puissance:**

Q1: Disjoncteur magnéto- thermique,

KM: Contacteur

F: Relais thermique

PE: Protection (la masse)

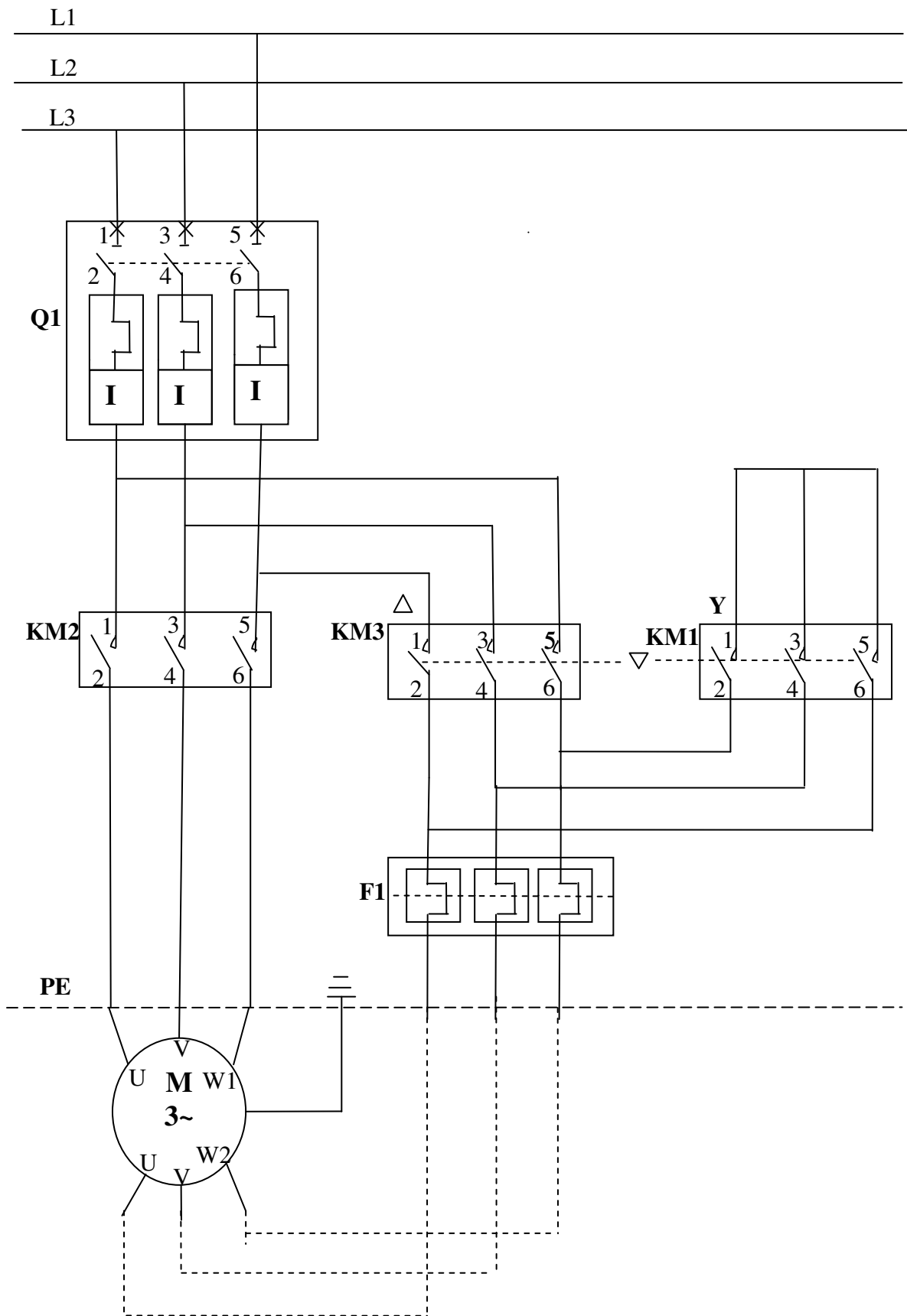
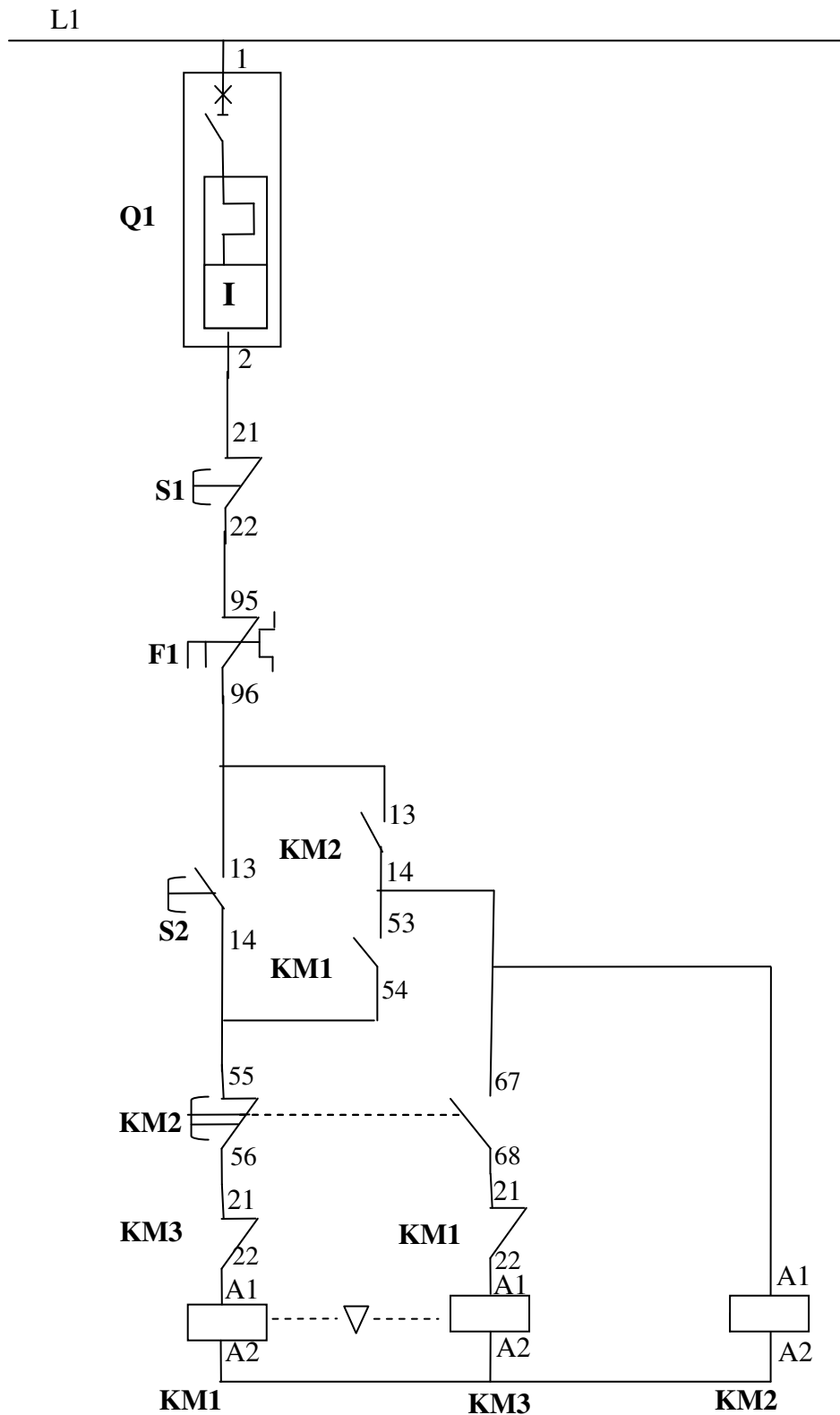


Figure V.3 Schéma du circuit de puissance d'un démarrage du moteur étoile - triangle

- **Circuit de commande:**

**S1,S2:**Boutons poussoirs.



**Figure (V.4) Schéma du circuit de commande d'un démarrage du moteur étoile - triangle**

**-Principe de fonctionnement du circuit de puissance :**

- Fermeture manuelle de Q1.
- Fermeture de KM1 (couplage Y).
- Fermeture de KM2 (alimentation du moteur).
- Ouverture de KM1 (élimination du couplage Y)
- Fermeture de KM3 (couplage  $\Delta$ )

**-Principe de fonctionnement du circuit de commande :**

- Impulsion sur S2. Fermeture de KM1.
- Fermeture de KM2 par KM1 (53-54)
- Auto-maintien de KM1 et KM2 par KM2 (13-14)
- Ouverture de KM1 par KM2 (55-56)
- Fermeture de KM3 par KM1 (21-22) et KM2 (67-68)
- Arrêt : impulsion sur S1

**V.2.10 Comparaison entre les dispositifs de la protection et la commande de la briqueterie**

Equipement	Disjoncteur Actuelle	Disjoncteur optimisé	Remarque
Malaxeur	NS160N STR22ME	NS160N STR22ME	Aucune déférence
Mouleuse	NS400H STR43ME	NS400N STR43ME	Aucune déférence

**Tableau V.3 Comparaison entre les dispositifs de la protection.**

Equipement	Contacteur Actuelle	Contacteur optimisé	Remarque
Malaxeur	LC1D115	LC1D150	Aucune différence
Mouleuse	LC1F185 ( $\Delta$ ) LC1F150 (Y)	LC1F185 ( $\Delta$ ) LC1F115 (Y)	Aucune différence

**Tableau (V.4) Comparaison entre les dispositifs de la commande.**

### **V.3 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons introduit les procédures d'exploitation du logiciel ECODIAL et le choix d'appareillages base tension, nous avons donné en premier lieu une présentation détaillé sur ce logiciel, puis une application de ce dernier sur la briqueterie a été montrée, nous avons décrit par la suite les divers appareillages électriques et leurs fonctionnement.

Pour mieux comprendre le choix de ces appareillages, nous avons pris comme un exemple un grand moteur de la briqueterie (Mouleuse), dont on a fait le choix des différents appareillages( sectionnement, protection, commande,...) et l'élaboration de schéma de puissance et de commande de ce moteur.

Enfin, nous avons fait une comparaisons entre les appareillages installés et celles optimisés.

## CONCLUSION GENERALE

**L**e travail que nous avons réalisé traite essentiellement les points a normaux que nous avons trouvés durant notre stage au niveau du briquetier d'EL KALAA/HAMMAD, nous pouvons regrouper ces points en deux ensembles pour bien comprendre la démarche de cette étude.

La première touche le coté économique c.-à-d établir un audit énergétique sur la briqueterie où on a fait des statistiques suivies par des analyses de la consommation d'énergie et de la production, nous donnons les solutions suivantes :

- Simulation tarifaire décrite précédemment à l'aide d'un programme afin de choisir le bon tarif.
- Effacement des heures de pointes à partir des options qui varient les divers postes horaires.
- Etude de compensation d'énergie réactive.
- Surdimensionnement de la PMD est très couteuse ce qui nécessite une révision de cette puissance.

Le second ensemble vise la partie technique qui commence à partir du poste MT/BT, alors nous avons fait une étude détaillée sur tous les éléments de ce poste et parmi les anomalies rencontrées est l'utilisation du trois transformateurs au lieu de deux.

Ensuite on a vérifié le dimensionnement des câbles par un programme qui donne la section optimale en fonction des facteurs suivants :

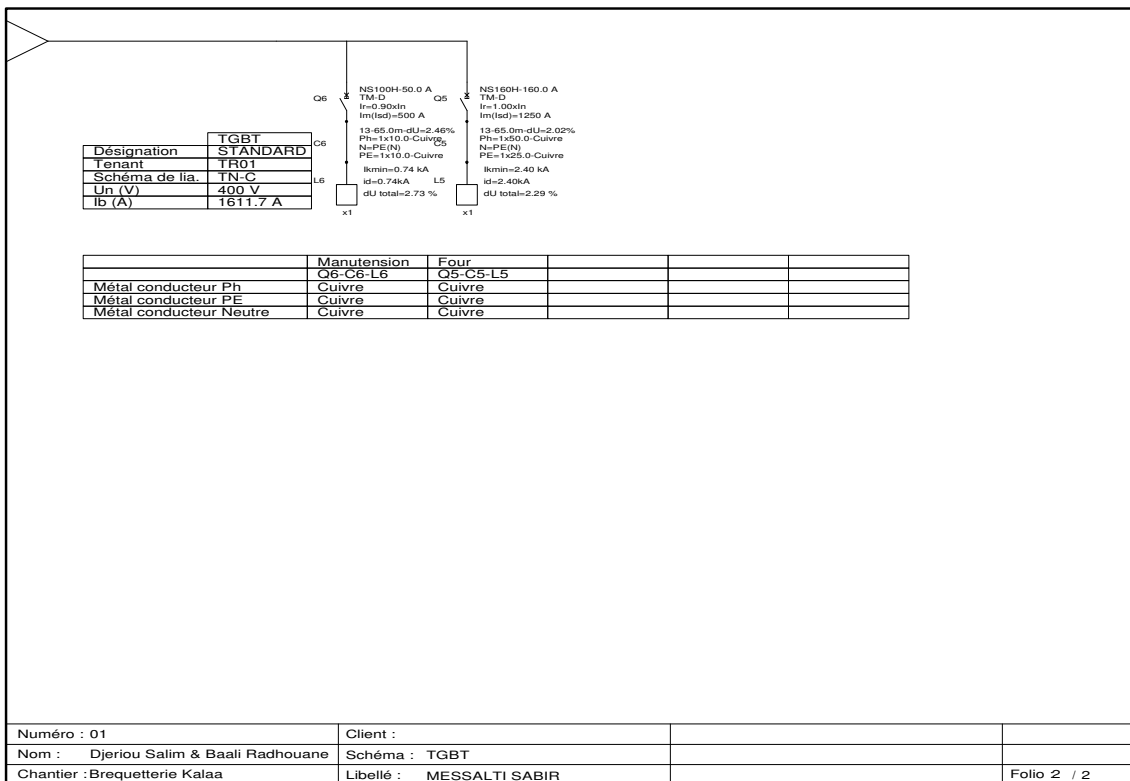
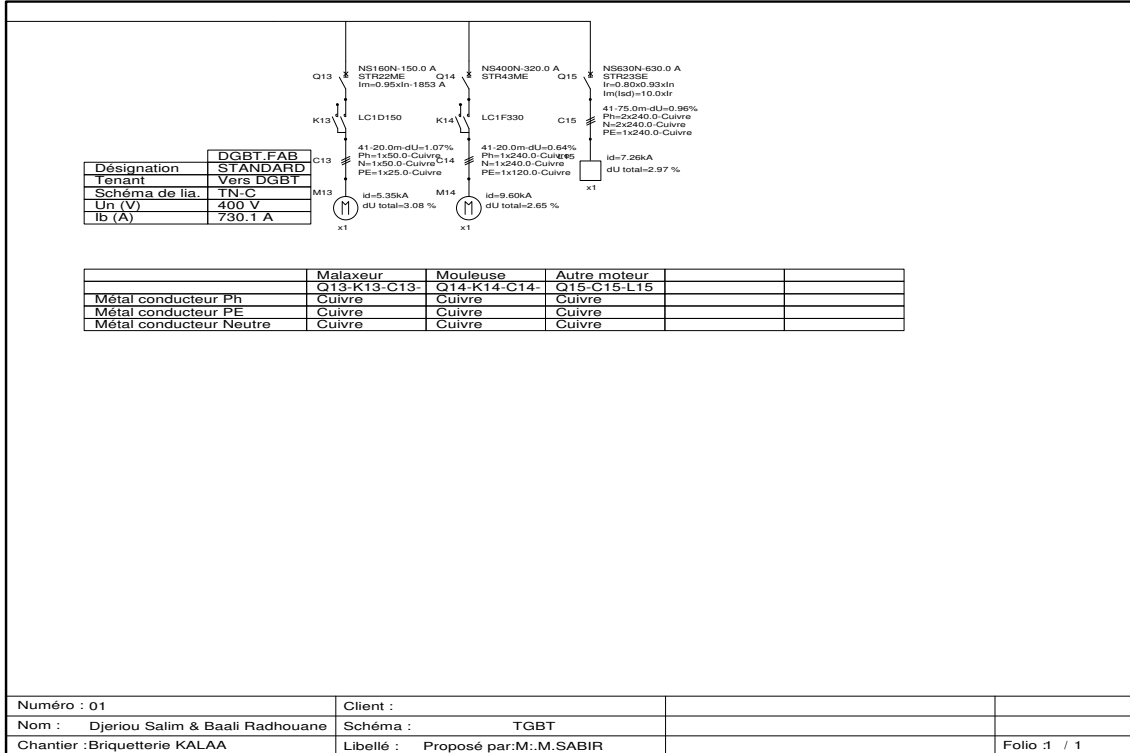
- Température ambiante.
- Mode de pose.
- Chute de tension.

Cette vérification nous a poussés de refuser quelques câbles déjà utilisées et qui sont à refaire.

Le résultat de simulation par l'ECODIAL ne montre aucune différence entre les équipements installés et celles optimisées par ce logiciel.

Comme perspectives de ce travail, nous proposerons aux autres promotions de continuer notre travail à un intervalle très vaste sur la briqueterie d'EL KALAA/HAMMAD.

## Annexe A : Les Equipements



## Annexe B : Liste de composants

RECEPTEUR	L5	L6	L7	L8
Nb circuits identiques	1	1	1	1
Ib (A)	162.18	43.48	43.48	28.87
Polarité du circuit	Tri + N	Tri + N	Tri + N	Tri + N
Schéma de liaison à la terre	TN-C	TN-C	TN-C	TN-C
Puissance (kW)	100.00	25.00	25.00	15.00
Cos phi	0.89	0.83	0.83	0.75
Circuit	Dédié	Dédié	Dédié	Dédié
Type de charges	Autres	Autres	Autres	Autres
Environnement	Environnement n'imposant pas de protection différentielle	Environnement n'imposant pas de protection différentielle	Environnement n'imposant pas de protection différentielle	Environnement n'imposant pas de protection différentielle

RECEPTEUR	L9	L10	L15	
Nb circuits identiques	1	1	1	
Ib (A)	472.53	404.85	466.97	
Polarité du circuit	Tri + N	Tri + N	Tri	
Schéma de liaison à la terre	TN-C	TN-C	TN-S	
Puissance (kW)	274.99	229.99	274.99	
Cos phi	0.84	0.82	0.85	
Circuit	Dédié	Dédié	Dédié	
Type de charges	Autres	Autres	Autres	
Environnement	Environnement n'imposant pas de protection différentielle	Environnement n'imposant pas de protection différentielle	Environnement n'imposant pas de protection différentielle	

DISJONCTEUR	Q1	Q2	Q3	Q5
Gamme	Compact	Compact	Compact	Compact
Désignation	NS1000N	NS1000N	NS1000N	NS250H
Déclencheur / Courbe	Micrologic 5.0	Micrologic 5.0	Micrologic 5.0	TM-D
Nb pôles protégés	3P3d	3P3d	3P3d	3P3d
Prot. différentielle	Non	Non	Non	Non
I réglage thermique (A)	900.0	900.0	900.0	180.0
I réglage magnétique (A)	9000	9000	9000	2000
Calibre nominal (A)	1000	1000	1000	250
Calibre (A)	1000.0	1000.0	1000.0	200.0
Réglage Im/I <sub>sd</sub>	10.0	10.0	10.0	10.0
Réglage Ir	0.90	0.90	0.90	0.90
Réglage Io				
Filiation demandée	Oui	Oui	Oui	Oui
Sélectivité demandée	Standard	Standard	Standard	Standard

DISJONCTEUR	Q6	Q7	Q8	Q9
Gamme	Compact	Compact	Compact	Compact
Désignation	NS100H	NS100H	NS100H	NS630N
Déclencheur / Courbe	TM-D	TM-D	TM-D	STR23SE
Nb pôles protégés	3P3d	3P3d	3P3d	3P3d
Prot. différentielle	Non	Non	Non	Non
I réglage thermique (A)	45.0	45.0	32.0	478.8
I réglage magnétique (A)	500	500	400	4788
Calibre nominal (A)	100	100	100	630
Calibre (A)	50.0	50.0	32.0	630.0
Réglage Im/I <sub>sd</sub>				10.0
Réglage Ir	0.90	0.90	1.00	0.95
Réglage Io				0.80
Filiation demandée	Oui	Oui	Oui	Oui
Sélectivité demandée	Standard	Standard	Standard	Standard

DISJONCTEUR	Q10	Q11	Q15	
Gamme	Compact	Compact	Compact	
Désignation	NS630N	NS800N	NS630N	
Déclencheur / Courbe	STR23SE	Micrologic 2.0	STR23SE	
Nb pôles protégés	3P3d	3P3d	3P3d	
Prot. différentielle	Non	Non	Non	
I réglage thermique (A)	410.1	760.0	468.7	
I réglage magnétique (A)	4101	7600	4687	
Calibre nominal (A)	630	800	630	
Calibre (A)	630.0	800.0	630.0	

Réglage Im/Isd	10.0	10.0	10.0	
Réglage Ir	0.93	0.95	0.93	
Réglage Io	0.70		0.80	
Filiation demandée	Oui	Oui	Oui	
Sélectivité demandée	Standard	Standard	Standard	

CABLE	C1	C2	C3	C5
Longueur (m)	10.0	10.0	10.0	65.0
Mode de pose	24A	24A	24A	13
Isolant	PR	PR	PR	PR
Neutre chargé	Non	Non	Non	Non
Type conducteur	Multipolaire	Multipolaire	Multipolaire	Multipolaire
Arrangement conducteurs	Trèfle	Trèfle	Trèfle	Trèfle
Type de PE	PE séparé	PE séparé	PE séparé	PE séparé
disposition des circuits	X circuits jointifs/conduit	X circuits jointifs/conduit	X circuits jointifs/conduit	Jointifs
Espacement des conduits	-	-	-	-
Nb circuits jointifs suppl.				1
Nombre de couches	1	1	1	1
K utilisateur	1.00	1.00	1.00	1.00
Température ambiante (°C)	40	40	40	40
Nb conducteur Ph	4	4	4	1
S conducteur Ph (mm²)	240.0	240.0	240.0	70.0
Nb conducteur N	1	1	1	1
Métal conducteur Ph	Cuivre	Cuivre	Cuivre	Cuivre
S conducteur N (mm²)	95.0	95.0	95.0	70.0
Nb conducteur PE	1	1	1	1
Métal conducteur Neutre	Cuivre	Cuivre	Cuivre	Cuivre
S conducteur PE (mm²)	95.0	95.0	95.0	70.0
Métal conducteur PE	Cuivre	Cuivre	Cuivre	Cuivre

CABLE	C6	C7	C8	C9
Longueur (m)	65.0	80.0	60.0	110.0
Mode de pose	13	13	13	13
Isolant	PR	PR	PR	PR
Neutre chargé	Non	Non	Non	Non
Type conducteur	Multipolaire	Multipolaire	Multipolaire	Multipolaire
Arrangement conducteurs	Trèfle	Trèfle	Trèfle	Trèfle
Type de PE	PE séparé	PE séparé	PE séparé	PE séparé
disposition des circuits	Jointifs	Jointifs	Jointifs	Jointifs
Espacement des conduits	-	-	-	-
Nb circuits jointifs suppl.	2		1	
Nombre de couches	1	1	1	1
K utilisateur	1.00	1.00	1.00	1.00
Température ambiante (°C)	40	40	40	40
Nb conducteur Ph	1	1	1	1
S conducteur Ph (mm²)	10.0	10.0	10.0	240.0
Nb conducteur N	1	1	1	1
Métal conducteur Ph	Cuivre	Cuivre	Cuivre	Cuivre
S conducteur N (mm²)	10.0	10.0	10.0	240.0
Nb conducteur PE	1	1	1	1
Métal conducteur Neutre	Cuivre	Cuivre	Cuivre	Cuivre
S conducteur PE (mm²)	10.0	10.0	10.0	240.0
Métal conducteur PE	Cuivre	Cuivre	Cuivre	Cuivre

CABLE	C10	C11	C13	C14
Longueur (m)	95.0	95.0	20.0	20.0
Mode de pose	13	13	41	41
Isolant	PR	PR	PR	PR
Neutre chargé	Non	Non	Non	Non
Type conducteur	Multipolaire	Multipolaire	Multipolaire	Multipolaire
Arrangement conducteurs	Trèfle	Trèfle	Trèfle	Trèfle
Type de PE	PE séparé	PE séparé	PE séparé	PE séparé
disposition des circuits	Jointifs	Jointifs	-	-
Espacement des conduits	-	-	jointifs	jointifs
Nb circuits jointifs suppl.				1
Nombre de couches	1	1	1	1
K utilisateur	1.00	1.00	1.00	1.00
Température ambiante (°C)	40	40	40	40
Nb conducteur Ph	1	2	1	1
S conducteur Ph (mm²)	185.0	240.0	50.0	240.0
Nb conducteur N	1	2	1	1
Métal conducteur Ph	Cuivre	Cuivre	Cuivre	Cuivre
S conducteur N (mm²)	185.0	240.0	50.0	240.0

Nb conducteur PE	1	2	1	1
Métal conducteur Neutre	Cuivre	Cuivre	Cuivre	Cuivre
S conducteur PE (mm <sup>2</sup> )	185.0	240.0	25.0	120.0
Métal conducteur PE	Cuivre	Cuivre	Cuivre	Cuivre

CABLE	C15			
Longueur (m)	75.0			
Mode de pose	41			
Isolant	PR			
Neutre chargé	Non			
Type conducteur	Multipolaire			
Arrangement conducteurs	Trèfle			
Type de PE	PE séparé			
disposition des circuits	-			
Espacement des conduits	jointifs			
Nb circuits jointifs suppl.	3			
Nombre de couches	1			
K utilisateur	1.00			
Température ambiante (°C)	40			
Nb conducteur Ph	2			
S conducteur Ph (mm <sup>2</sup> )	240.0			
Nb conducteur N	2			
Métal conducteur Ph	Cuivre			
S conducteur N (mm <sup>2</sup> )	240.0			
Nb conducteur PE	1			
Métal conducteur Neutre	Cuivre			
S conducteur PE (mm <sup>2</sup> )	240.0			
Métal conducteur PE	Cuivre			

TRANSFORMATEUR	T1	T2	T3	
Puissance (kVA)	630	630	630	
Schéma de liaison à la terre	TN-C	TN-C	TN-C	
Neutre distribué	Oui	Oui	Oui	
Un Ph-Ph (V)	400	400	400	
Tension de court-circuit (%)	6.0	6.0	6.0	
Perte en cuivre (W)	6200	6200	6200	
Pcc HT (MVA)	500	500	500	
Couplage	Triangle-Etoile	Triangle-Etoile	Triangle-Etoile	
Fréquence du réseau (Hz)	50	50	50	

MOTEUR	M13	M14		
Type de démarrage	Etoile-Triangle	Etoile-Triangle		
Puissance mécanique utile du moteur (kW)	75.00	160.00		
Rendement moteur	0.92	0.92		
Ib (A)	138.43	291.88		
Cos phi	0.85	0.86		
Polarité du circuit	Tri	Tri		
Schéma de liaison à la terre	TN-S	TN-S		
Puissance (kW)	81.52	173.90		
Type de coordination	Type 2	Type 2		
Classe de démarrage	Standard	Standard		
Id/In	2.40	2.40		

PROTECTION/COMMANDE	Q13	Q14		
Gamme	Compact	Compact		
Désignation	NS160N	NS400N		
Déclencheur / Courbe	STR22ME	STR43ME		
Contacteur	LC1D150	LC1F330		
Relais thermique				
Protection thermique	Incluse	Incluse		
Démarreur progressif				
Fusible du démarreur progressif				
Prot. différentielle	Non	Non		
Nb pôles protégés	3P3d	3P3d		
I réglage thermique (A)	142.5	297.6		
I réglage magnétique (A)	1853	3869		
Calibre (A)	150.0	320.0		
Calibre nominal (A)	150	320		
Réglage Im/Isd		13.0		
Réglage Ir	0.95	0.93		
Réglage Io		1.00		

Filiation demandée	Oui	Oui		
Sélectivité demandée	Standard	Standard		

JEU DE BARRES	B4	B12		
Type de jeu de barres	Standardisé sur chant	Standardisé sur chant		
In (A)	2598.1	760.0		
Longueur (m)				
Nb de barres en //	3	1		
Epaisseur (mm)	5.0	5.0		
Largeur (mm)	100	50		
Cos phi	0.84	0.85		
Polarité du circuit	Tri + N	Tri + N		
Température ambiante (°C)	40	40		
T°C max admis sur lcc (°C)	145	145		
Degré de protection	IP <= 30	IP <= 30		
Schéma de liaison à la terre	TN-C	TN-C		
Métal	Cuivre	Cuivre		

## Annexe C : Notes de calcul

### Affaire Etude et optimisation d'une installation électrique

<b>Réseau</b>	Schéma des liaisons à la terre :	
	Tension :	
	Filiation demandée :	Oui
	Sélectivité demandée :	Standard
	Section maxi autorisée :	240.0 mm <sup>2</sup>
	Section N / Section Ph :	1
	Tolérance section :	5.0 %
	Cosphi global à atteindre :	0.96
	Fréquence du réseau :	50 Hz

### Circuit : TR3/TR2/TR1 ( T3-C3-Q3/T2-C2-Q2/T1-C1-Q1) - Calculé

Amont :	
Aval :	TGBT
Tension :	400 V

<b>Source :</b>	<b>T1</b>
Reseau amont	
Puissance de court-circuit amont :	500 MVA
Impédances du circuit amont :	Résistance Rt : 0.0351 mOhm
	Inductance Xt : 0.3510 mOhm

<b>Transformateur :</b>			
Nombre de transformateurs :	3	Schéma des liaisons à la terre :	TN-C
Puissance globale :	1890 kVA	Puissance unitaire :	630 kVA
Couplage :	Triangle-Etoile	Tension de court-circuit :	6.0 %
Impédances de la source :	Résistance Rt :	2.7556 mOhm	
	Inductance Xt :	16.5725 mOhm	
Ib:	866.03 A		

<b>Cable :</b>	<b>C1</b>		
Longueur :	10.0 m		
Mode de pose :	24-Conducteur isolé en conduit profilé noyé dans la construction		
Type de câble :	Multipolaire	Nb de couches :	1
Isolant :	PR	Nb de circuits jointifs supplémentaires :	0
Arrangement des conducteurs :	Trèfle	Iz :	1844.1 A

### Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction ( Température x Mode de pose x Neutre chargé x pose jointive x Nb couches x Utilisateur / Protection ) :		
Température	: 0.91	(52F + 52K)
x Mode de pose	: 0.86	(52E)
x Neutre chargé	: 1.00	
x pose jointive	: 0.65	(52N/1)
x Nb Couches	: 1.00	(52N/52O/52R/52S/52T)
x Utilisateur	: 1.00	
/ Protection )	: 1.00	

0.51

Sections (mm <sup>2</sup> )	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	4 x 208.2	4 x 240.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 95.0	1 x 95.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
$\Delta U$ (%)	0.00	0.1184	0.12

### Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)		<b>14.6484</b>	<b>12.6859</b>	<b>13.6964</b>	<b>11.4716</b>	<b>12.2810</b>	<b>12.2810</b>
R (m $\Omega$ )		2.9835	5.9669	4.9319	6.0749	5.5314	5.5314
X (m $\Omega$ )		17.1235	34.2470	17.9235	34.2470	17.9235	17.9235

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport GENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-506.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

#### Disjoncteur :

#### Q1

Nom : NS1000N-50.0 kA Calibre nominal : 1000 A  
 Calibre de la protection (In) : 1000.0 A Déclencheur : Micrologic 5.0  
 Nombre de pôles : 3P3d  
 Sélectivité :  
 Pdc renforcé par filiation :  
 Protection différentielle : Non  
 Désignation de la protection différentielle : -  
 Sensibilité : -  
 Cran de temporisation : -

#### Réglages :

Surcharge :  $I_r = 0.90 I_n = 900.00$  A  
 Magnétique :  $I_m(I_{sd}) = 10.0 \times I_r = 9000.00$  A  
 $t_m = 80$  ms

#### Circuit :

#### TGBT ( B4) - Calculé

Amont : TR1  
 Aval : Vers DGBT  
 Tension : 400 V

#### Jeu de barres :

#### B4

Référence : STANDARD Dimensions : 0.0 m-3// 5.0 mmx100 mm  
 Type : Standardisé sur chant Métal : Cuivre  
 Température ambiante : 40 °C I disponible : 2460 A  
 Température sur court-circuit: 145 °C Icc max : 43.95 kA  
 Ks : 0.90 Icc crête (k: (I) 92.29 kA  
 Chute de tension: 0.0000 %

#### Circuit :

#### Vers DGBT ( Q11-C11) - Calculé

Amont : TGBT  
 Aval : DGBT.FAB  
 Tension : 400 V

#### Disjoncteur :

#### Q11

Nom : NS800N-50.0 kA Calibre nominal : 800 A  
 Calibre de la protection (In) : 800.0 A Déclencheur : Micrologic 2.0  
 Nombre de pôles : 3P3d  
 Sélectivité :  
 Pdc renforcé par filiation :  
 Protection différentielle : Non  
 Désignation de la protection différentielle : -  
 Sensibilité : -  
 Cran de temporisation : -

#### Réglages :

Surcharge :  $I_r = 0.95 I_n = 760.00$  A  
 Magnétique :  $I_m(I_{sd}) = 10.0 \times I_r = 7600.00$  A  
 $t_m = 20$  ms

#### Cable :

#### C11

Longueur : 95.0 m  
 Mode de pose : 13-Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé  
 Type de câble : Multipolaire Nb de couches : 1  
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires : 0

Arrangement des conducteurs : Trèfle

Iz :

1076.6 A

**Contrainte de dimensionnement : surcharges**

Facteurs de correction ( Température x Mode de pose x Neutre chargé x pose jointive x Nb couches x Utilisateur / Protection ) :

Température	: 0.91	(52F + 52K)
x Mode de pose	: 1.00	(52E)
x Neutre chargé	: 1.00	
x pose jointive	: 0.88	(52N/4)
x Nb Couches	: 1.00	(52N/52O/52R/52S/52T)
x Utilisateur	: 1.00	
/ Protection )	: 1.00	

0.80

Sections (mm <sup>2</sup> )	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	2 x 195.9	2 x 240.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	2 x 195.9	2 x 240.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	0.12	1.8916	2.01

**Résultats de calcul :**

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	<b>43.9453</b>	<b>24.0483</b>	<b>20.8264</b>	<b>15.6482</b>	<b>17.9950</b>	<b>13.0794</b>	<b>13.0794</b>
R (mΩ)	0.9945	4.6579	9.3159	8.9708	11.4034	11.2222	11.2222
X (mΩ)	5.7078	9.5078	19.0157	13.5745	19.0157	13.5745	13.5745

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-506.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

<b>Charge</b>	I :	730.10 A	Polarité du circuit :	Tri + N
	P :	431.40 kW	Schéma des liaisons à la terre :	TN-C
	cosφ :	0.85	Répartition:	-
	Nombre de circuit identiques		Ku :	1.0

**Circuit :**

Amont :

Aval :

Tension :

**DGBT.FAB ( B12) - Calculé**

Vers DGBT

Malaxeur

400 V

**Jeu de barres :**

Référence :

Type :

Température ambiante :

Température sur court-circuit:

Ks :

Chute de tension:

**B12**

STANDARD

Standardisé sur chant

40 °C

145 °C

0.90

0.0000 %

Dimensions :

Métal :

I disponible :

Icc max :

Icc crête (k: (i

0.0 m-1// 5.0 mmx50 mm

Cuivre

700 A

24.05 kA

50.50 kA

**Circuit : Malaxeur ( Q13-K13-C13-M13) - Calculé**

Amont : DGBT.FAB  
 Aval :  
 Tension : 400 V

**Disjoncteur :****Q13**

Nom : NS160N-36.0 kA Calibre nominal : 150 A  
 Calibre de la protection (In) : 150.0 A Déclencheur : STR22ME  
 Nombre de pôles : 3P3d  
 Sélectivité : T  
 Pdc renforcé par filiation :  
 Protection différentielle : Non  
 Désignation de la protection différentielle : -  
 Sensibilité : -  
 Cran de temporisation : -

## Réglages :

Surcharge :  $I_r = 0.95 I_n = 142.50 \text{ A}$   
 Magnétique :  $I_m(I_{sd}) = 1853 \text{ A}$

Contacteur : LC1D150 Coordination : Type 2  
 Relais thermique :  
 Démarreur électronique :

**Cable :****C13**

Longueur : 20.0 m  
 Mode de pose : 41-Cond. Isolé en conduit ou câble en caniveau fermé  
 Type de câble : Multipolaire Nb de couches : 1  
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires : 0  
 Arrangement des conducteurs : Tréfle Iz : 173.0 A

**Contrainte de dimensionnement : surcharges**

Facteurs de correction ( Température x Mode de pose x Neutre chargé x pose jointive x Nb couches x Utilisateur / Protection ) :

Température : 0.91 (52F + 52K)  
 x Mode de pose : 0.95 (52E)  
 x Neutre chargé : 1.00  
 x pose jointive : 1.00 ( )  
 x Nb Couches : 1.00 (52N/52O/52R/52S/52T)  
 x Utilisateur : 1.00  
 / Protection ) : 1.00

0.87

Sections (mm <sup>2</sup> )	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 46.1	1 x 50.0		Cuivre
Neutre	-	-	-	-
PE	1 x 25.0	1 x 25.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
$\Delta U$ (%)	2.01	1.0668	3.08

Chute de tension au démarrage du moteur : 3.79

**Résultats de calcul :**

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	<b>24.0483</b>	<b>15.5276</b>	<b>13.4473</b>		<b>10.6066</b>		<b>5.3503</b>
R (mΩ)	4.6579	12.0619	24.1239		30.3576		39.6536
X (mΩ)	9.5078	11.1078	22.2157		22.2157		16.7745

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport GENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-506.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge I : 138.43 A Polarité du circuit : Tri  
 P : 81.52 kW Schéma des liaisons à la terre : TN-S  
 cosφ : 0.85 Répartition : -  
 Ku : 0.8  
 Nombre de circuit identiques 1



**Circuit :** **Autre moteur ( Q15-C15-L15) - Calculé**

Amont : DGBT.FAB  
 Aval :  
 Tension : 400 V

**Disjoncteur :****Q15**

Nom : NS630N-45.0 kA      Calibre nominal : 630 A  
 Calibre de la protection (In) : 630.0 A      Déclencheur : STR23SE  
 Nombre de pôles : 3P3d  
 Sélectivité :  
 Pdc renforcé par filiation : 50.0 kA  
 Protection différentielle : Non  
 Désignation de la protection différentielle : -  
 Sensibilité : -  
 Cran de temporisation : -

## Réglages :

Surcharge :  $I_r = 0.80 \times 0.93 I_n = 468.72 \text{ A}$   
 Magnétique :  $I_m(I_{sd}) = 10.0 \times I_r = 4687.20 \text{ A}$   
 $t_m = 60 \text{ ms}$

**Cable :****C15**

Longueur : 75.0 m  
 Mode de pose : 41-Cond. Isolé en conduit ou câble en caniveau fermé  
 Type de câble : Multipolaire      Nb de couches : 1  
 Isolant : PR      Nb de circuits jointifs supplémentaires: 3  
 Arrangement des conducteurs : Trèfle      Iz : 922.0 A

**Contrainte de dimensionnement : surcharges**

Facteurs de correction ( Température x Mode de pose x Neutre chargé x pose jointive x Nb couches x Utilisateur / Protection ) :

Température : 0.91 (52F + 52K)  
 x Mode de pose : 0.95 (52E)  
 x Neutre chargé : 1.00  
 x pose jointive : 0.60 (52N/1)  
 x Nb Couches : 1.00 (52N/52O/52R/52S/52T)  
 x Utilisateur : 1.00  
 / Protection ) : 1.00

0.52

Sections (mm <sup>2</sup> )	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	2 x 231.2	2 x 240.0		Cuivre
Neutre	-	-	-	-
PE	1 x 240.0	1 x 240.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
$\Delta U$ (%)	2.01	0.9558	2.97

**Résultats de calcul :**

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	<b>24.0483</b>	<b>17.4273</b>	<b>15.0925</b>		<b>12.7488</b>		<b>7.2552</b>
R (mΩ)	4.6579	7.5501	15.1002		18.8074		22.3282
X (mΩ)	9.5078	12.5078	25.0157		25.0157		22.5745

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-506.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

**Charge**

I : 466.97 A      Polarité du circuit : Tri  
 P : 274.99 kW      Schéma des liaisons à la terre : TN-S  
 cosφ : 0.85      Répartition: -  
 Ku : 1.0  
 Nombre de circuit identiques 1

**Circuit : Préparation de terre ( Q10-C10-L10) - Calculé**

Amont : TGBT  
 Aval :  
 Tension : 400 V

**Disjoncteur :****Q10**

Nom : NS630N-45.0 kA Calibre nominal : 630 A  
 Calibre de la protection (In) : 630.0 A Déclencheur : STR23SE  
 Nombre de pôles : 3P3d  
 Sélectivité : T  
 Pdc renforcé par filiation :  
 Protection différentielle : Non  
 Désignation de la protection différentielle : -  
 Sensibilité : -  
 Cran de temporisation : -

## Réglages :

Surcharge :  $I_r = 0.70 \times 0.93 I_n = 410.13 \text{ A}$   
 Magnétique :  $I_m(I_{sd}) = 10.0 \times I_r = 4101.30 \text{ A}$   
 $t_m = 60 \text{ ms}$

**Cable :****C10**

Longueur : 95.0 m  
 Mode de pose : 13-Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé  
 Type de câble : Multipolaire Nb de couches : 1  
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires : 0  
 Arrangement des conducteurs : Trèfle Iz : 456.1 A

**Contrainte de dimensionnement : surcharges**

Facteurs de correction ( Température x Mode de pose x Neutre chargé x pose jointive x Nb couches x Utilisateur / Protection ) :

Température : 0.91 (52F + 52K)  
 x Mode de pose : 1.00 (52E)  
 x Neutre chargé : 1.00  
 x pose jointive : 1.00 ( )  
 x Nb Couches : 1.00 (52N/52O/52R/52S/52T)  
 x Utilisateur : 1.00  
 / Protection ) : 1.00

0.91

Sections (mm²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 180.7	1 x 185.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 180.7	1 x 185.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
$\Delta U$ (%)	0.12	2.5115	2.63

**Résultats de calcul :**

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	<b>43.9453</b>	<b>15.0203</b>	<b>13.0080</b>	<b>8.6077</b>	<b>10.6518</b>	<b>6.8420</b>	<b>6.8420</b>
R (mΩ)	0.9945	10.4996	20.9993	20.6542	26.3581	26.1770	26.1770
X (mΩ)	5.7078	13.3078	26.6157	21.1745	26.6157	21.1745	21.1745

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-506.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

**Charge**

I : 404.85 A Polarité du circuit : Tri + N  
 P : 229.99 kW Schéma des liaisons à la terre : TN-C  
 cosφ : 0.82 Répartition : -  
 Ku : 1.0  
 Nombre de circuit identiques 1

**Circuit : Séchoire ( Q9-C9-L9) - Calculé**

Amont : TGBT  
 Aval :  
 Tension : 400 V

**Disjoncteur :****Q9**

Nom : NS630N-45.0 kA Calibre nominal : 630 A  
 Calibre de la protection (In) : 630.0 A Déclencheur : STR23SE  
 Nombre de pôles : 3P3d  
 Sélectivité : T  
 Pdc renforcé par filiation :  
 Protection différentielle : Non  
 Désignation de la protection différentielle : -  
 Sensibilité : -  
 Cran de temporisation : -

## Réglages :

Surcharge :  $I_r = 0.80 \times 0.95 I_n = 478.80 \text{ A}$   
 Magnétique :  $I_m(I_{sd}) = 10.0 \times I_r = 4788.00 \text{ A}$   
 $t_m = 60 \text{ ms}$

**Cable :****C9**

Longueur : 110.0 m  
 Mode de pose : 13-Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé  
 Type de câble : Multipolaire Nb de couches : 1  
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0  
 Arrangement des conducteurs : Trèfle Iz : 538.3 A

**Contrainte de dimensionnement : surcharges**

Facteurs de correction ( Température x Mode de pose x Neutre chargé x pose jointive x Nb couches x Utilisateur / Protection ) :

Température : 0.91 (52F + 52K)  
 x Mode de pose : 1.00 (52E)  
 x Neutre chargé : 1.00  
 x pose jointive : 1.00 ( )  
 x Nb Couches : 1.00 (52N/52O/52R/52S/52T)  
 x Utilisateur : 1.00  
 / Protection ) : 1.00

0.91

Sections (mm²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 230.4	1 x 240.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 230.4	1 x 240.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
$\Delta U$ (%)	0.12	2.8434	2.96

**Résultats de calcul :**

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	<b>43.9453</b>	<b>14.6923</b>	<b>12.7239</b>	<b>8.4770</b>	<b>10.6422</b>	<b>6.9114</b>	<b>6.9114</b>
R (mΩ)	0.9945	9.4782	18.9565	18.6115	23.7434	23.5622	23.5622
X (mΩ)	5.7078	14.5078	29.0157	23.5745	29.0157	23.5745	23.5745

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-506.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

**Charge**

I : 472.53 A Polarité du circuit : Tri + N  
 P : 274.99 kW Schéma des liaisons à la terre : TN-C  
 cosφ : 0.84 Répartition: -  
 Ku : 1.0  
 Nombre de circuit identiques 1

**Circuit : Chargeur séchoire ( Q8-C8-L8) - Calculé**

Amont : TGBT  
 Aval :  
 Tension : 400 V

**Disjoncteur :****Q8**

Nom : NS100H-70.0 kA Calibre nominal : 100 A  
 Calibre de la protection (In) : 32.0 A Déclencheur : TM-D  
 Nombre de pôles : 3P3d  
 Sélectivité : T  
 Pdc renforcé par filiation :  
 Protection différentielle : Non  
 Désignation de la protection différentielle : -  
 Sensibilité : -  
 Cran de temporisation : -

## Réglages :

Surcharge :  $I_r = 1.00 I_n = 32.00 A$   
 Magnétique :  $I_m(I_{sd}) = 400 A$

**Cable :****C8**

Longueur : 60.0 m  
 Mode de pose : 23-Conducteur isolé en conduit profilé dans vide de construction  
 Type de câble : Multipolaire Nb de couches : 1  
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 1  
 Arrangement des conducteurs : Trèfle lz : 42.2 A

**Contrainte de dimensionnement :schéma de liaison à la terre (TN-C)**

Facteurs de correction ( Température x Mode de pose x Neutre chargé x pose jointive x Nb couches x Utilisateur / Protection ) :

Température : 0.91 (52F + 52K)  
 x Mode de pose : 1.00 (52E)  
 x Neutre chargé : 1.00  
 x pose jointive : 0.88 (52N/4)  
 x Nb Couches : 1.00 (52N/52O/52R/52S/52T)  
 x Utilisateur : 1.00  
 / Protection ) : 1.00

0.80

Sections (mm <sup>2</sup> )	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 3.6	1 x 10.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 3.6	1 x 10.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
$\Delta U$ (%)	0.12	1.3724	1.49

**Résultats de calcul :**

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	<b>43.9453</b>	<b>2.2623</b>	<b>1.9592</b>	<b>1.1351</b>	<b>0.5595</b>	<b>0.8038</b>	<b>0.8038</b>
R (m $\Omega$ )	0.9945	112.0545	224.1090	223.7640	712.8090	286.1574	286.1574
X (m $\Omega$ )	5.7078	10.5078	21.0157	15.5745	21.0157	15.5745	15.5745

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-506.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

**Charge**

I : 28.87 A Polarité du circuit : Tri + N  
 P : 15.00 kW Schéma des liaisons à la terre : TN-C  
 cos $\phi$  : 0.75 Répartition : -  
 Ku : 1.0  
 Nombre de circuit identiques 1

**Circuit : Empileur ( Q7-C7-L7) - Calculé**

Amont : TGBT  
 Aval :  
 Tension : 400 V

**Disjoncteur :****Q7**

Nom : NS100H-70.0 kA      Calibre nominal : 100 A  
 Calibre de la protection (In) : 50.0 A      Déclencheur : TM-D  
 Nombre de pôles : 3P3d  
 Sélectivité : T  
 Pdc renforcé par filiation :  
 Protection différentielle : Non  
     Désignation de la protection différentielle : -  
     Sensibilité : -  
     Cran de temporisation : -

## Réglages :

Surcharge :  $I_r = 0.90 I_n = 45.00 \text{ A}$   
 Magnétique :  $I_m(I_{sd}) = 500 \text{ A}$

**Cable :****C7**

Longueur : 80.0 m  
 Mode de pose : 23-Conducteur isolé en conduit profilé dans vide de construction  
 Type de câble : Multipolaire      Nb de couches : 1  
 Isolant : PR      Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0  
 Arrangement des conducteurs : Trèfle      lz : 74.7 A

**Contrainte de dimensionnement : chute de tension**

Facteurs de correction ( Température x Mode de pose x Neutre chargé x pose jointive x Nb couches x Utilisateur / Protection ) :

Température : 0.91 (52F + 52K)  
 x Mode de pose : 1.00 (52E)  
 x Neutre chargé : 1.00  
 x pose jointive : 1.00 ( )  
 x Nb Couches : 1.00 (52N/52O/52R/52S/52T)  
 x Utilisateur : 1.00  
 / Protection ) : 1.00

0.91

Sections (mm <sup>2</sup> )	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 5.1	1 x 10.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 5.1	1 x 10.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
$\Delta U$ (%)	0.12	3.0288	3.15

**Résultats de calcul :**

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	<b>43.9453</b>	<b>1.7023</b>	<b>1.4743</b>	<b>0.8533</b>	<b>1.0448</b>	<b>0.6040</b>	<b>0.6040</b>
R (mΩ)	0.9945	149.0745	298.1490	297.8040	381.1098	380.9286	380.9286
X (mΩ)	5.7078	12.1078	24.2157	18.7745	24.2157	18.7745	18.7745

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-506.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

**Charge**

I : 43.48 A      Polarité du circuit : Tri + N  
 P : 25.00 kW      Schéma des liaisons à la terre : TN-C  
 cosφ : 0.83      Répartition : -  
     Ku : 1.0  
 Nombre de circuit identiques : 1

**Circuit : Manutention Four ( Q6-C6-L6) - Calculé**

Amont : TGBT  
 Aval :  
 Tension : 400 V

**Disjoncteur :****Q6**

Nom : NS100H-70.0 kA      Calibre nominal : 100 A  
 Calibre de la protection (In) : 50.0 A      Déclencheur : TM-D  
 Nombre de pôles : 3P3d  
 Sélectivité : T  
 Pdc renforcé par filiation :  
 Protection différentielle : Non  
     Désignation de la protection différentielle : -  
     Sensibilité : -  
     Cran de temporisation : -

## Réglages :

Surcharge :  $I_r = 0.90 I_n = 45.00 \text{ A}$   
 Magnétique :  $I_m(I_{sd}) = 500 \text{ A}$

**Cable :****C6**

Longueur : 65.0 m  
 Mode de pose : 23-Conducteur isolé en conduit profilé dans vide de construction  
 Type de câble : Multipolaire      Nb de couches : 1  
 Isolant : PR      Nb de circuits jointifs supplémentaires : 2  
 Arrangement des conducteurs : Trèfle      lz : 74.7 A

**Contrainte de dimensionnement : surcharges**

Facteurs de correction ( Température x Mode de pose x Neutre chargé x pose jointive x Nb couches x Utilisateur / Protection ) :

Température : 0.91 (52F + 52K)  
 x Mode de pose : 1.00 (52E)  
 x Neutre chargé : 1.00  
 x pose jointive : 0.82 (52N/4)  
 x Nb Couches : 1.00 (52N/52O/52R/52S/52T)  
 x Utilisateur : 1.00  
 / Protection ) : 1.00

0.75

Sections (mm <sup>2</sup> )	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 7.1	1 x 10.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 7.1	1 x 10.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
$\Delta U$ (%)	0.12	2.4609	2.58

**Résultats de calcul :**

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	<b>43.9453</b>	<b>2.0904</b>	<b>1.8104</b>	<b>1.0485</b>	<b>1.2838</b>	<b>0.7424</b>	<b>0.7424</b>
R (mΩ)	0.9945	121.3095	242.6190	242.2740	310.0314	309.8502	309.8502
X (mΩ)	5.7078	10.9078	21.8157	16.3745	21.8157	16.3745	16.3745

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-506.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

**Charge**

I : 43.48 A      Polarité du circuit : Tri + N  
 P : 25.00 kW      Schéma des liaisons à la terre : TN-C  
 cosφ : 0.83      Répartition : -  
     Ku : 1.0  
 Nombre de circuit identiques : 1

**Circuit : Four ( Q5-C5-L5) - Calculé**

Amont : TGBT  
 Aval :  
 Tension : 400 V

**Disjoncteur :****Q5**

Nom : NS250H-70.0 kA      Calibre nominal : 250 A  
 Calibre de la protection (In) : 200.0 A      Déclencheur : TM-D  
 Nombre de pôles : 3P3d  
 Sélectivité : T  
 Pdc renforcé par filiation :  
 Protection différentielle : Non  
     Désignation de la protection différentielle : -  
     Sensibilité : -  
     Cran de temporisation : -

## Réglages :

Surcharge :  $I_r = 0.90 I_n = 180.00 \text{ A}$   
 Magnétique :  $I_m(I_{sd}) = 10.0 \times I_n = 2000.00 \text{ A}$

**Cable :****C5**

Longueur : 65.0 m  
 Mode de pose : 23-Conducteur isolé en conduit profilé dans vide de construction  
 Type de câble : Multipolaire      Nb de couches : 1  
 Isolant : PR      Nb de circuits jointifs supplémentaires : 1  
 Arrangement des conducteurs : Trèfle      Iz : 245.6 A

**Contrainte de dimensionnement : surcharges**

Facteurs de correction ( Température x Mode de pose x Neutre chargé x pose jointive x Nb couches x Utilisateur / Protection ) :

Température : 0.91 (52F + 52K)  
 x Mode de pose : 1.00 (52E)  
 x Neutre chargé : 1.00  
 x pose jointive : 0.88 (52N/4)  
 x Nb Couches : 1.00 (52N/52O/52R/52S/52T)  
 x Utilisateur : 1.00  
 / Protection ) : 1.00

0.80

Sections (mm <sup>2</sup> )	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 60.6	1 x 70.0		Cuivre
Neutre	PE(N)	PE(N)	-	-
PE	1 x 60.6	1 x 70.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
$\Delta U$ (%)	0.12	1.5415	1.66

**Résultats de calcul :**

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	<b>43.9453</b>	<b>12.0081</b>	<b>10.3993</b>	<b>6.4350</b>	<b>7.8336</b>	<b>4.7321</b>	<b>4.7321</b>
R (mΩ)	0.9945	18.1823	36.3647	36.0197	46.0259	45.8447	45.8447
X (mΩ)	5.7078	10.9078	21.8157	16.3745	21.8157	16.3745	16.3745

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-506.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

**Charge**

I : 162.18 A      Polarité du circuit : Tri + N  
 P : 100.00 kW      Schéma des liaisons à la terre : TN-C  
 cosφ : 0.89      Répartition : -  
     Ku : 1.0  
 Nombre de circuit identiques : 1

# Bibliographie

- [1] : **facture électricité moyen tension de la briqueterie KALAA/HAMMAD.**
- [2] : Louchene Fouad, " **Audit énergétique de la cimenterie d' Ain TOUTA,**" Mémoire d'ingénieur, Université de Batna, 2000.
- [3] : **Réaliser des économies sur votre facture d'énergie,** "Guide technique," SONALGAZ, Edition 2001.
- [4] : **Groupe Schneider, " Guide moyen tension,"** Edition 2002.
- [5] : **Cellules modulaires, SM6 Merlin Gerin 3à 36 KV, "Catalogue 2005,"**, Merlin Gerin, Groupe Schneiderm Edition 2005.
- [6] : **R.Bourgeois & D.Cogniel & B.Lehalle,** " Equipement et Installation Electrique,". Edition Casteilla Paris, 2000.
- [7] : **CABLES DE BISKRA (EN.I.CA.BISKRA),** "Guide technique," Edition Biskra, ALGERIE.
- [8] : **TUNISIE CABLES,** " CATALOGUE 2003," Grombalia-Tunisie.
- [9] : **PREVENTION DU RISQUE ELECTRIQUE,** "Carnet de prescriptions au personnel". SONALGAZ, Prévention et sécurité. Edition 2002.
- [10] : **Groupe Schneider " Schémathèque** Technologies du contrôle industriel ". 2000.
- [11] : **Groupe Schneider,**Catalogue Electronique, CD-ROM. 2002/2003.
- [12] : **Ecodial 3.37 ,** " le logiciel de conception et de chiffrage des équipements électriques basse tension BT,".
- [13] : Belkacem Sebti, " **Exploitation du logiciel de conception des installations électriques basse tension,**" , Mémoire d'ingénieur, Université de Batna, 2001