

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES



PROJET DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR DE CONCEPTION

**TITRE : OPTIMISATION DE LA GESTION
DES CONSOMMATIONS
ENERGETIQUES DU SIEGE
DE LA BCEAO (TOUR ET COFEB)**

**AUTEUR : CHEICK SIAKA ANSOU SADIO
DIRECTEUR INTERNE : CHEIKH WADE
DIRECTEUR EXTERNE : DJIBRIL DIA**

DEPARTEMENT : GENIE ELECTROMECHANIQUE

ANNEE : 1993 - 1994

DEDICACE

A ma mère

A mon défunt père

A tous ceux qui me sont chers

Je dédie ce travail

REMERCIEMENTS

La rédaction du présent rapport a été facilitée grâce à l'aide du personnel technique de ERTEB en poste au siège de la BCEAO, ainsi qu'à celle de la SEEE. Je tiens à les remercier pour leur concours aux différentes mesures et relevés d'équipements effectués au niveau des installations du siège. J'associe à ces remerciements Moussa MBOW, ingénieur à la BCEAO, pour sa contribution appréciable à mes différentes démarches.

J'exprime toute ma gratitude à M. Cheikh WADE, mon directeur interne d'avoir bien voulu m'encadrer. Sa disponibilité et son soutien constants m'ont été d'un apport considérable. Je remercie également M. Ndiaye Diouf NDIAYE, pour sa contribution à l'étude économique et financière des solutions retenues.

Ma reconnaissance va aussi à tout le personnel de ERTEB, particulièrement à M. Djibril DIA, directeur général, mon directeur externe, pour m'avoir orienté vers ce présent travail ainsi que pour la disponibilité dont il a fait montre.

J'aimerais aussi exprimer tout particulièrement ma sincère gratitude à MM. Aly NDIAYE et Mbacké SENE de la division Mesure et Comptage de la SENELEC (Station de Hann) pour leur assistance dans toutes les mesures effectuées sur les installations, ainsi qu'à tous ceux qui, de près ou de loin (notamment à Maurice FAYE, chef de secteur à l'agence de la SENELEC de Thiès), ont contribué à la réalisation des objectifs du rapport.

SOMMAIRE

Le présent rapport vise à optimiser la gestion des consommations énergétiques des installations électriques du siège de la BCEAO (Tour et COFEB).

Divers processus sont utilisés pour étudier l'évolution de la consommation énergétique des installations électriques. Leurs applications restent pour beaucoup, tributaires de l'importance de celles-ci.

On retient en général quatre étapes principales dans l'élaboration des programmes d'optimisation de la consommation de l'énergie électrique : optimisation des installations lors du choix même des équipements, le calcul des consommations énergétiques prévisionnelles, le suivi des consommations énergétiques (diagnostic énergétique), la correction des installations pour rendre l'utilisation des équipements plus rationnelle.

Notre étude s'intéresse particulièrement aux deux dernières étapes. En effet, il s'est agi, dans une première étape, d'établir un bilan de puissance des installations permettant de quantifier les besoins réels en énergie électrique. La deuxième étape consacrée à la mesure des paramètres électriques, nous a permis d'établir l'évolution des différents paramètres électriques dont l'analyse nous a conduit à des résultats qui ont été à la base de propositions d'économie d'énergie de ces installations et de techniques devant améliorer la gestion des consommations de celles-ci.

TABLE DES MATIERES

TITRE	PAGE
REMERCIEMENTS.....	I
SOMMAIRE.....	II
TABLE DES MATIERES.....	III
LISTE DES PRINCIPALES ABREVIATIONS.....	IX
LISTE DES TABLEAUX.....	XI
LISTE DES GRAHIQUES.....	XIII
LISTE DES FIGURES.....	XV
LISTE DES PLANS.....	XV
LISTE DES ANNEXES.....	XVI
INTRODUCTION.....	1
<u>CHAPITRE 1: PRESENTATION GENERALE</u>	3
1.0 PRESENTATION ET SITUATION GENERALE.....	4
1.1 RELEVES DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES.....	4
1.1.1 Poste de transformation de la Tour centrale.....	4
1.1.1.1 Spécifications des transformateurs de puissance..	5
Tensions assignées, prises, couplage, puissance et.....	5
tension de cc.....	5
1.1.1.1.1 Transformateur du circuit de climatisation.....	5
1.1.1.1.2 Transformateur du circuit force et de	5
l'éclairage.....	5
1.1.1.2 Spécifications des groupes de secours.....	6
Tensions assignées, prises, couplage, puissance.....	6
1.1.2 Poste de transformation du COFEB.....	7

1.1.2.1	Spécifications des transformateurs de puissance...	7
	Tensions assignées, prises, couplage, puissance et.....	
	tension de cc.....	7
1.1.2.2	Spécifications des groupes de secours.....	8
	Tensions assignées, prises, couplage, puissance.....	8
<u>CHAPITRE 2: ANALYSE PRELIMINAIRE</u>		9
2.0	GENERALITES.....	9
2.1	ESTIMATION DES CHARGES.....	9
2.1.1	Les charges motrices.....	9
2.1.1.1	Les ascenseurs et monte charges.....	9
2.1.1.2	Le circuit force.....	10
2.1.2	L'éclairage.....	11
2.1.2.1	L'éclairage de la Tour Centrale.....	11
2.1.2.1.1	Eclairage principal.....	11
2.1.2.2	L'éclairage du COFEB.....	11
2.1.2.2.1	Eclairage principal.....	11
2.1.2.3	L'éclairage de la salle de Conférence.....	12
2.1.2.4	L'éclairage des voiries.....	12
2.1.2.4.1	Au niveau de la TOUR.....	12
2.1.2.4.2	Au niveau du COFEB.....	12
2.1.3	La climatisation.....	13
2.1.3.1	Au niveau du COFEB.....	13
2.1.3.2	Au niveau de la Tour Centrale.....	14
2.1.3.3	Au niveau de la Salle de Conférence.....	14
2.1.3.4	Estimation de la puissance des charges.....	15
	en présence.....	15

2.2 RELEVES DE LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE DU STEGE ...	
DE LA BCEAO.....	15
2.2.1 Tableau des valeurs.....	15
2.2.2 Représentation graphique.....	15
<u>CHAPITRE 3: DEFINITIONS DES PARAMETRES ELECTRIQUES</u>	21
3.0 MESURES DES PARAMETRES ELECTRIQUES.....	21
3.1 Puissance apparente.....	21
3.2 Puissance active.....	21
3.3 L'énergie réactive.....	21
3.3.1 Premier cas.....	23
3.3.2 Deuxième cas.....	24
3.4 L'énergie active.....	25
3.5 La puissance souscrite.....	25
3.6 La puissance de pointe.....	25
3.7 La puissance installée.....	25
3.8 La puissance d'utilisation.....	26
3.8.1 Le facteur d'utilisation (k_u).....	26
3.8.2 Le facteur de simultanéité (k_s).....	26
3.9 Le facteur de puissance ($\cos \phi$).....	27
3.9.1 Inconvénient d'un faible facteur de puissance.....	28
($\cos \phi$).....	28
3.9.2 Majoration et minoration pour le facteur de.....	28
puissance.....	28
3.9.3 Méthodes d'amélioration du facteur de puissance....	29
($\cos \phi$):- Compensation de l'énergie réactive.....	29
3.9.3.1 Les méthodes naturelles.....	29
3.9.3.2 Les méthodes artificielles.....	30

3.10 La tarification.....	30
3.10.1 La prime fixe.....	30
3.10.2 La facturation de l'énergie active.....	31
CHAPITRE 4: BILAN DE L'ENERGIE CONSOMMEE.....	33
4.0 ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS.....	33
4.1 Poste de transformation de la tour centrale.....	33
4.1.1 Puissance apparente.....	33
4.1.2 Puissance active.....	34
4.1.3 La tension.....	34
4.1.4 Le courant.....	34
4.1.5 Le facteur de puissance.....	35
4.1.6 La puissance réactive.....	35
4.2 Poste de transformation du COFEB.....	42
4.2.1 Puissance apparente.....	42
4.2.2 Puissance active.....	42
4.2.3 La tension.....	42
4.2.4 Le courant.....	43
4.2.5 Le facteur de puissance.....	43
4.2.6 La puissance réactive.....	43
4.3 Comptage au niveau du transformateur du circuit de climatisation.....	49
4.3.1 Puissance apparente.....	49
4.3.2 Puissance active.....	49
4.3.3 La tension.....	50
4.3.4 Le courant.....	50
4.3.5 Le facteur de puissance.....	50
4.3.6 La puissance réactive.....	51

4.4	Analyse des paramètres électriques actuels.....	57
4.4.1	Poste de transformation du COFEB.....	57
4.4.2	Poste de transformation de la Tour Centrale.....	57
4.4.2.1	Comptage général.....	57
4.4.2.2	Comptage de climatisation.....	58
4.4.2.3	Comptage du circuit force et de l'éclairage.....	58
 <u>CHAPITRE 5: PROPOSITIONS EN ECONOMIE D'ENERGIE.....</u>		59
5.0	GENERALITES.....	59
5.1	PROPOSITION N°1: REMPLACEMENT DES DEUX TRANSFOR- MATEURS DE 630 kVA DU POSTE DE TRANSFORMATION DU COFEB...	60
5.1.1	Analyse des besoins réels en énergie.....	60
5.1.2	Analyse comparative avec la situation actuelle.....	61
5.1.2.1	Fonctionnement en temps froids.....	61
5.1.2.2	Déperditions énergétiques.....	62
5.1.3	Incidence financière.....	63
5.1.3.1	Estimation de l'économie à réaliser.....	63
5.1.3.2	Coût de remplacement des transformateurs.....	63
5.1.3.3	Période de recouvrement.....	64
5.2	PROPOSITION N°2 : SUPPRESSION DU POSTE DE TRANS- FORMATION DU COFEB.....	66
5.2.1	Analyse de la situation actuelle.....	66
5.2.1.1	Du point de vue charge de climatisation.....	66
5.2.1.1.1	Analyse de la consommation actuelle.....	66
5.2.1.1.2	Analyse de l'influence de l'extension.....	67
5.2.1.2	Charges d'éclairage et du circuit force.....	68

5.2.2 Analyse financière.....	68
5.2.2.1 Estimation de l'économie réalisée.....	68
5.2.2.2 Coût de remplacemnt du poste de transformation du COFEB.....	69
5.2.2.3 Période de recouvrement.....	70
5.3 PROPOSITION N°3 : DIMINUTION DE LA PUISSANCE.....	71
SOUSCRITE DU SIEGE.....	71
5.3.1 Analyse de la situation actuelle.....	71
5.3.2 Incidence financière.....	72
5.4 PROPOSITION N°4: UTILISATION DES LAMPES A ECONOMIE..	74
D'ENERGIE.....	74
5.4.0 Description.....	74
5.4.1 Estimation de l'économie à réaliser.....	74
5.4.1.1 Quantité d'énergie économisée par an.....	74
5.4.1.2 Economie réalisée sur le coût de remplacement des appareils.....	75
5.4.1.2.1 Coûts de remplacement des lampes incandescentes	75
5.4.1.2.2 Coûts de remplacement des lampes fluorescentes.	75
5.4.1.2.3 coûts de modifications.....	76
5.4.1.3 Période de recouvrement.....	76
5.5 ANALYSE COMPARATIVE DES DIFFERENTES PROPOSITIONS.....	78
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	80
ANNEXES.....	82
Liste Bibliographique.....	106

LISTE DES PRINCIPALES ABREVIATIONS :

- A : Ampère (unité d'intensité du courant)
- AFNOR : Association Française de Normalisation.
- B : Champ magnétique
- C : Condensateur
- $\cos\phi, \cos\phi'$: Facteur de puissance
- DY_n11 : Transfo. couplé en triangle au primaire en étoile et secondaire d'indice horaire 11.
- dt : Elément différentiel du temps
- Δ : Couplage en triangle
- E : Champ électrique
- FP : Facteur de puissance
- i : courant instantanée
- I_1 : Courant de la phase 1
- I_2 : Courant de la phase 2
- I_3 : Courant de la phase 3
- IP : Indice ou degré de protection
- kVA : kilovolt - ampères
- kVAR : kilovar
- kW : kilowatts
- kWH : kilowatt-Heures
- L : Inductance
- η : Rendement
- ONAN : Transformateur à circulation naturel d'air
- P_a : Puissance active instantanée
- P_c : Puissance capacitive
- P_i : Puissance instantanée
- P_m : Puissance magnétique ou magnétisante

P_p : Puissance pointe
 P_s : Puissance souscrite
 P_T : Puissance active moyenne
 P_u : Puissance utile
 Q, Q' : Puissance réactive
 r : Résistance
 s_n, s_n' : Puissance apparente
 ST : Puissance apparente moyenne
 t_1 : Temps à l'instant 1
 t_2 : Temps à l'instant 2
 U_{12} : Tension entre la phase 1 et la phase 2
 U_{23} : Tension entre la phase 2 et la phase 3
 U_{31} : Tension entre la phase 3 et la phase 1
 v : Tension instantanée
 V : Volt (unité de tension)
 V_0 : Tension maximale du réseau
 ω : Pulsation du réseau
 W : Energie active
 W_a : Energie active moyenne
 W_r : Energie réactive moyenne
 Y : Couplage en étoile

LISTE DES TABLEAUX:

	PAGE
Tableau n°1 : Répartition des charges.....	17
Tableau n°2 : Répartition des charges par niveau.....	18
Tableau n°3 : Facturation de l'énergie pour l'année 1993.	19

Relevés des paramètres électriques du siège

Tableau n°4 : Comptage MT journée du 25/01/94.....	36
Tableau n°5 : Comptage MT journée du 26/01/94.....	36
Tableau n°6 : Comptage MT journée du 27/01/94.....	36
Tableau n°7 : Climatisation journée du 25/01/94.....	44
Tableau n°8 : Climatisation journée du 26/01/94.....	44
Tableau n°9 : Climatisation journée du 27/01/94.....	44
Tableau n°10: Transformateur du COFEB journée du 25/01/94.....	52
Tableau n°11: Transformateur du COFEB journée du 26/01/94.....	52
Tableau n°12: Transformateur du COFEB journée du 27/01/94.....	52

Relevés des valeurs maxi et mini des paramètres électriques.

Tableau n°13: Poste de transformation de la TOUR : Comptage MT	56
Tableau n°14: Poste de transformation de la TOUR : Climatisation	56
Tableau n°15: Poste de transformation du COFEB.....	56
Tableau n°16: Estimation de la puissance réelle du transformateur à installer au COFEB.....	65

Tableau n°17: Charge réelle de climatisation.....	65
Tableau n°18: Charge réelle du circuit force et de l'éclairage.....	65
Tableau n°19: Puissance réelle appelée par les installa- tions du siège.....	70
Tableau n°20: Charge réelle de climatisation avec extension.....	70
Tableau n°21: Puissance de souscription.....	73
Tableau n°22: Remplacement des lampes de la Tour.....	77
Tableau n°23: Tableau récapitulatif des principales solutions retenues.....	79
Tableau n°24: Légende.....	105

LISTE DES GRAPHIQUES

	PAGE
Graphique n°1 : Répartition de la charge de la Tour.....	17
Graphique n°2 : Répartition de la charge du COFEB.....	17
Graphique n°3 : Répartition de la charge de la salle de conférence.....	17
Graphique n°4 : Répartition globale de la charge.....	17
Graphique n°5 : Répartition de la charge par niveau.....	18

Facturation de l'énergie pour l'année 1993

Graphique n°6 : Profil de l'énergie consommée en 1993...	20
Graphique n°7 : Profil de l'appel de puissance en 1993..	20
Graphique n°8 : Profil du facteur de puissance.....	20
Graphique n°9 : Profil de la prime fixe.....	20

Comptage MT du poste de transformation de la TOUR

Graphique n°10: Profil de la puissance apparente.....	37
Graphique n°11: Profil de la puissance active.....	37
Graphique n°12: Profil de la puissance réactive.....	38
Graphique n°13: Profil de l'énergie active.....	38
Graphique n°14: Profil du courant de la phase 1.....	39
Graphique n°15: Profil du courant de la phase 2.....	39
Graphique n°16: Profil du courant de la phase 3.....	39
Graphique n°17: Profil de la tension entre phase U12....	40
Graphique n°18: Profil de la tension entre phase U23....	40
Graphique n°19: Profil de la tension entre phase U31....	40
Graphique n°20: Profil du facteur de puissance.....	41

Poste de transformation de la TOUR: Climatisation

Graphique n°21: Profil de la puissance apparente.....	45
Graphique n°22: Profil de la puissance active.....	45
Graphique n°23: Profil de la puissance réactive.....	46
Graphique n°24: Profil du facteur de puissance.....	46
Graphique n°25: Profil du courant de la phase 1.....	47
Graphique n°26: Profil du courant de la phase 2.....	47
Graphique n°27: Profil du courant de la phase 3.....	47
Graphique n°28: Profil de la tension entre phase U12....	48
Graphique n°29: Profil de la tension entre phase U23....	48
Graphique n°30: Profil de la tension entre phase U31....	48

Comptage du poste de transformation du COFEB

Graphique n°31: Profil de la puissance apparente.....	53
Graphique n°32: Profil de la puissance active.....	53
Graphique n°33: Profil de la puissance réactive.....	54
Graphique n°34: Profil du facteur de puissance.....	54
Graphique n°35: Profil du courant de phase	55
Graphique n°36: Profil de la tension entre phase.....	55

LISTE DES FIGURES :

	PAGE
<u>Représentation vectorielle des triangles de puissance</u>	
Figure n°1: Circuit résonnant.....	23
Figure n°2: Circuit à caractère inductif.....	23
Figure n°3: Circuit à caractère capacitif.....	23
Figure n°4: Circuit inductif.....	27
Figure n°5: circuit inductif à $\cos\phi$ amélioré.....	27

LISTE DES PLANS :

Plan n°1: Schéma unifilaire du poste de livraison et de transformation de la Tour Centrale.....	
Plan n°2: Schéma BT du circuit de climatisation du transformateur de 1000 kVA de la Tour Centrale.....	
Plan n°3: Schéma BT des 2 tranfo de 800 kVA et du GS de la Tour - Planche A.....	
Plan n°4: Schéma BT des 2 transfo de 800 kVA et du GS de la Tour - Planche C.....	
Plan n°6: Schéma unifilaire du poste de livraison et de transformation du COFEB.....	

LISTE DES ANNEXES

	PAGE
<u>A. DESCRIPTION DES APPAREILS DE MESURE</u>	
A.1 LE MAP 2000.....	82
A.2 LE MAP 500.....	82
<u>B. RELEVES DES EQUIPEMENTS</u>	
B.1 Estimation de l'éclairage de la Tour Centrale.....	83
B.2 Inventaire des équipements de la TOUR.....	90
B.3 Extension de la puissance de climatisation de la TOUR.....	91
B.4 Estimation de l'éclairage du COFEB.....	92
B.5 Inventaire des équipements du COFEB.....	93
<u>C. TARIFS D'ELECTRICITE HORS TAXES</u>	
<u>C.1 Tarifs appliqués depuis le 23 - 01 - 1994</u>	
C.1.1 Basse tension.....	94
C.1.2 Moyenne et Haute tension.....	95
<u>C.2 Anciens tarifs</u>	
C.2.1 Basse tension.....	96
C.2.2 Moyenne et Haute tension.....	97
<u>D. SPECIFICATIONS DE QUELQUES TRANSFORMATEURS</u>	
D.1 Caractéristiques électriques.....	98
D.2 Prix de vente HTVA.....	98
<u>E. SCHEMAS UNIFILAIRES DES POSTES DE TRANS- FORMATION</u>	
E.1 POSTE DE TRANSFORMATION DE LA TOUR.....	99
E.2 POSTE DE TRANSFORMATION DU COFEB.....	101

INTRODUCTION

L'énergie électrique est la forme d'énergie qu'il est impossible de stocker. Sa livraison s'accompagne toujours de sa consommation directe. Pour son utilisation, plusieurs techniques ont été mises en oeuvre depuis sa production jusqu'à sa livraison. L'objectif visé étant toujours de minimiser la part d'énergie non utilisée (optimisation).

La présente étude traite principalement de l'optimisation de la consommation énergétique des installations électriques du siège de la BCEAO (Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest), TOUR et COFEB (Centre Ouest Africain de Formation et d'études Bancaires).

En effet, ces installations sont relativement importantes. Elles comprennent :

- au niveau de la Tour centrale, trois transformateurs de puissance, deux de 800 kVA chacun, en parallèle, alimentant principalement le circuit force, les ascenseurs et l'éclairage, ainsi qu'un autre de 1000 kVA pour le circuit de climatisation,
- au niveau du COFEB, on dispose de deux transformateurs de puissance de 630 kVA, chacun également en parallèle.

Ainsi, depuis leur mise en service, ces installations ont fait l'objet de nombreux rapports de contrôle, notamment par SOCOTEC INTERNATIONAL (Société de Contrôle Technique et d'Expertise de la Construction), le dernier en date du mois de Juin 1993, en vue de vérifier leur état.

Ce projet doit mettre en relief la quantité d'énergie électrique réellement consommée dans le site et permettre la reconfiguration de la distribution en vue de rationaliser la consommation

énergétique.

A cet effet, une étude générale de ces installations, notamment celle de leurs caractéristiques techniques nous a d'abord paru nécessaire. Le chapitre 1 en est essentiellement question.

Le chapitre 2 est consacré à la quantification des charges réelles des différentes installations du siège (bilan des charges). Le chapitre 3 est consacré aux définitions générales des principaux paramètres pertinents pour notre étude. A partir des charges en présence, nous avons tenté d'étudier les variations dans le temps au chapitre 4 grâce aux résultats obtenus d'une campagne de mesures. Ce chapitre traite également de l'incidence des différents paramètres sur la consommation énergétique totale du siège.

Dans le chapitre 5, nous donnons les principales propositions susceptibles de réduire la consommation énergétique des installations, suivies des principales indications sur leurs avantages et limites (leur praticabilité).

"

CHAPITRE 1: PRESENTATION GENERALE

1.0 PRESENTATION ET SITUATION GENERALE:

La BCEAO (Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest) est une institution regroupant tous les Etats de l'Afrique de l'Ouest membres de l'UMOA (Union Monétaire Ouest Africain), ayant en commun l'usage de la même monnaie.

Le siège de DAKAR se trouve à l'avenue Abdoulaye FADIGA, du nom de son ancien Gouverneur. Il fut construit pour abriter toutes les structures financières de ces Etats en vue d'assurer une meilleure stabilité de leur monnaie et permettre également des échanges avec les banques internationales (FMI, BM, etc).

A l'origine constitué uniquement de la Tour Centrale constituée elle-même de vingt étages en plus du rez-de-chaussée et du sous-sol ainsi que d'une salle de conférence pouvant contenir plus de 300 personnes, le siège de la BCEAO sera plus tard doté de sa propre école de formation de banquiers: le COFEB (Centre Ouest Africain de Formation et d'Etudes Bancaires). De nos jours, ce centre aura permis la formation de la plupart des agents financiers du siège de la BCEAO.

Le siège de la BCEAO fut officiellement inauguré le 26 Mai 1979 et depuis fait office de régulateur des économies de ses différents Etats membres.

1.1 RELEVES DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES

Le réseau électrique du siège de la BCEAO (TOUR et COFEB) est raccordé en souterrain au réseau 30 kV de la SENELEC à partir de la ligne de DAKAR MARINE et abaisse en BT à 380/220 V à l'aide de transformateurs de puissance dont nous donnons les spécifications suivantes, utilisés pour alimenter les différentes infrastructures dont est constitué le siège.

1.1.1 Poste de transformation de la Tour centrale:

La ligne venant de DAKAR MARINE en souterrain est raccordée à ce poste à partir de trois jeux de barres qui alimentent essentiellement trois transformateurs de puissance, deux de 800 kVA pour le circuit force, les ascenseurs et l'éclairage et un de 1000 kVA pour la climatisation centrale. C'est également à partir de ce poste qu'une dérivation a été faite pour l'alimentation du poste de transformation du COFEB, toujours en souterrain.

Ce poste est également équipé de deux groupes diesel de secours de 600 kva en parallèle, destinés essentiellement à maintenir la condition : disposer en tout temps de la puissance au sous-sol, et dans une moindre proportion, assurer tout l'éclairage de la Tour centrale, de la salle de conférence et de la voirie.

Ce poste est également équipé d'un compteur général MT pour la consommation totale en énergie électrique de toutes les installations du siège.

Le schéma unifilaire de ce poste est donné par le plan n°1 (voir annexe E).

1.1.1.1 Spécifications des transformateurs de puissance:

Tensions assignées, prises, couplage, puissance et tension de cc:

1.1.1.1.1 Transformateur du circuit climatisation:

Transformateur triphasé 50 Hz

Conforme à la norme NFC 51 113 et HN 52 S 20

Sn = 1000 kVA Nombre: 1

Tension de c/c: 5.5%

Couplage: DYn11

Nature des enroulements: Cu/Al

	Primaire	Secondaire
	Pos1 30750 V	
Tension:	Pos2 30000 V	400 V
	Pos3 29250 V	
Courant:	19.24 A	1443 A

Agent de refroidissement : ONAN

Masse diélectrique : 500 kg

Masse totale : 2980 kg

1.1.1.1.2 Transformateur du circuit force et de l'éclairage:

Transformateur triphasé 50Hz

Conforme à la norme NFC 51 113 et HN 52 S 20

Sn = 800 kVA Nombre : 2

Niveau d'isolement: 170/70 kV

Tension de c/c: 5%

Couplage : DYn11

Nature des enroulements : Cu/Al

	Primaire	Secondaire
	Pos1 31500 V	
Tension:	Pos2 30000 V	400 V

Pos3 28500 V

Courant: 15.4 A 1155 A

Agent de refroidissement: ONAN

Diélectrique: Huile

Masse diélectrique : 425 kg

Masse totale : 2170 kg

1.1.1.2 Spécifications des groupes de secours:

Tensions assignées, prises, couplage, puissance:

Alternateur

Type: TA 4002 VS 4 - ARES Conforme à la norme NFC 51-100

Pa = 480 kW η (rmt) = 91.5%

Sn = 600 kVA $\cos\phi$ = 0.8

N = 1500 tr/mn Ph = 3 f = 50 Hz

	Primaire	Secondaire
Couplage:	Δ	Y
Tension:	26 V	380 V
Courant:	5.5 A	910 A

Service: S1 Excitation: Automatique

Régulateur : C1N81

Masse totale: 2010 kg

Roulement côté entraînement: BRG: 6324/C3

Roulement côté opposé: NDE BRG: 6324/C3

Graissage: quantité: 70 g avec stabilube n°2

de Houghton ou autre graisse du type

JMFR de la norme AFNOR E 60200

Périodicité de graissage: 1800 Heures

Classe: F Ambiance: 40°C - N° 85009/1 - IP: 22 S

1.1.2 Poste de transformation du COFEB:

Ce poste est essentiellement constitué de deux transformateurs de puissance de 630 kVA chacun, dont un seul est raccordé au réseau, le deuxième étant utilisé comme réserve. Ces transformateurs peuvent être utilisés en parallèle au besoin.

Ce poste est également équipé d'un groupe diésel de secours de 330 kVA destiné essentiellement à assurer la continuité du service en cas de coupure du secteur (SENELEC), principalement de l'éclairage. Le poste comprend de plus:

- 3 prises de terre : Masses-Neutre transfos 1 et 2
- 1 Comptage HT avec mesures de puissances active et réactive (non fonctionnel)
- 1 TGBT avec deux disjoncteurs généraux BT verrouillables et débrochables de 4*1250 A 3d qui protègent et commandent :
 - 1 interrupteur de mise en parallèle de deux transformateurs,
 - 1 inverseur Normal Secours avec arrivée du groupe électrogène SENELEC de 330 kVA,
- 1 jeu de barres secouru avec 13 départs protégés par des disjoncteurs différentiels,
- 1 jeu de barres Normal avec 11 départs protégés par des disjoncteurs non différentiels,
- 1 batterie de condensateurs RECTIMAT de 240 kVAR - 400 V.

Le schéma unifilaire de ce poste est donné par le plan n°3 (voir annexe E).

1.1.2.1 Spécifications des transformateurs de puissance:

Tensions assignées, prises, couplage, puissance et tension de cc:

Transformateur triphasé 50Hz

Conforme à la norme NFC 51 113 ou NFC 52 112 et HN 52 S 20

Sn = 630 kVA Nombre: 2

Tension de c/c: 4.5%

Couplage: DYn11

Nature des enroulements: Cu/Al

	Primaire	Secondaire
	Pos1 30750 V	
Tension:	Pos2 30000 V	400 V
	Pos3 29250 V	
Courant:	12.1 A	909 A

Agent de refroidissement: ONAN

Masse diélectrique: 315 kg

Masse totale : 1675 kg

1.1.2.2 Spécifications des groupes de secours:

Tensions assignées, prises, couplage, puissance:

Alternateur

Type: ATU 315 L 7

Pa = 264 kW $\cos\phi = 0.8$

Sn = 330 kVA f = 50 Hz

N = 1500tr/mn $\eta(rmt) =$

Degré de protection: IP 23

Classe d'isolation : E

	Primaire	Secondaire
Couplage:	Δ	Y
Tension :		380 V
Courant :		501.6 A
Service ED :	31	

CHAPITRE 2 : ANALYSE PRELIMINAIRE

2.0 GENERALITES

Dans ce chapitre il sera essentiellement question de quantifier la puissance réellement consommée par les installations à partir des différents relevés des équipements installés.

2.1 ESTIMATION DES CHARGES :

Les charges en présence sont essentiellement de trois ordres : les charges motrices, l'éclairage et la climatisation.

2.1.1 Les charges motrices :

Elles constituent pour l'essentiel celles pour lesquelles la puissance transitée est la plus importante. On peut les regrouper en deux catégories : le circuit force, les monte charges et ascenseurs.

2.1.1.1 Les ascenseurs et monte charges :

On peut les regrouper en deux catégories.

La première concerne ceux qui sont constitués d'un moteur, d'une génératrice et d'un contrôleur ; ils sont de type SABIEM. on en compte un au niveau de la Tour Centrale (utilisé par le Gouverneur) et deux au niveau du COFEB.

La deuxième concerne ceux qui sont constitués uniquement d'un moteur et du contrôleur ; ils sont de type OTIS. Ils sont tous en service au niveau de la Tour Centrale.

La puissance installée de ces ascenseurs est estimée comme suit:

COFEB.....	40.00 kW
TOUR	176.50 kW
TOTAL.....	216.50 kW

2.1.1.2 Le circuit force:

L'essentiel des charges en présence ici est relatif au fonctionnement des moteurs électriques des différentes installations. On estime cette puissance comme suit:

SALLE DE CONFERENCE.....	3.20 kW
COFEB.....	42.15 kW
TOUR	153.20 kW
TOTAL.....	198.55 kW

Le détail de cette estimation est donné aux tableaux B.2 et B.4 de l'annexe n°B.

Il faut noter que dans les différents circuits de force nous n'avons pas tenu compte de la consommation de nombreux appareils (ordinateurs, micro-ordinateurs...) dont nous n'avons pas pu estimer les différentes valeurs. Néanmoins on affectera une valeur forfaitaire de 10% pour tenir compte de la puissance de ces différentes charges.

Le bilan des charges motrices s'établit, en tenant compte de cette majoration de 10% comme suit:

	Ascenseur	Circuit force	TOTAL
SALLE DE CONFERENCE.....	-	3.20	3.20 kW
COFEB.....	40.00	46.37	86.37 kW
TOUR	176.50	168.52	345.02 kW
TOTAL.....	216.50	218.09	434.59 kW

2.1.2 L'éclairage:

La charge disponible due à l'éclairage peut s'estimer à partir du type de lampes utilisées et en rapport avec le nombre de salles éclairées. On peut estimer que cette puissance est relativement importante compte tenu de l'envergure des installations du siège de la BCEAO.

2.1.2.1 Eclairage de la Tour Centrale:

2.1.2.1.1 Eclairage principal:

L'éclairage de la Tour Central est relatif aux vingt(20) étages (19+la Mézzanine... le rez-de-chaussée, le sous-sol le bâtiment annexe. Dans le tableau B.1 de l'annexe B, la puissance estimée de 228.11 kW ne tient pas compte de la consommation du rez-de-chaussée, du sous-sol et du bâtiment annexe. Cette estimation n'est donnée qu'à titre indicatif car la répartition du niveau d'éclairage varie d'un niveau à un autre. Nous estimons la puissance unitaire de l'éclairage de ces trois niveaux égale à la valeur moyenne obtenue dans l'estimation du tableau B.1, soit 22 kW. Dans ce cas la puissance d'éclairage moyenne de la tour est alors de 294.51 kW.

2.1.2.2 Eclairage du COFEB:

2.1.2.2.1 Eclairage principal:

Au niveau du COFEB la répartition des points lumineux concerne principalement les quatre étages, le rez-de-chaussée et le sous-sol.

Au niveau de chaque palier, on compte environ 28 tubes néon de 0.6m de 36 W chacun ; soit une puissance de 4.0 kW.

On estime que l'éclairage des quatre étages l'est essentiellement pour les amphithéâtres (2 de 50 places et 1 de 150 places)

est 6.0 kW.

Au niveau du sous-sol, la puissance de l'éclairage est donnée essentiellement par la cuisine le hall et les blocs de maintenance, soit environ 1.4 kW.

La puissance totale est alors de 52.634 kW. Le détail de l'estimation des charges d'éclairage est donné au tableau B.4 de l'annexe B.

2.1.2.3 Eclairage de la salle de Conférence:

La puissance consommée se répartit comme suit:

Salle de réunion.....	24.00 KW
Restaurant.....	5.60 KW
Salle de toilettes.....	0.60 KW
TOTAL.....	30.20 KW

2.1.2.4 Eclairage des voiries:

La puissance consommée est relative à l'éclairage des différentes voies de passage et à celui de l'environnement immédiat du siège.

2.1.2.4.1 Au niveau de la TOUR:

L'éclairage de la voirie est relatif à l'environnement immédiat de la TOUR, de la circulation couverte et du parking extérieur. La puissance estimée est de 6.20 kW.

2.1.2.4.2 Au niveau du COFEB:

L'éclairage de la voirie est relatif à l'environnement immédiat du COFEB. La puissance estimée est de 2.56 kW.

Le bilan de la puissance ainsi consommée par l'éclairage se résume comme suit :

Tour Centrale.....	294.510 kW
COFEB.....	52.634 kW
Salle de Conférence.....	30.200 kW
Voiries.....	8.760 kW
TOTAL.....	386.104 kW

2.1.3 La climatisation:

La climatisation utilisée ici est du type été compte tenu des charges calorifiques à évacuer durant cette période de l'année. Les charges en présence sont relatives aux deux centrales de climatisation de la Tour Centrale et du COFEB.

Nous donnons en annexe B le détail des calculs des différents circuits de climatisation(voir tableau B.2 et B.5).

2.1.3.1 Au niveau du COFEB:

La climatisation centrale du COFEB est assurée par trois groupes frigorifiques dont un seul est utilisé pour couvrir les besoins. Les deux autres groupes sont utilisés en appoint pour des charges plus importantes obtenues en général aux périodes de grande chaleur (Août à Novembre). Ces groupes sont composés chacun, de quatre compresseurs, de deux ventilateurs condenseurs et d'une pompe d'eau du circuit primaire. Au passage de la colonne de mélange cette eau est reprise par une autre pompe dite de reprise(pompe du circuit secondaire) et qui refoule ainsi cette eau vers les différents caissons de soufflage : deux pour la cuisine et la salle de gymnastique et trois pour les trois amphithéâtres de 50 et 150 places. Ces différentes pompes (pompes primaires et pompe secondaire) sont par ailleurs accompagnées de deux pompes de secours (une, pour chaque circuit).

On estime que la puissance installée par le circuit de climatisation à ce niveau est d'environ 497.36 kW.

2.1.3.2 Au niveau de la Tour Centrale:

Les installations de climatisation de la tour centrale alimente essentiellement la Tour et la salle de conférence.

Le circuit de climatisation est assuré principalement par deux groupes frigorifiques(DAKIN) de 90 kW alimentant chacun deux compresseurs et deux condenseurs.

Le circuit d'amené d'eau froide est assuré par deux groupes en parallèle de 18.5 kW chacun pouvant être couplés simultanément en cas charges importantes ; tandis que l'alimentation des différents caissons de soufflage(ou de reprise) est assurée par quatre pompes de 25.8 kW(deux pompes en parallèle pour chaque groupe).

Par ailleurs la salle de conférence est également alimentée par ces groupes frigorifiques à partir des différents caissons de soufflage, eux-mêmes alimentés en eau froide par une pompe verticale de 2.2 kW.

Contrairement au système de climatisation du COFEB qui utilise une climatisation avec condenseur à air, celui de la TOUR utilise un condenseur à eau.

On estime que la puissance installée par le circuit de climatisation à ce niveau est d'environ 428.3 kW.

2.1.3.3 Au niveau de la Salle de Conférence:

La charge de climatisation de cette salle est due principalement aux ventilateurs convecteurs dont on estime la puissance totale à environ 10 kW.

Le bilan de la puissance ainsi consommée par les charges de cli-

matisation se résume comme suit :

Tour Centrale.....	428.30 kW
COFEB.....	497.36 kW
Salle de Conférence.....	10.00 kW
TOTAL.....	935.66 kW

2.1.3.4 Estimation de la puissance des charges en présence:

Le bilan de la puissance des charges en présence au niveau du siège de la BCEAO, leur répartition en pourcentage ainsi que leurs représentations sont données aux tableaux n°1 et 2 et aux graphiques n°1 à 5 ci-après.

2.2 RELEVES DE LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE DU SIEGE DE LA BCEAO:

2.2.1 Tableau des valeurs:

Les installations électriques du siège de la BCEAO sont alimentées en MT par le réseau national de la SENELEC à partir de la ligne de DAKAR MARINE. L'énergie totale consommée est comptabilisée par des compteurs MT. Les relevées de la facturation de la consommation énergétique pour l'année 1993 sont consignées dans le tableau n°3 ci-après.

2.2.2 Représentation graphique:

Ce tableau montre à toute fin utile deux niveaux de consommation.

- D'abord on constate que pour ce qui concerne les pointes de consommation, celles-ci s'obtiennent principalement entre les mois de Mai et de Septembre. C'est aussi la période où la consommation de l'énergie réactive est importante ce qui se traduit

par la même occasion par de faibles valeurs du facteur de puissance. En effet cette période correspond à la saison où l'on observe les écarts de températures les plus importants.

- La deuxième zone de consommation, correspond au temps de froid, caractérisée par de faibles valeurs de l'énergie consommée mais également par de valeurs élevées du facteur de puissance.

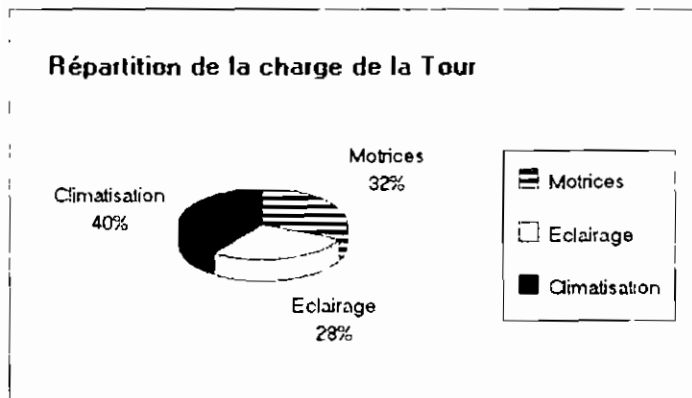
Par ailleurs le profil de la variation de l'énergie obtenu fait ressortir en moyenne une consommation énergétique d'environ 400 MWH tandis que les pointes de puissance appelée sont respectivement de 110 KW, valeur minimale et 1000 kW, valeur maximale ; et pour une puissance souscrite de 1150 kW.

REPARTITION DES CHARGES

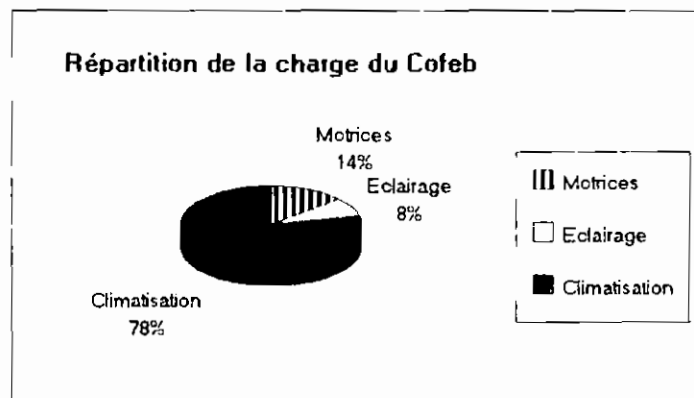
Tableau n°1

Types de charges	Circuit de la TOUR		Circuit du COFEB		Salle de Conférence		Voie		TOTAL	
	en kW	Pourcentage	en kW	Pourcentage	en kW	Pourcentage	en kW	Pourcentage	en kW	Pourcentage
Motices	345.02	32.31%	86.37	13.57%	3.2	7.37%			434.59	24.74%
Eclairage	294.51	27.58%	52.634	8.27%	30.2	69.59%	8.76	100.00%	386.104	21.98%
Climatisation	428.30	40.11%	497.36	78.16%	10.0	23.04%			935.66	53.27%
TOTAL	1067.83	100.00%	636.364	100.00%	43.4	100.00%	8.76	100.00%	1756.35	100.00%

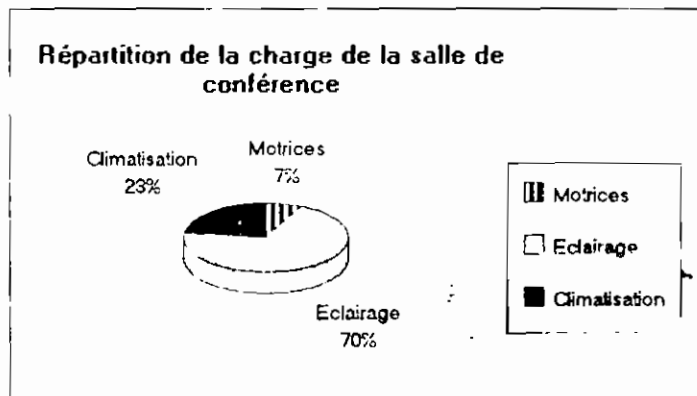
Graphique n°1



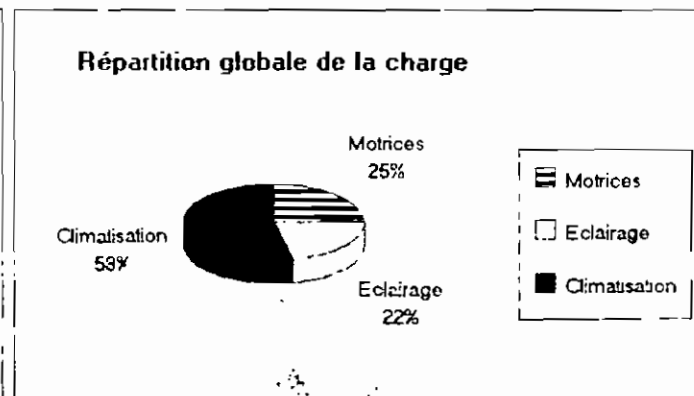
Graphique n°2



Graphique n°3



Graphique n°4



REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES



SAGESSE DEVOIR

PROJET DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR DE CONCEPTION

570.0652

**TITRE : OPTIMISATION DE LA GESTION
DES CONSOMMATIONS
ENERGETIQUES DU SIEGE
DE LA BCEAO (TOUR ET COFEB)**

**AUTEUR : CHEICK SIAKA ANSOU SADIO
DIRECTEUR INTERNE : CHEIKH WADE
DIRECTEUR EXTERNE : DJIBRIL DIA**

DEPARTEMENT : GENIE ELECTROMECHANIQUE

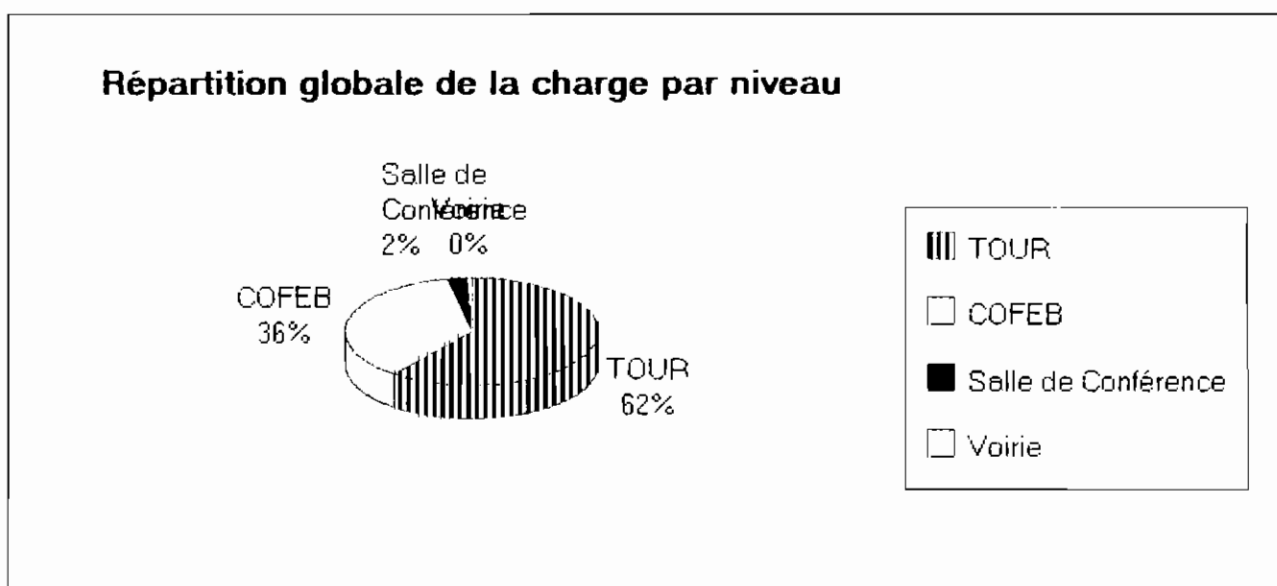
ANNEE : 1993 - 1994

REPARTITION DES CHARGES PAR NIVEAU

Tableau n°2

Désignation	Puissance totale estimée	
	en kW	Pourcentage
TOUR	1067,830	60,80%
COFEB	636,364	36,23%
Salle de Conférence	43,400	2,47%
Voirie	8,760	0,50%
TOTAL	1756,354	100,00%

Graphique n°5

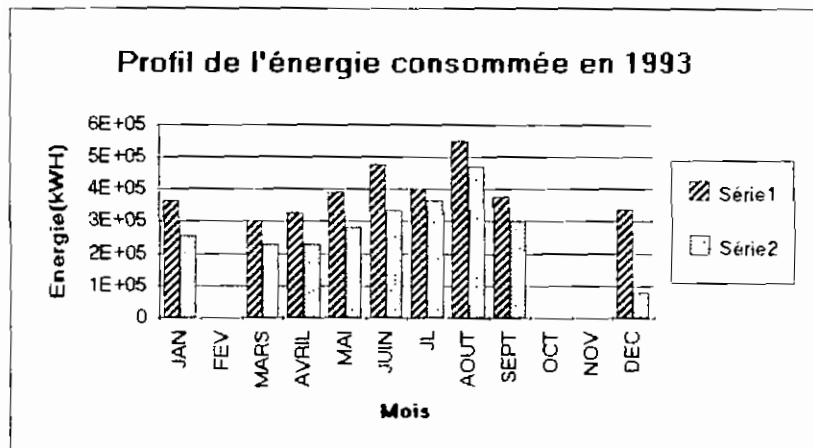


FACTURATION DE L'ENERGIE POUR L'ANNEE 1993

Tableau n°3

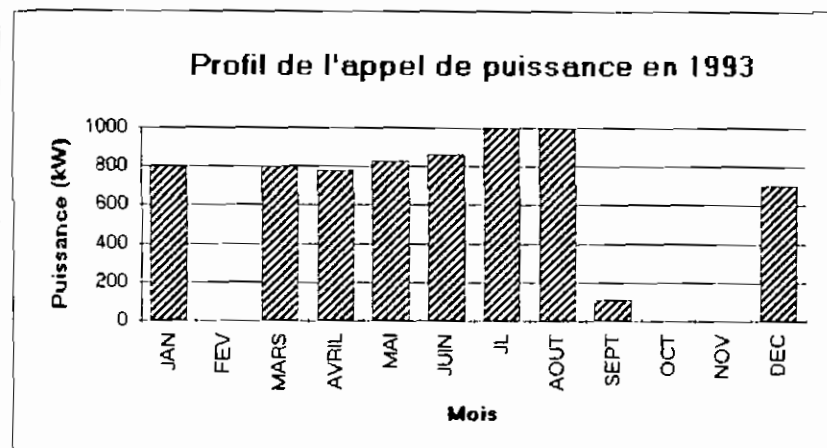
DATE	Energie active consommée en kWh			Energie réactive consommée (kVARH)	Puissance maximale relevée (kW)	Puissance maximale à appliquer	Facteur de puissance	Application du facteur de puissance	Prime fixe en F CFA	Nombre de jours	Net à payer en F CFA
	1ère tranche	2ème tranche	Total								
JANVIER	317600	47600	365200	256500	800	1150	0.82		2560670	34	20934021
FEVRIER						1150					
MARS	254000	47400	301400	228200	800	1150	0.80		2259416	30	17602884
AVRIL	277300	51300	328600	228400	780	1150	0.82		2184103	29	18883976
MAI	331600	58300	389900	280500	830	1150	0.81		2560670	34	22320038
JUIN	406100	69500	475600	335800	860	1150	0.82		2410043	32	26426731
JUILLET	478300	70800	400800	362800	1000	1150	0.78	1412579	2184103	29	24922406
AOÛT	330000	48300	549100	470600	1000	1150	0.76	969704	2711297	36	31748943
SEPTEMBRE			378300	303000	110	1150	0.78	110028	1807524	24	21794783
OCTOBRE						1150					
NOVEMBRE						1150					
DECEMBRE	292800	43800	336600	79400	700	1150	0.97	-268852	2250416	30	18897353
MOYENNE	335963	54625	391722	282800	764	1150	0.82		2325360	31	22614571

Graphique n°6

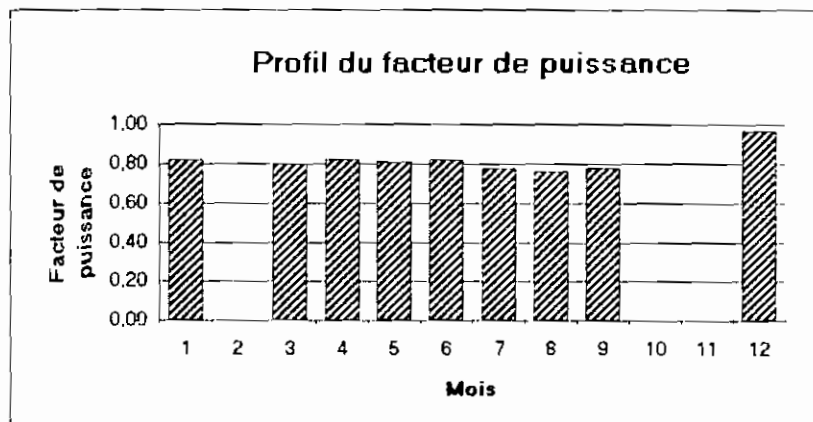


Série 1 : Consommation de l'énergie active
Série 2 : Consommation de l'énergie réactive

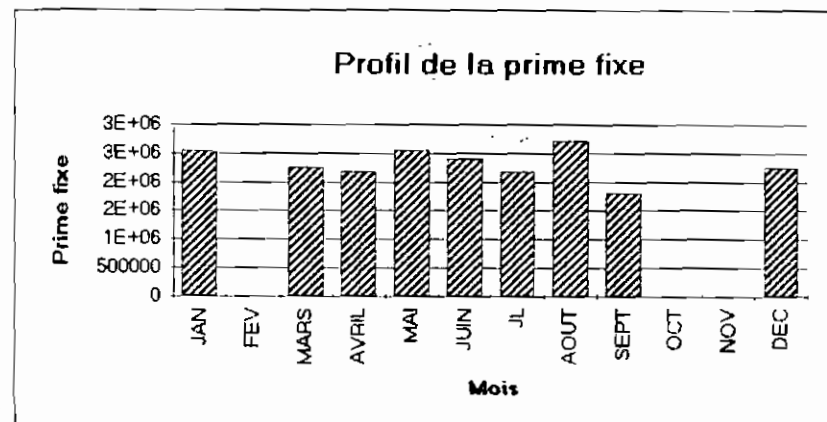
Graphique n°7



Graphique n°8



Graphique n°9



CHAPITRE 3: DEFINITION DES PARAMETRES ELECTRIQUES

3.0 MESURES DES PARAMETRES ELECTRIQUES

Avant de décrire les différents résultats obtenus lors des mesures, précisons d'abord les différentes grandeurs électriques utilisées. La connaissance de ces grandeurs est essentielle puisqu'elles traduisent à tout instant l'état de fonctionnement des équipements de l'installation étudiée.

3.1 Puissance apparente:

Dans une ligne de distribution d'énergie électrique, on retrouve généralement des appareils de nature bien souvent différente (moteurs, transformateurs, appareils électroménagers, etc). Or on doit par exemple exciter un moteur avant son démarrage, d'où une consommation d'énergie réactive. De même des batteries de condensateurs se chargent et se déchargent, en consommant de l'énergie capacitive, une résistance est souvent le siège d'un dégagement de chaleur traduisant la consommation de l'énergie active. A l'origine, pour tenir compte de toutes ces formes de puissance, l'énergie est transitée globalement. La puissance globale ainsi disponible est appelée puissance apparente. Elle comprend ainsi toutes les formes de puissance.

3.2 Puissance active:

C'est la Puissance réellement utilisée par les appareils alimentés par le réseau de distribution pour laquelle ils sont conçus.

3.3 L'énergie réactive:

Cette forme d'énergie reste pour beaucoup d'entre nous un concept qui cache mal sa nature exacte et qui entraîne malgré

tout des dépenses réelles de production et de transport de l'énergie. Pour la préciser, rappelons d'abord qu'un conducteur électrique parcouru par un courant électrique i est souvent entouré d'un champ électromagnétique M , composé lui-même:

- d'un champ électrique E ,
- d'un champ d'induction magnétique B .

Si l'on considère un appareil quelconque du réseau, celui-ci lui fournit à tout instant:

- une puissance "active" p_a qui est réellement transformée en énergie pour laquelle l'appareil est conçu,
- une puissance "capacitive" p_c échangée avec le champ électrique,
- une puissance "magnétique" ou "magnétisante" p_m échangée avec le champ magnétique d'induction B .

A tout instant, nous pouvons utiliser les formules suivantes :

$$p_a = v \cdot i = \frac{v^2}{r}, \text{ où } r \text{ est la résistance de l'appareil} \quad (3.1)$$

$$p_c = c \cdot v \cdot \frac{dv}{dt}, \text{ où } c \text{ est la capacitance} \quad (3.2)$$

$$p_m = \frac{v}{L} \int v dt, \text{ où } L \text{ est l'inductance} \quad (3.3)$$

En triphasé, la tension du réseau est une fonction sinusoïdale du temps de la forme : $V = V_0 \cdot \cos \omega t$, (3.4)

où V_0 est la valeur maximale de la tension et ω la pulsation.

Les formules ci-dessus s'écrivent en conséquence après quelques transformations trigonométriques élémentaires sous les formes simplifiées suivantes:

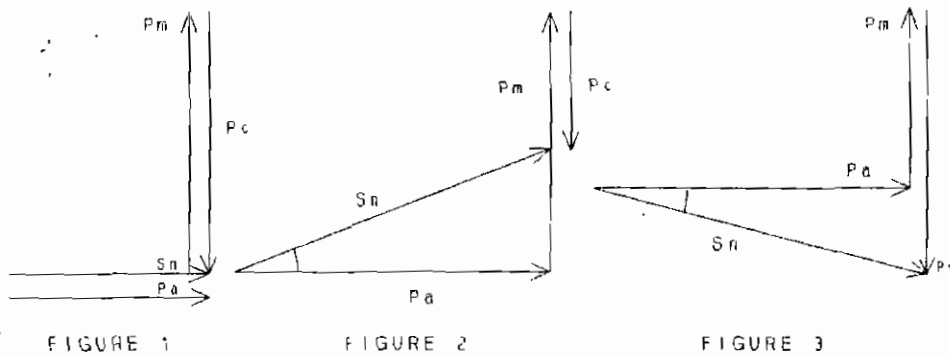
$$P_e = \frac{V_0^2}{2 \cdot r} \cdot (1 + \cos 2\omega t) \quad (3.5)$$

$$P_c = -\frac{V_0^2}{2} \cdot c \cdot \omega \cdot \sin 2\omega t \quad (3.6)$$

$$P_m = \frac{V_0^2}{2 \cdot L \cdot \omega} \cdot \sin 2\omega t \quad (3.7)$$

En utilisant la représentation vectorielle on obtient les triangles de puissance donnés aux figures n°1, 2 et 3 ci-après.

REPRESENTATION VECTORIELLE DES TRIANGLES DE PUISSANCE



Dans tous ces cas de figures, S_n est la puissance apparente donnée en volt-ampères (VA), P_m la puissance magnétisante (ou magnétique), P_c la puissance capacitive en (Var) et P_a la puissance active en watts (W).

On peut tirer de ces triangles deux cas de figures pour le fonctionnement et qui traduisent toutes des états différents pour le réseau.

3.3.1 Premier cas:

- Si P_m et P_c sont égales en module ; comme elles sont de signe opposé, il y a donc échange direct d'énergie entre les deux champs (électrique et magnétique, Fig.1).

Dans ce cas, le réseau n'est pas sollicité à participer à l'échange d'énergie ; on traduit ce cas par la relation :

$$L.C.\omega^2 = 1.$$

(3.8)

Un tel circuit est dit circuit résonnant. En effet, l'énergie absorbée à tout instant par les éléments réactifs du circuit est restituée dans les mêmes proportions par les éléments capacitifs. De sorte que pour un tel système, la puissance apparente totale S_n est égale à la puissance moyenne absorbée par le circuit P_a .

Cette puissance y atteint en outre sa valeur maximale.

3.3.2 Deuxième cas:

- Si P_m et P_c sont différentes en module, ce cas est celui qu'on observe en pratique à cause de la nature diverse des composants du circuit. Dans ce cas, le réseau échange de l'énergie avec le reste du circuit, c'est à dire qu'il véhicule une puissance supplémentaire Q appelée puissance réactive. Cette dernière est définie par la relation:

$$Q = P_m - P_c = \frac{V_0^2}{2L\omega} \sin 2\omega t + \frac{C\omega V_0^2}{2} \sin 2\omega t = \frac{V_0^2}{2} \cdot \frac{(1 + LC\omega^2)}{L\omega} \sin 2\omega t \quad (3.9)$$

L'énergie réactive W_r correspondante se définit sur un intervalle de temps donné par la relation:

$$W_r = \int_{t_1}^{t_2} Q \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} (P_m - P_c) dt = \frac{V_0^2}{4} \frac{(1 + LC\omega^2)}{L\omega^2} [\cos 2\omega t_1 - \cos 2\omega t_2] \quad (3.10)$$

- Si $Q > 0$, $P_m > P_c$: on dit que l'appareil auquel on fournit de la puissance réactive Q consomme de l'énergie réactive (cas des bobines, Fig.2)

- Si $Q < 0$, $P_m < P_c$: on dit que l'appareil auquel on fournit de la puissance réactive Q fournit de l'énergie réactive (cas des condensateurs, Fig.3)

Remarquons que le transit de la puissance réactive accroit :

- * les pertes dans le réseau,
- * les chutes de tension.

3.4 L'énergie active:

Elle correspond à la quantité de chaleur transférée sous forme de travail dans le circuit pendant une période comprise entre t_1 et t_2 et est donnée par la relation suivante :

$$W_a = \int_{t_1}^{t_2} P_a dt = \frac{V_0^2}{2R} \int_{t_1}^{t_2} (1 + \cos 2\omega t) dt$$

$$W_a = \frac{V_0^2}{2R} [(t_2 - t_1) + \frac{1}{2\omega} (\sin 2\omega t_2 - \sin 2\omega t_1)] \quad (3.11)$$

3.5 La puissance souscrite:

C'est la puissance utilisée pour la tarification de l'énergie consommée par le réseau considéré. Elle est évaluée en totalisant la puissance des différents appareils électriques installés susceptibles de fonctionner simultanément.

Donc la puissance souscrite doit être prise voisine de la puissance totale de tous les appareils que l'on veut alimenter par le réseau simultanément et non pas égale à la puissance totale de tout l'appareillage électrique.

Les données fournies par les factures d'électricité nous montrent une valeur constante de la puissance souscrite égale à 1150 KW.

3.6 La puissance de pointe:

C'est la valeur maximale de la puissance susceptible d'être atteinte par le réseau pour une puissance de souscription donnée.

3.7 La puissance installée::

C'est l'ensemble des puissances de tous les récepteurs pour lesquels le réseau est dimensionné.

3.8 La puissance d'utilisation:

Elle est plus faible que la puissance installée. Son estimation qui permet d'évaluer la puissance de la source (puissance à souscrire), demande en général la bonne connaissance de deux facteurs:

3.8.1 Le facteur d'utilisation maximal (k_u):

Le régime de fonctionnement d'un récepteur peut être tel que la puissance utilisée soit inférieure à la puissance nominale installée, d'où la notion de facteur d'utilisation affecté à chaque récepteur. Ceci est toujours vrai pour des récepteurs à moteur susceptibles de fonctionner en-dessous de leur pleine charge. Dans une installation électrique (industrielle), ce facteur peut être estimé en moyenne à 0.75 pour les moteurs. Pour l'éclairage et le chauffage, il sera toujours égal à 1.

3.8.2 Le facteur de simultanéité (k_s):

Tous les récepteurs installés ne fonctionnent pas simultanément. C'est pourquoi, il est permis d'appliquer aux différents ensembles de récepteurs(ou de circuits) des facteurs de simultanéité. On détermine la puissance du transformateur MT/BT susceptible d'être utilisé en tenant compte :

- du $\cos\phi$ moyen estimé de l'installation ($\cos\phi = 0.87$ si l'on veut éviter des pénalités dues à la consommation de l'énergie réactive)

- d'un coefficient k_a (supérieur à 1) en prévision des extensions,

par la relation suivante:

$$P_{TR} = k_b * \frac{P_{Utilisation}}{\cos\phi} = \frac{P_{Installation} * k_u * k_s * k_a}{\cos\phi} \quad [KVA] \quad (3.12)$$

3.9 Le facteur de puissance (cos φ) :

Dans tout circuit électrique, il est essentiel de connaître la part de la puissance apparente S_n réellement transformée en puissance active P_a . On considère que le transport de cette puissance apparente est d'autant meilleur (pertes minimales) que si la part de la puissance active est également importante. Cette répartition de la puissance est souvent exprimé par le rapport de la puissance active P_a et de la puissance apparente totale S_n transitée.

REPRESENTATION VECTORIELLE DES TRIANGLES DE PUISSANCE

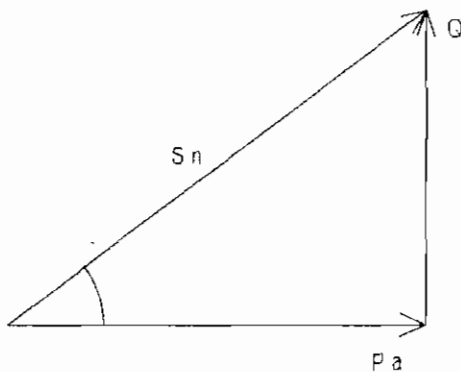


FIGURE 4

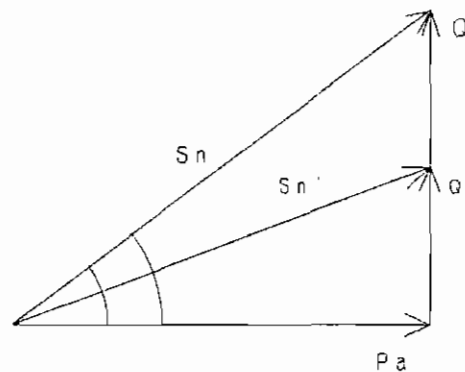


FIGURE 5

On déduit du triangle de puissance les relations suivantes (Fig.4) :

$$\cos\phi = \frac{P_a}{S_n} = \frac{P_a}{\sqrt{P_a^2 + Q^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{Q^2}{P_a^2}}} \quad (3.13)$$

Ou encore si on utilise les énergies active W_a et réactive W_r , on a :

$$\cos\phi = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{W_r^2}{W_a^2}}} \quad (3.14)$$

3.9.1 Inconvénient d'un faible facteur de puissance ($\cos\phi$)

Des valeurs faibles du facteur de puissance conduisent généralement à une consommation importante de l'énergie réactive dont la conséquence directe est la hausse des pénalités qu'elle engendre sur la facturation de l'énergie.

On peut également remarquer qu'en plus de ces pénalités, un faible $\cos\phi$ est source d'une augmentation de l'intensité du courant, donc une augmentation importante des pertes en ligne pouvant entraîner des chutes de tension importantes.

La facturation de l'énergie distribuée et vendue par la SENELEC dépend de la valeur du facteur de puissance. Pour des valeurs de ce dernier inférieures à 0.87, des pénalités sont appliquées suivants les taux ci-après.

3.9.2 Majoration et minoration pour le facteur de puissance:

- Pour des valeurs de $\cos\phi$ comprises entre 0.87 et 0.95, la facturation ne donnera lieu à aucune modification en hausse ou en baisse des tarifs en vigueur, c'est à dire si :

$$0.329 \leq W_r/W_a \leq 0.575 \quad (3.15)$$

- Pour des valeurs de $\cos\phi$ inférieures à 0.87 ($W_r < 0.575$), les tarifs (prime fixe et prix d'énergie) seront majorées de 1% pour chaque centième de $\cos\phi$ au-dessus de cette valeur jusqu'à $\cos\phi$ égal à 0.60.

- Pour des valeurs de $\cos\phi$ inférieures ou égales à 0.59, les

tarifs (prime fixe et prix d'énergie) seront majorées à partir de la valeur réduite de k donnée par l'expression ci-dessous.

Le coefficient réducteur est pris égal au rapport entre la valeur de la majoration pour les $\cos\phi = 0.60$ et la valeur k pour le même $\cos\phi$; dans le cas présent :

$$k' = \frac{0.270}{1.103} * k = 0.245 * k \quad (3.16)$$

- Pour des valeurs de $\cos\phi$ supérieures à 0.95, les tarifs (primes fixes et prix d'énergie) seront majorées de 1% pour chaque centième de $\cos\phi$ au-dessus de cette valeur. Dans ce cas :

$$W_r/W_a < 0.329 \quad (3.17)$$

3.9.3 Méthodes d'amélioration du facteur de puissance ($\cos\phi$) :

Compensation de l'énergie réactive:

L'énergie réactive absorbée par les moteurs et transformateurs varie peu entre le fonctionnement à vide et le fonctionnement en charge. L'énergie active augmente avec la puissance fournie. A vide ou à faible charge, leur $\cos\phi$ sera, par conséquent, très mauvais. Il faudra donc :

- éviter la marche à vide des moteurs (commande individuelle)
- éviter le surdimensionnement des moteurs et des transformateurs.

Afin de minimiser la consommation de l'énergie réactive dans les circuits électriques, sources de pénalités dans la facturation, diverses méthodes ont été élaborées pour compenser cette consommation de l'énergie réactive. On utilise en général les méthodes naturelles et les méthodes artificielles.

3.9.3.1 Les méthodes naturelles:

Simplex, elles s'appuient principalement sur les règles de fonc-

tionnement physique des équipements. Ces méthodes sont encore limitées à des installations de faible puissance à cause des faibles performances atteintes.

3.9.3.2 Les méthodes artificielles:

Elles restent pour beaucoup les plus utilisées dans les installations actuelles. En effet, celles-ci consistent essentiellement à annuler l'effet de l'énergie réactive consommée au moyen de batteries de condensateurs dont la puissance Q_c (en Kvar) à installer dépend de la charge du réseau et de ses fluctuations. Pour un réseau dont on veut améliorer le facteur de puissance $\cos\phi$ et le ramener à $\cos\phi'$, la puissance des batteries de condensateurs à installer est donnée par la relation suivante (voir fig.5) :

$$Q_c = Q - Q' = P_s \cdot \tan\phi - P_s \cdot \tan\phi' = P_s \cdot (\tan\phi - \tan\phi') \quad [\text{Kvar}] \quad (3.18)$$

3.10 La tarification:

L'étude de la tarification nous permettra essentiellement de mieux analyser les différentes factures d'électricité et permettre ainsi de dégager les orientations nécessaires pour réduire la consommation globale de l'énergie.

3.10.1 La prime fixe:

Elle varie proportionnellement à la puissance souscrite, au nombre de jours d'utilisation de celle-ci ainsi qu'à la catégorie de tarification (BT, MT ou HT) ; cette puissance devant être égale au moins à la puissance maximale que l'abonné désire avoir à sa disposition.

Les installations de la BCEAO sont comptabilisées en MT dans la catégorie tarif général. Pour une puissance de souscription de 1150 KW, la prime fixe est donnée par le relation :

$$\text{Prime fixe} = \frac{30358 * 1150 * NJ}{365} \quad [F \text{ CFA}] \quad (3.19)$$

où NJ est le nombre de jours d'utilisation de la puissance.

Les taux en vigueur à la SENELEC sont donnés aux tableaux n°18 et 19 pour les anciens tarifs d'électricité et aux tableaux n°20 et 21 pour les nouveaux tarifs appliqués depuis le 23 JANVIER 1994.

3.10.2 La facturation de l'énergie active:

La consommation de l'énergie active représente pour une large part le facteur de facturation de l'énergie consommée.

Dans les tableaux n°18, 19, 20 et 21 :

La catégorie sans prime fixe est définie en tranches elles-mêmes fonction de la durée d'utilisation de la puissance souscrite ;

-la première tranche représente l'énergie consommée de 0 à 30 heures d'utilisation mensuelle de la puissance souscrite.

-la deuxième tranche représente l'énergie consommée de 31 à 100 heures d'utilisation mensuelle de la puissance souscrite.

-la troisième tranche concerne l'énergie consommée au-delà de 100 heures d'utilisation mensuelle de la puissance souscrite.

La catégorie avec prime fixe est définie ainsi :

-la première tranche représente l'énergie consommée de 0 à 70 heures d'utilisation mensuelle de la puissance souscrite.

-la deuxième tranche représente l'énergie consommée au-delà de 70 heures d'utilisation mensuelle de la puissance souscrite.

Pour la catégorie moyenne tension la SENELEC distingue le tarif général (utilisation entre 1000 et 4000 heures/an), le tarif courte utilisation (utilisation inférieure à 1000 heures/an) et le tarif longue utilisation (au-delà de 4000 heures/an).

Les heures de pointe de la facturation sont relatives aux périodes de 19 à 23 heures tandis que les heures hors pointe concernent les périodes de 0 à 19 heures et de 23 à 24 heures.

CHAPITRE 4: BILAN DE L'ENERGIE CONSOMMEE

4.0 ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS:

Les résultats des mesures des différents paramètres électriques sont consignés dans les tableaux n°4 à 12. Ils concernent les valeurs moyennes obtenues sur un intervalle de une heure à partir des appareils de mesures de la SENELEC utilisés (le MAP 2000 et le MAP 500) dont on donne les caractéristiques à l'annexe A.

Par ailleurs nous donnons aux tableaux n°13,14 et 16 les valeurs instantanées maxi et mini obtenues durant la même période de mesures.

4.1. POSTE DE TRANSFORMATION DE LA TOUR CENTRALE:

Rappelons que tous les résultats obtenus à ce niveau sont relatifs au comptage MT(30 kV) de la consommation de toutes les installations du siège de la BCEAO. Ils sont relatifs aux deux transformateurs de 800 kVA alimentant la tour centrale (le circuit force, l'éclairage, et les ascenseurs), au transformateur de 1000 kVA pour la climatisation centrale et aux deux transformateurs de 630 kVA du COFEB dont un seul est raccordé au réseau. Les résultats analysés ci-dessous sont relatifs aux valeurs des tableaux n°4, 5 et 6 ainsi que ceux du tableau n°13 des valeurs mini et maxi.

4.1.1 Puissance apparente:

Les résultats des tableaux de mesures montrent essentiellement qu'à tout moment les valeurs obtenues de la puissance apparente varient entre un minimum de 82.42 kVA (le matin à 5 heures) et

un maximum de 748.40 KVA (le jour à 17 heures). Pour un poste alimentant deux transformateurs de 800 kVA en parallèle et un autre de 1000 kVA, de telles valeurs de la puissance apparente montrent combien les différents transformateurs sont faiblement utilisés.

4.1.2 La puissance active:

La puissance active comme nous le montre le tableau des pointes maxi et mini est relativement faible comparativement à la puissance installée des transformateurs. On peut aussi constater qu'en plus des remarques déjà formulées dans le cas de la puissance apparente, la faible valeur de 72.13 KW de la puissance active, qui traduit largement la sous utilisation des installations en ces périodes si on compare cette valeur à celle de 1150 kW de la puissance souscrite, soit environ 7% de cette dernière valeur. Ici également la régulation de l'utilisation des transformateurs s'impose pour réduire la consommation énergétique.

4.1.3 La tension:

C'est le paramètre qui apparaît pratiquement constant, ce qui présage de la bonne compensation au niveau du comptage général des installations.

4.1.4 Le courant:

La répartition de la puissance fait entrevoir essentiellement deux périodes.

La première, de faibles courants a lieu la nuit. Au cours de ces heures on notera que la répartition de ces courants ne se fait pas de façon équitable au niveau des phases. Ce qui nous conduit à la remarque suivante:

- la distribution de la puissance doit être envisagée aux fins

d'un rééquilibrage des courants de phase.

La deuxième concerne les courants forts(12 à 13A). Ces courants sont obtenus durant la journée comprise entre(8h à 11h) et (16h à 17h). Ces valeurs de courant nettement plus élevées sont dues principalement du fait qu'à ces heures toute l'installation est quasiment sollicitée entraînant la marche de tous les appareils simultanément.

4.1.5 Le facteur de puissance ($\cos\phi$) :

En général on remarquera l'affichage des valeurs de $\cos\phi$ comprises entre 0.88 et 0.99 et même parfois des valeurs égales à l'unité durant la nuit.

Ces valeurs traduisent essentiellement la bonne compensation effectuée en MT pour ces installations, donc de l'utilisation de batteries de condensateurs de grande puissance.

4.1.6 La puissance réactive:

C'est la puissance dont il faut le plus réduire la valeur pour éviter des pénalités.

En utilisant les différents résultats fournis, on remarquera l'intérêt de la compensation qui a conduit par exemple à des valeurs négatives de l'énergie réactive, traduisant par ailleurs un circuit consommant du réactif surtout la nuit. On notera par contre au cours de la journée des valeurs assez élevées, devenant parfois même égale à 50% de la puissance active.

RELEVES DES PARAMETRES ELECTRIQUES : COMPTAGE MT
JOURNEE DU 25 - 01 - 1994

Tableau n°4

DATE	HEURE	ST(KVA)	PT (KW)	Q(KVAR)	W (MWH)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	U12 (KV)	U23 (KV)	U31 (KV)	FP
25-01	11H											
25-01	12H	585,90	567,60	145,60	2,20	10,480	10,810	11,010	31,42	31,44	31,56	0,9687
25-01	13H	535,50	521,20	119,60	519,40	9,455	9,908	10,180	31,50	31,52	31,62	0,9737
25-01	14H	478,50	471,80	75,05	991,20	8,352	8,809	9,129	31,69	31,70	31,82	0,9866
25-01	15H	509,80	495,40	115,70	1,49	8,913	9,382	9,702	31,73	31,74	31,86	0,9727
25-01	16H	584,30	559,20	167,40	2,05	10,380	10,660	11,000	31,67	31,67	31,79	0,9575
25-01	17H	607,70	582,30	171,70	2,63	10,780	11,110	11,340	31,76	31,77	31,89	0,9586
25-01	18H	597,60	573,40	166,20	3,20	10,670	10,980	11,260	31,59	31,60	31,72	0,9600
25-01	19H	522,00	511,30	100,80	3,71	9,203	9,610	9,920	31,71	31,73	31,84	0,9802
25-01	20H	455,60	451,90	48,38	4,17	7,923	8,467	8,824	31,54	31,58	31,68	0,9923
25-01	21H	406,10	405,00	11,60	4,57	7,071	7,580	7,992	31,45	31,50	31,59	0,9975
25-01	22H	374,50	373,30	4,58	4,94	6,413	7,073	7,360	31,66	31,69	31,80	0,9972
25-01	23H	353,50	352,40	-20,17	5,30	5,915	6,731	6,966	31,95	31,98	32,09	0,9970

JOURNEE DU 26 - 01 - 1994

Tableau n°5

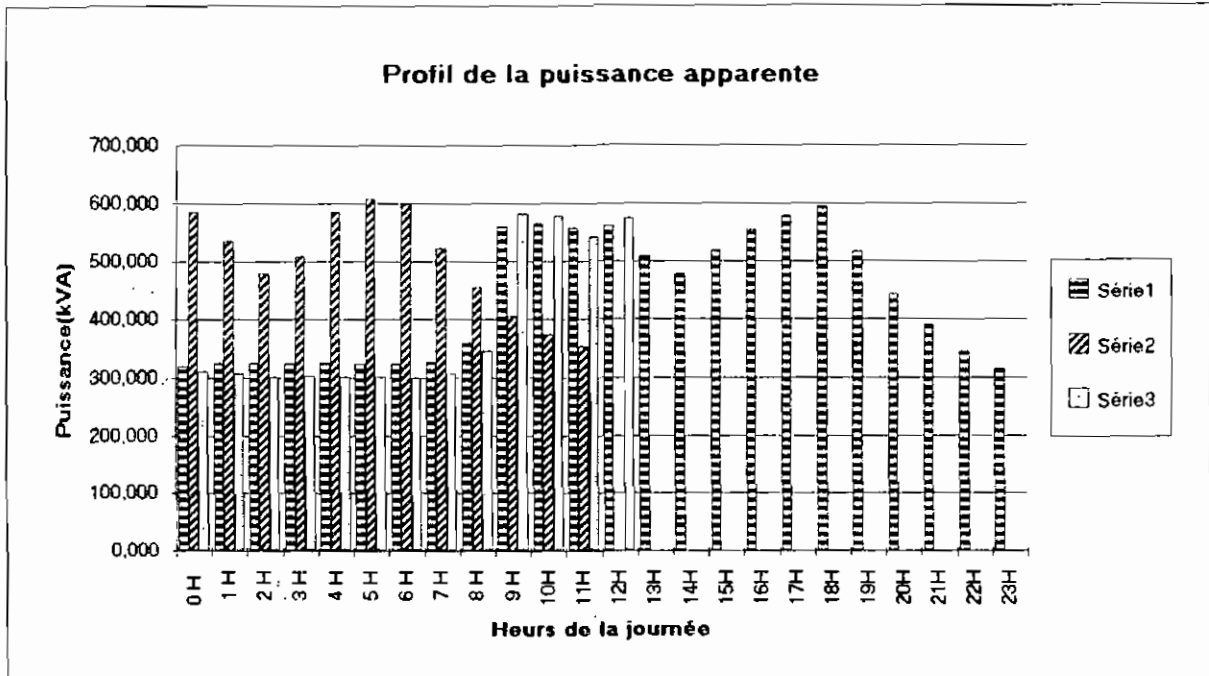
DATE	HEURE	ST(KVA)	PT (KW)	Q(KVAR)	W (MWH)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	U12 (KV)	U23 (KV)	U31 (KV)	FP
26-01	0 H	319,900	318,900	-24,760	5,636	5,259	6,005	6,698	32,13	32,14	32,27	0,9970
26-01	1 H	326,000	325,500	-16,140	5,962	5,292	6,015	6,429	32,29	32,29	32,41	0,9986
26-01	2 H	325,900	325,700	-12,030	6,287	5,263	5,995	6,411	32,41	32,45	32,55	0,9993
26-01	3 H	325,200	325,100	-7,300	6,612	5,263	5,987	6,414	32,42	32,46	32,57	0,9996
26-01	4 H	324,500	324,400	-7,810	6,937	5,257	5,976	6,399	32,43	32,46	32,56	0,9997
26-01	5 H	323,000	322,900	-8,780	7,261	5,244	5,954	6,373	32,40	32,42	32,52	0,9996
26-01	6 H	323,700	323,600	-8,480	7,584	5,270	5,951	6,383	32,40	32,43	32,53	0,9996
26-01	7 H	327,800	327,300	-6,660	7,911	5,400	6,016	6,488	32,06	32,10	32,19	0,9985
26-01	8 H	359,400	358,200	12,410	8,270	6,110	6,646	7,127	31,75	31,79	31,87	0,9968
26-01	9 H	559,500	539,100	146,400	8,808	9,870	10,110	10,560	31,83	31,85	31,95	0,9646
26-01	10H	564,500	543,900	149,100	9,346	10,020	10,160	10,840	31,62	31,64	31,73	0,9638
26-01	11H	558,200	541,300	134,400	9,888	9,947	10,220	10,670	31,45	31,47	31,57	0,9700
26-01	12H	561,600	544,900	134,000	10,430	10,050	10,290	10,710	31,42	31,44	31,53	0,9705
26-01	13H	510,000	498,900	102,900	10,930	9,081	9,302	9,780	31,53	31,56	31,65	0,9785
26-01	14H	477,000	470,300	76,750	11,400	8,369	8,669	9,161	31,74	31,77	31,86	0,9861
26-01	15H	518,200	505,500	110,900	11,910	9,050	9,424	9,916	31,79	31,79	31,89	0,9760
26-01	16H	554,600	533,900	147,500	12,440	9,808	10,160	10,500	31,66	31,67	31,76	0,9631
26-01	17H	577,000	551,700	167,100	12,990	10,150	10,490	10,860	31,85	31,87	31,96	0,9565
26-01	18H	593,900	568,200	171,000	13,560	10,510	10,820	11,220	31,75	31,78	31,87	0,9570
26-01	19H	517,400	506,500	101,400	14,070	9,032	9,509	9,883	31,83	31,86	31,95	0,9796
26-01	20H	442,100	438,800	46,920	14,510	7,793	8,263	8,592	31,36	31,36	31,49	0,9929
26-01	21H	389,700	388,400	11,760	14,890	6,887	7,299	7,648	31,38	31,39	31,52	0,9956
26-01	22H	343,200	341,700	19,960	15,230	5,938	6,494	6,842	31,41	31,40	31,52	0,9959
26-01	23H	314,000	313,600	727,600	15,550	5,248	5,981	6,270	31,69	31,69	31,82	0,9990

JOURNEE DU 27 - 01 - 1994

Tableau n°6

DATE	HEURE	ST(KVA)	PT (KW)	Q(KVAR)	W(MWH)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	U12 (KV)	U23 (KV)	U31 (KV)	FP
27-01	0 H	310,10	309,90	9,64	15,87	4,966	5,805	6,162	32,22	32,20	32,35	0,9996
27-01	1 H	306,50	306,30	9,57	16,17	4,869	5,749	6,142	32,31	32,29	32,43	0,9994
27-01	2 H	301,20	301,00	8,62	16,47	4,763	5,611	6,048	32,47	32,45	32,60	0,9996
27-01	3 H	302,60	302,10	15,60	16,78	4,794	5,643	6,066	32,56	32,54	32,70	0,9986
27-01	4 H	301,50	300,90	18,69	17,08	4,793	5,622	6,066	32,54	32,45	32,67	0,9981
27-01	5 H	301,00	300,50	16,90	17,38	4,790	5,615	6,052	32,51	32,50	32,66	0,9984
27-01	6 H	300,10	299,60	16,11	17,68	4,793	5,582	6,048	32,51	32,50	32,65	0,9985
27-01	7 H	307,00	305,70	22,76	17,98	4,794	5,690	6,219	32,22	32,23	32,36	0,9960
27-01	8 H	346,70	342,60	46,18	18,33	5,899	6,239	6,884	31,95	31,99	32,08	0,9889
27-01	9 H	581,00	553,70	172,80	18,88	10,330	10,640	11,120	31,46	31,49	31,58	0,9543
27-01	10H	577,10	559,30	140,30	19,44	10,310	10,520	10,980	31,51	31,54	31,63	0,9694
27-01	11H	542,80	530,50	111,30	19,97	9,647	9,866	10,340	31,62	31,64	31,74	0,9780
27-01	12H	574,40	533,90	118,00	20,47	9,836	9,943	10,430	31,50	31,52	31,62	0,9756

Graphique n°10

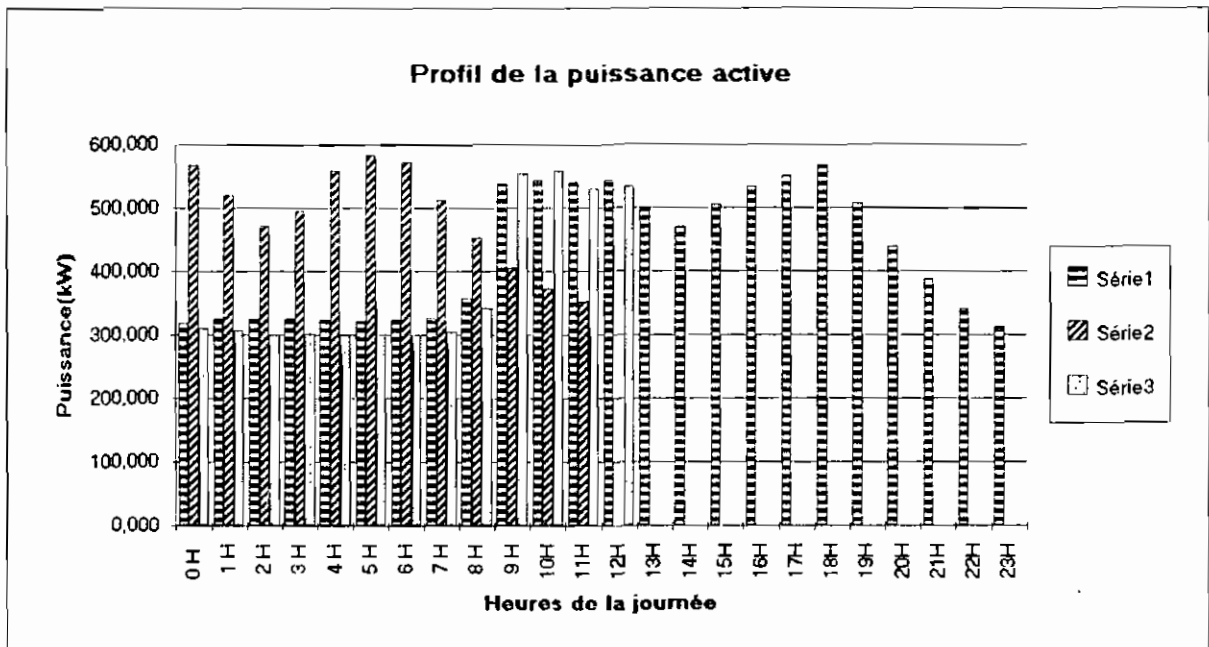


Série 1 : Journée du 26 -01 -1994

Série 2 : Journée du 25 -01 -1994

Série 3 : Journée du 27 -01 -1994

Graphique n°11

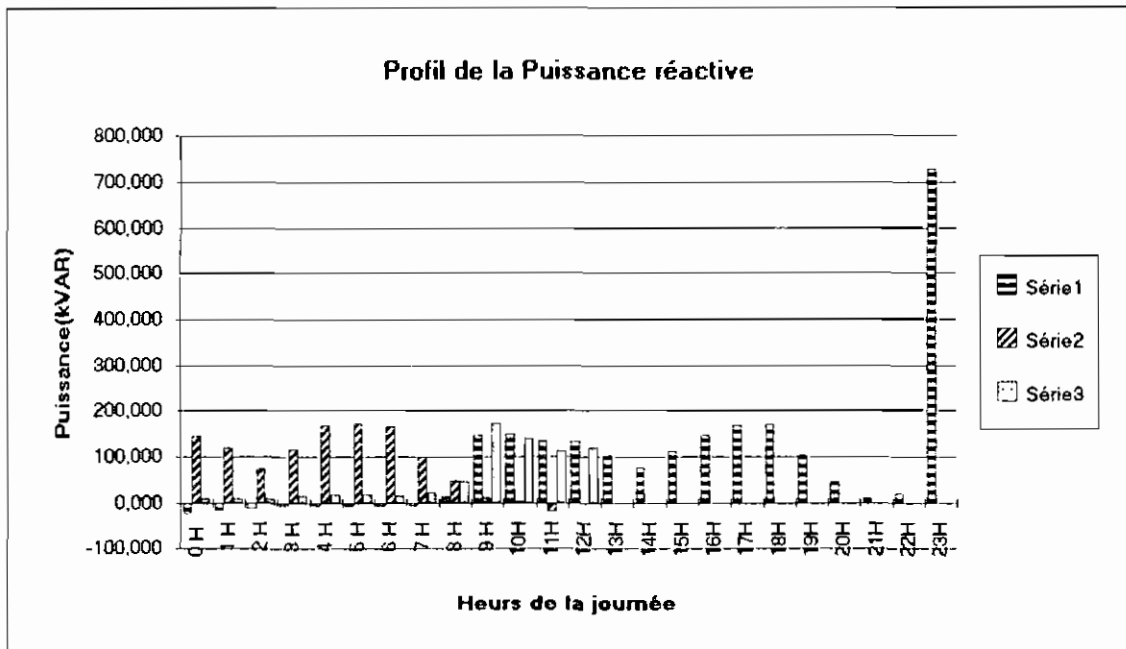


Série 1 : Journée du 26 -01 -1994

Série 2 : Journée du 25 -01 -1994

Série 3 : Journée du 27 -01 -1994

Graphique n°12

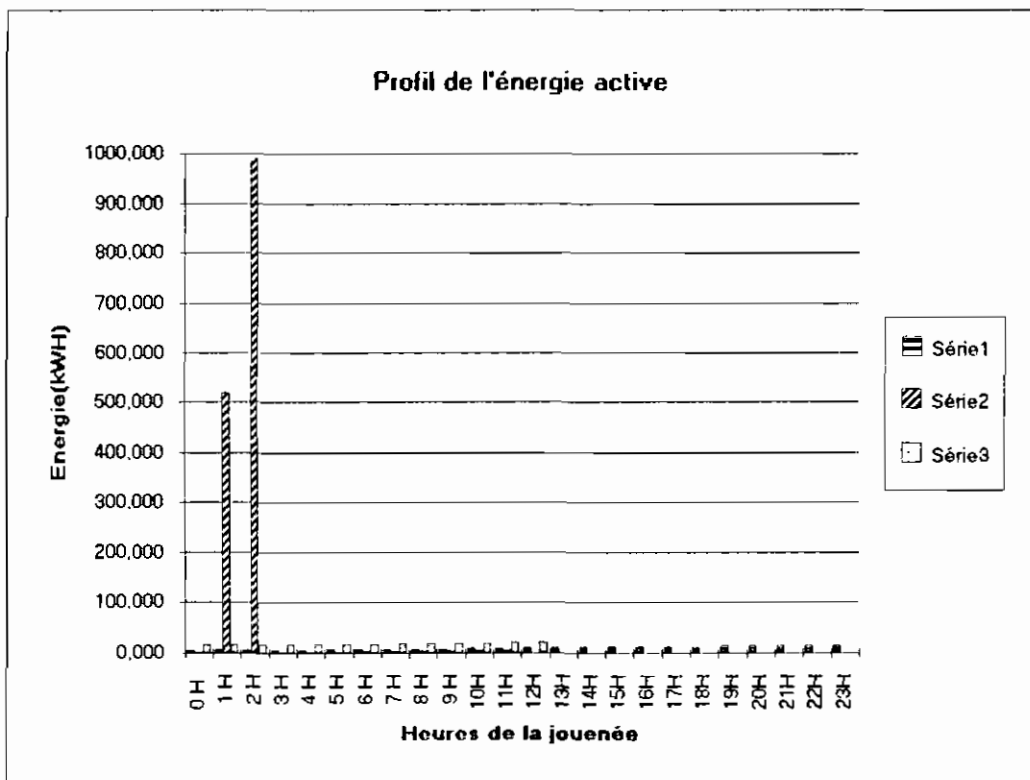


Série 1 : Journée du 26-01-1994

Série 2 : Journée du 25-01-1994

Série 3 : Journée du 27-01-1994

Graphique n°13

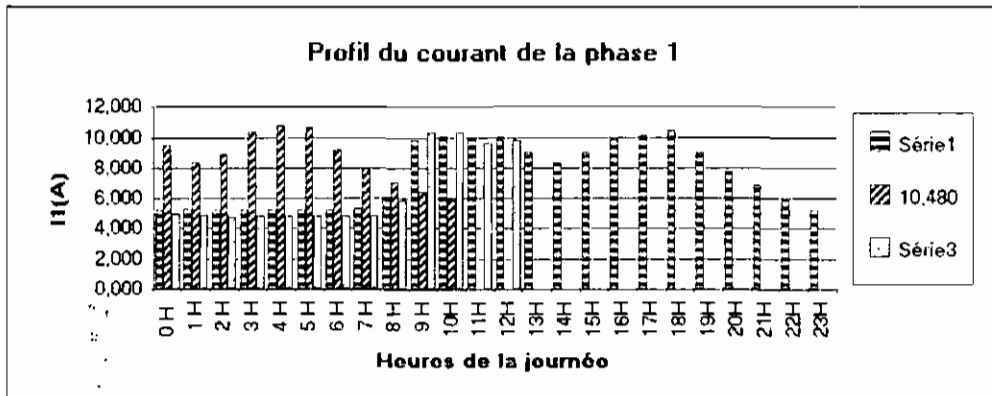


Série 1 : Journée du 26-01-1994

Série 2 : Journée du 25-01-1994

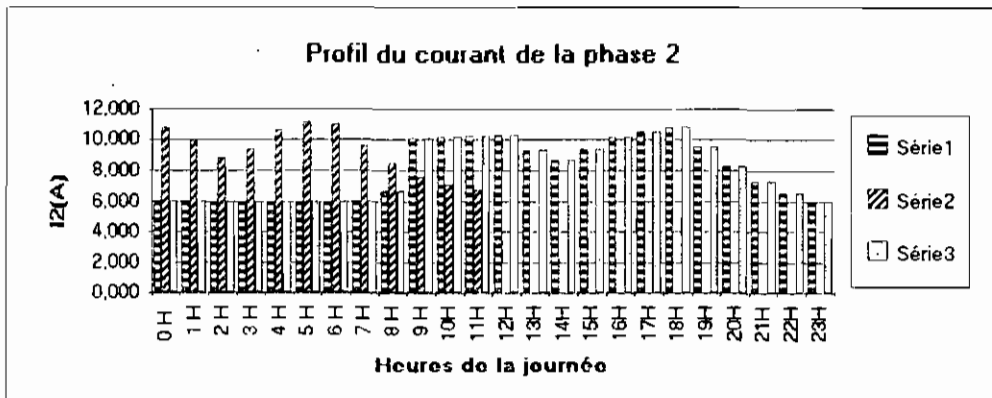
Série 3 : Journée du 27-01-1994

Graphique n°14



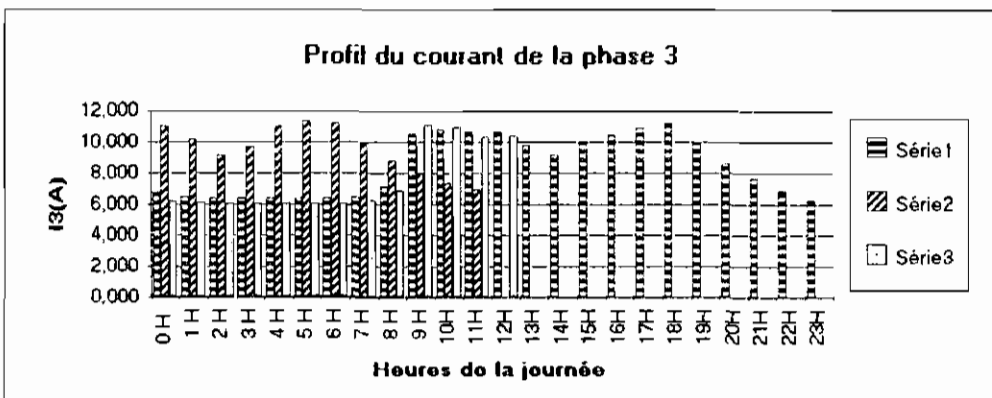
Série 1 : Journée du 26-01-1994
 Série 2 : Journée du 25-01-1994
 Série 3 : Journée du 27-01-1994

Graphique n°15



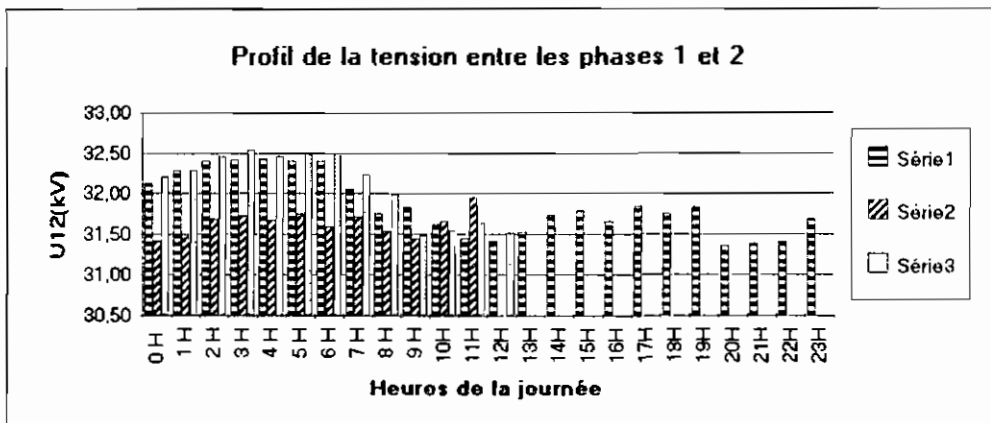
Série 1 : Journée du 26-01-1994
 Série 2 : Journée du 25-01-1994
 Série 3 : Journée du 27-01-1994

Graphique n°16



Série 1 : Journée du 26-01-1994
 Série 2 : Journée du 25-01-1994
 Série 3 : Journée du 27-01-1994

Graphique n°17

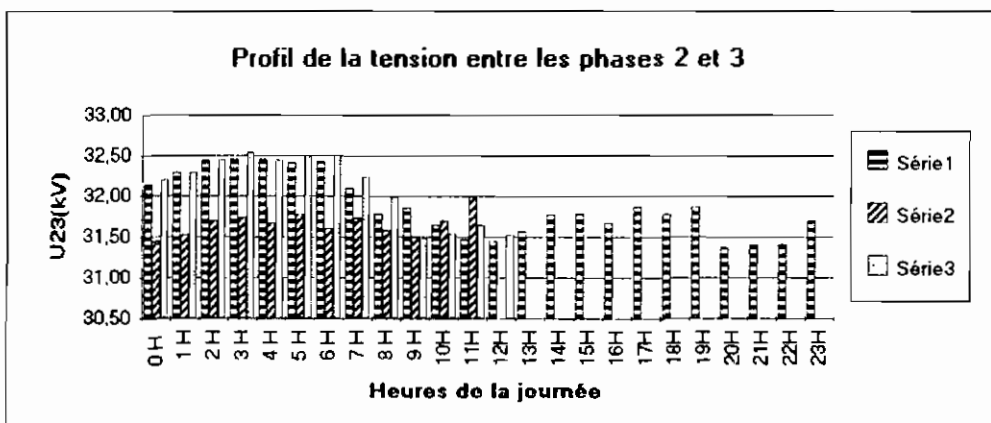


Série 1 : Journée du 26-01-1994

Série 2 : Journée du 25-01-1994

Série 3 : Journée du 27-01-1994

Graphique n°18

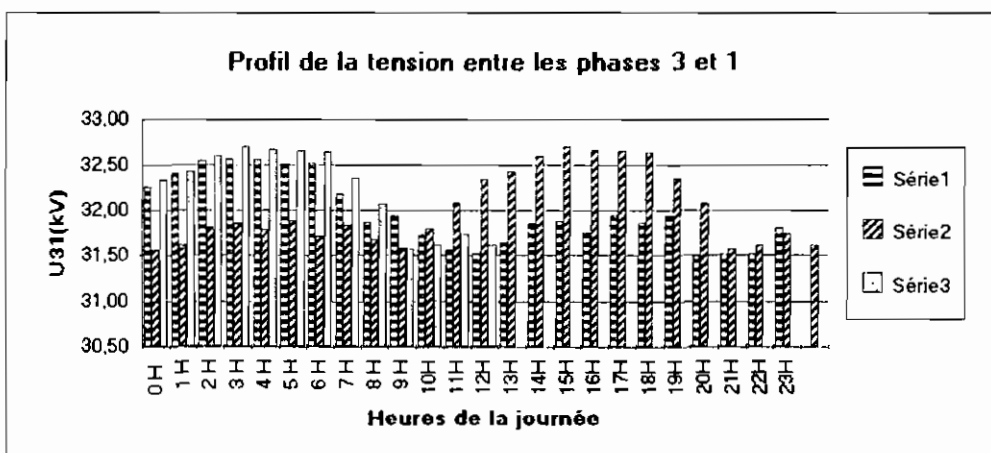


Série 1 : Journée du 6-01-1994

Série 2 : Journée du 25-01-1994

Série 3 : Journée du 27-01-1994

Graphique n°19

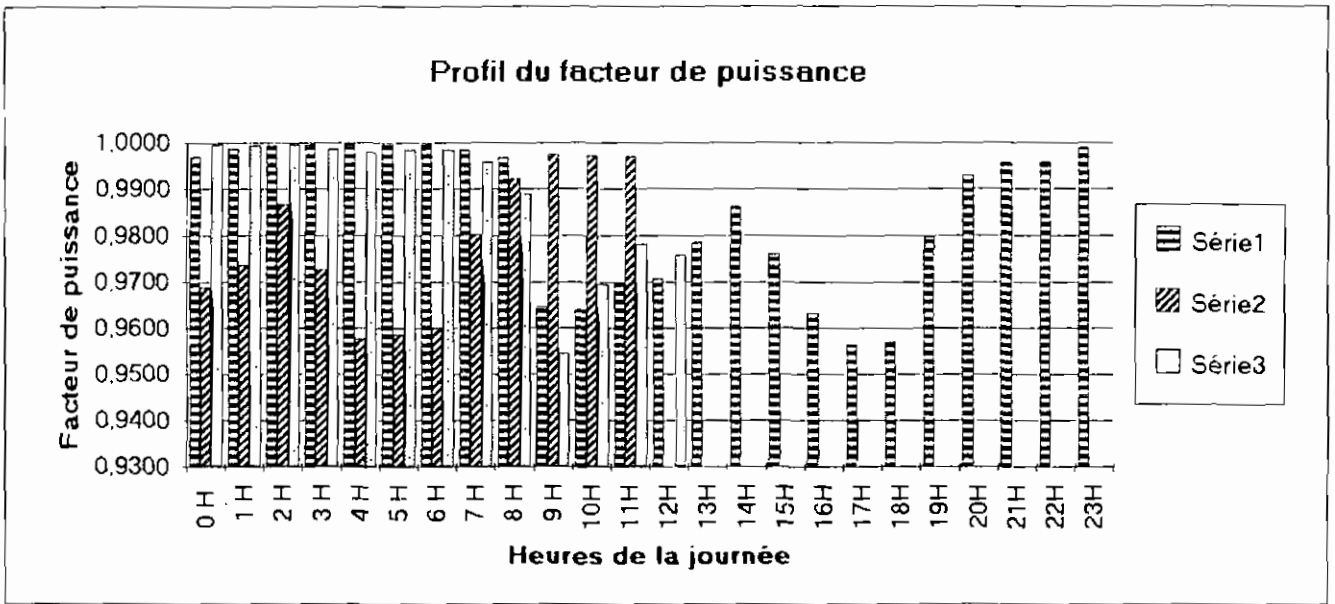


Série 1 : Journée du 26-01-1994

Série 2 : Journée du 25-01-1994

Série 3 : Journée du 27-01-1994

Graphique n°20



Série 1 : Journée du 26 -01 -1994

Série 2 : Journée du 25 -01 -1994

Série 3 : Journée du 27 -01 -1994

4.2 COMPTAGE AU NIVEAU DU TRANSFORMATEUR DE CLIMATISATION (MT) :

Ce comptage peut se déduire par une simple différence du point de vue puissance active des valeurs obtenues au comptage général et du transformateur du COFEB.

Les résultats analysés ci-dessous sont relatifs aux valeurs des tableaux n°7, 8, 9 et 14.

4.2.1 Puissance apparente:

Il convient de remarquer essentiellement qu'à tout moment les valeurs obtenues de la puissance apparente varient entre un minimum de 146.20 kVA (la nuit à 22 heures) et un maximum de 291.80 kVA (le jour à 10 heures). Pour un transformateur de 1000 kVA son fonctionnement à de telles plages de puissance, soit à environ 44% de sa capacité traduit sa faible utilisation.

4.2.2 La puissance active:

Compte tenu de la remarque précédente relative à la puissance apparente, la puissance active connaît deux pointes extrêmes : un minimum de 22.56 kW et un maximum de 192.20 kW. De plus comparativement à la puissance de la charge de climatisation (253.06 kW) les puissance ainsi affichées nous renseignent sur la faible utilisation de ce transformateur.

4.2.3 La tension:

Les résultats mesurés nous montrent une tension toujours supérieure à la valeur de 400 V spécifiée aux secondaires du transformateur (la plus petite valeur obtenue étant de 404.6 V. Par ailleurs on notera ces valeurs se répartissent assez bien autour de la tolérance de 5.5% (422 V), pour atteindre un maximum de 422.7 V.

4.2.4 Le courant:

D'après les spécifications de fonctionnement de ce transformateur, courant secondaire de 1443 A, et comparativement par exemple à la valeur maximale obtenue sur la phase 3 (320.8 A), soit environ 22% de celle-ci, on constate également la faible utilisation de ce transformateur.

4.2.5 Le facteur de puissance ($\cos\phi$):

La valeur maximale du facteur de puissance obtenu au niveau de ce transformateur est de 0.7499. De ce point de vue on mesure ainsi l'importance de la consommation de l'énergie réactive à ce niveau dont on connaît l'incidence sur la facturation d'une part, et d'autre part ces faibles valeurs du facteur de puissance se traduisent essentiellement par des pénalités sur la facturation de l'énergie consommée (voir page n°28 ci-dessus sur les pénalités appliquées sur le $\cos\phi$).

4.2.6 La puissance réactive:

Les faibles valeurs affichées pour les $\cos\phi$ se traduisent essentiellement par une consommation importante de l'énergie réactive. En effet il convient de constater par exemple la nuit, la consommation du réactif est supérieure à la puissance active produite.

RELEVES DES PARAMETRES ELECTRIQUES : CLIMATISATION

JOURNEE DU 25 - 01 - 1994

Tableau n°8

DATE	HEURE	ST(KVA)	PT (KW)	Q(KVAR)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	U12 (V)	U23 (V)	U31 (V)	FP
26 - 01	14 H	190,90	129,70	140,00	279,300	247,500	279,700	411,10	408,90	410,90	0,6789
26 - 01	15 H	189,70	128,10	139,90	277,400	245,800	277,800	411,30	409,10	411,20	0,6752
26 - 01	16 H	193,40	133,80	139,60	283,100	251,200	283,800	410,50	408,20	410,40	0,6910
26 - 01	17 H	205,20	146,90	143,30	299,500	266,200	299,900	411,60	409,40	411,40	0,7157
26 - 01	18 H	202,90	145,30	141,60	297,200	265,200	298,400	409,40	407,30	409,20	0,7162
26 - 01	19 H	193,40	131,90	141,30	281,500	251,700	284,000	411,10	409,00	410,90	0,6816
26 - 01	20 H	187,60	127,60	137,50	274,700	246,100	276,200	409,00	406,90	408,70	0,6803
26 - 01	21 H	186,50	126,80	136,70	272,600	245,800	275,700	408,00	405,90	407,70	0,6800
26 - 01	22 H	189,60	127,90	140,00	276,200	247,800	278,300	410,60	408,50	410,30	0,6744
26 - 01	23 H	205,40	143,40	147,00	297,000	265,900	298,500	414,20	412,10	413,90	0,6972

JOURNEE DU 26 - 01 - 1994

Tableau n°9

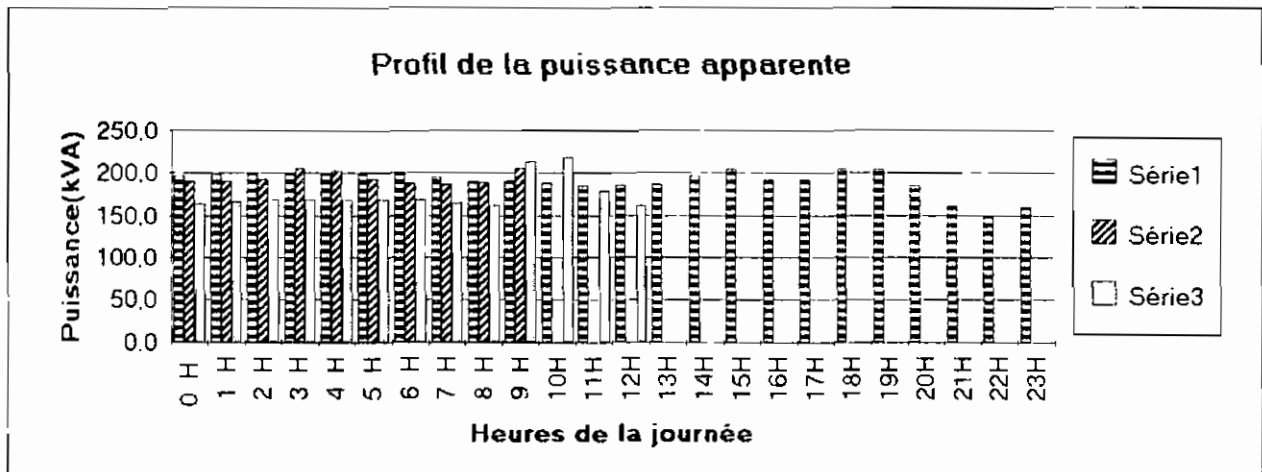
DATE	HEURE	ST(KVA)	PT (KW)	Q(KVAR)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	U12 (V)	U23 (V)	U31 (V)	FP
26-01	0 H	196,0	127,9	148,6	282,0	252,5	284,1	416,0	413,6	415,6	0,6523
26-01	1 H	198,4	128,8	150,8	283,9	253,4	285,7	418,5	416,4	418,4	0,6495
26-01	2 H	199,9	128,8	152,9	284,9	254,6	287,1	419,9	417,9	419,8	0,6442
26-01	3 H	199,9	128,2	153,4	283,8	254,7	287,7	420,1	418,0	420,0	0,6412
26-01	4 H	200,2	128,4	153,7	285,6	254,8	287,5	420,1	417,9	419,9	0,6411
26-01	5 H	199,7	128,1	153,2	285,3	254,4	286,9	419,5	417,4	419,4	0,6414
26-01	6 H	199,8	128,2	153,3	285,3	254,4	286,8	419,8	417,7	419,7	0,6415
26-01	7 H	194,9	126,7	148,1	281,0	251,5	282,2	415,4	413,2	415,1	0,6500
26-01	8 H	190,4	126,2	142,6	277,5	248,4	277,5	411,7	409,5	411,3	0,6623
26-01	9 H	190,2	127,2	141,4	275,6	246,8	278,2	412,5	410,3	412,3	0,6686
26-01	10H	188,5	127,1	139,2	275,3	245,8	277,8	409,8	407,5	409,6	0,6743
26-01	11H	185,4	126,2	135,8	272,6	242,5	274,0	407,9	405,7	407,7	0,6809
26-01	12H	184,8	126,2	135,0	272,2	242,5	273,4	407,3	405,1	407,1	0,6826
26-01	13H	186,6	126,6	137,0	273,6	243,8	275,2	408,8	406,6	408,6	0,6786
26-01	14H	196,6	136,6	141,2	286,6	255,5	287,6	411,4	409,2	411,2	0,6944
26-01	15H	204,3	145,9	143,0	297,9	265,2	299,0	411,5	409,3	411,4	0,7142
26-01	16H	191,3	130,9	139,3	280,2	248,9	280,7	410,2	407,9	410,0	0,6842
26-01	17H	191,5	128,4	142,1	277,6	248,3	279,8	412,8	410,5	412,6	0,6703
26-01	18H	204,7	145,3	144,1	298,0	266,3	300,0	411,4	409,2	411,2	0,7101
26-01	19H	204,0	143,5	144,9	296,2	265,0	297,8	412,5	410,3	412,3	0,7031
26-01	20H	185,7	126,4	136,0	273,4	245,1	274,7	406,6	404,6	406,3	0,6808
26-01	21H	160,5	111,1	115,7	236,8	211,6	237,1	407,5	405,4	407,1	0,6946
26-01	22H	150,3	107,4	105,1	221,6	196,4	221,6	408,2	406,2	408,0	0,7142
26-01	23H	159,9	114,8	111,4	233,4	207,2	233,9	411,8	409,8	411,6	0,7177

JOURNEE DU 27 - 01 - 1994

Tableau n°10

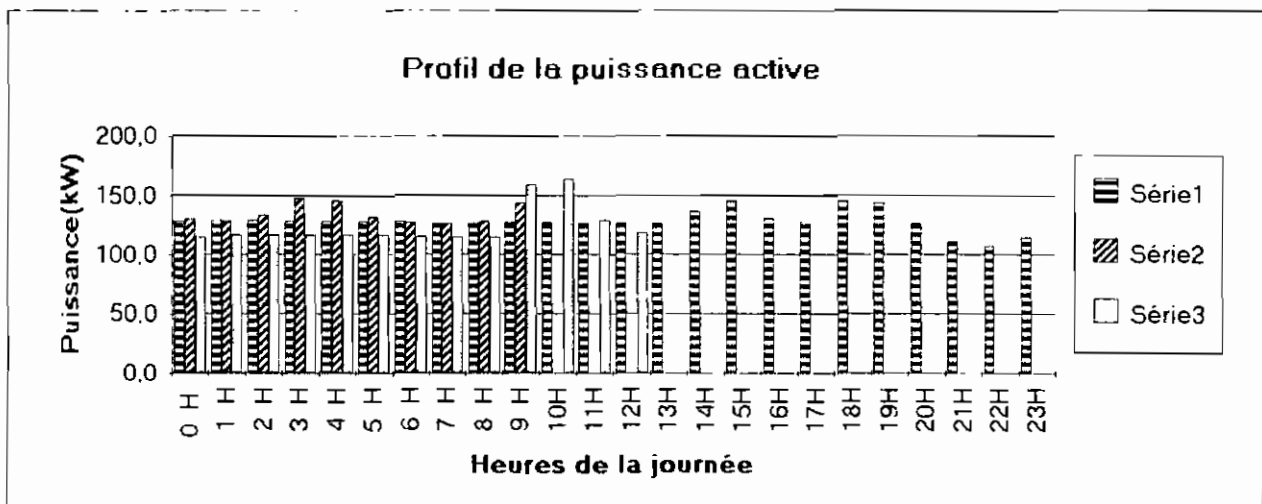
DATE	HEURE	ST(KVA)	PT (KW)	Q(KVAR)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	U12 (V)	U23 (V)	U31 (V)	FP
27-01	0 H	164,20	114,40	117,80	263,30	208,40	236,90	418,30	416,20	418,10	0,6965
27-01	1 H	166,50	116,00	119,40	238,70	210,90	239,30	419,60	417,50	419,50	0,6970
27-01	2 H	168,20	116,40	121,30	239,80	212,30	240,70	421,60	419,40	421,40	0,6924
27-01	3 H	169,30	116,60	122,80	241,00	212,90	241,80	422,70	420,50	422,60	0,6888
27-01	4 H	169,20	116,10	123,00	240,80	213,10	241,70	422,50	420,30	422,30	0,6866
27-01	5 H	168,80	116,00	122,70	240,60	212,60	241,30	422,10	420,00	422,00	0,6870
27-01	6 H	168,70	115,90	122,60	240,50	212,60	241,10	422,20	420,00	422,00	0,6868
27-01	7 H	165,50	114,60	119,40	237,70	211,00	238,40	418,30	416,20	418,10	0,6924
27-01	8 H	162,10	114,60	114,70	235,00	208,70	234,70	414,80	412,70	414,50	0,7068
27-01	9 H	213,60	159,40	142,20	315,00	280,30	315,20	407,30	405,20	407,10	0,7458
27-01	10H	217,70	163,30	144,10	320,20	284,60	320,80	408,20	406,20	408,10	0,7499
27-01	11H	179,40	129,30	124,10	263,00	232,50	263,70	410,10	408,00	410,10	0,7159
27-01	12H	161,00	117,90	109,80	237,10	209,20	238,30	408,80	406,80	408,80	0,7303

Graphique n°21



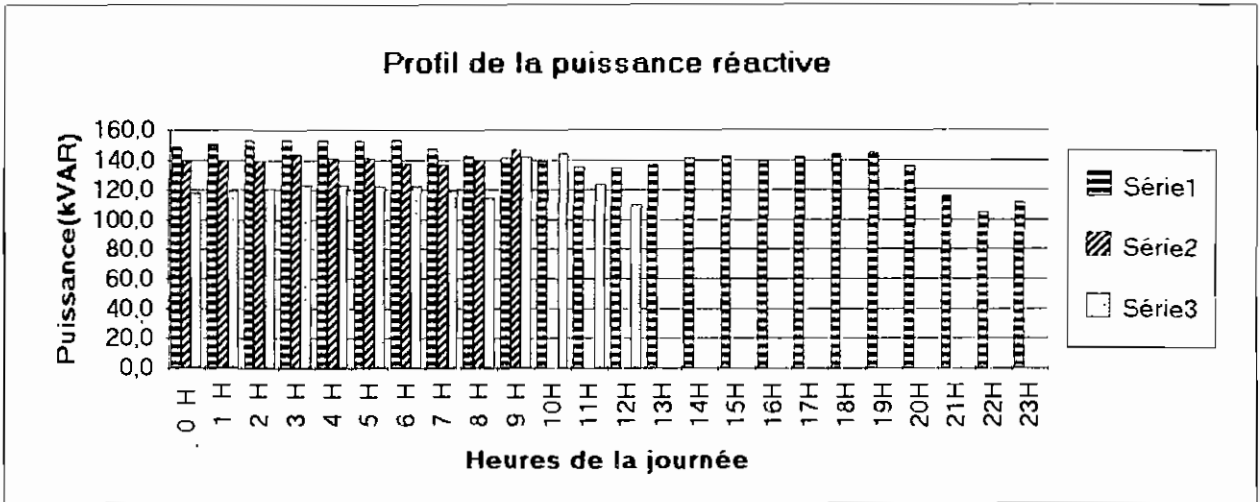
Série 1 : Journée du 27 - 01 - 1994
 Série 1 : Journée du 25 - 01 - 1994
 Série 1 : Journée du 26 - 01 - 1994

Graphique n°22



Série 1 : Journée du 26 - 01 - 1994
 Série 1 : Journée du 25 - 01 - 1994
 Série 1 : Journée du 27 - 01 - 1994

Graphique n°23

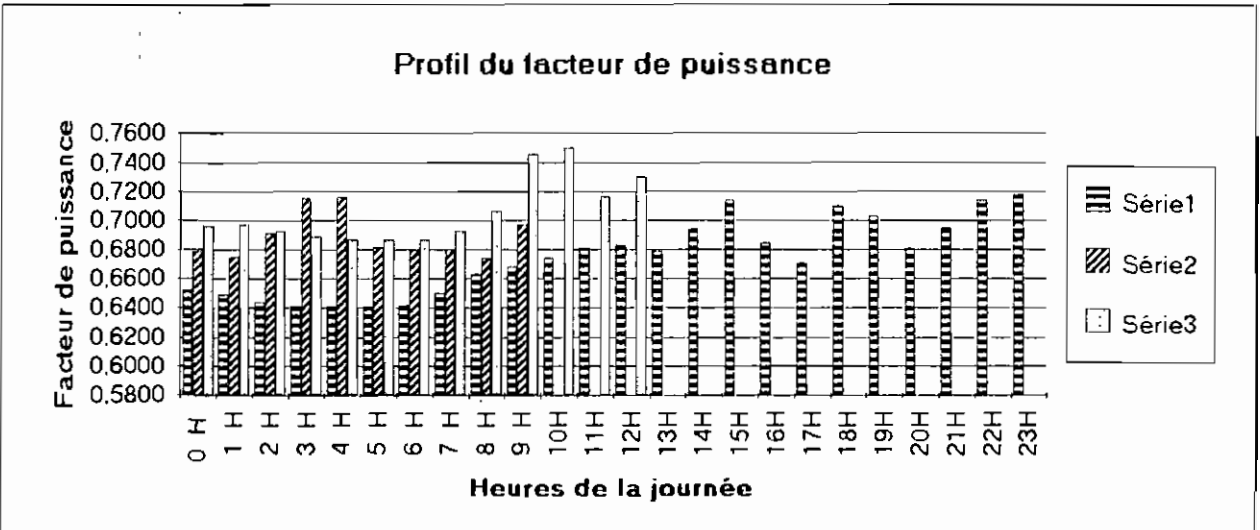


Série 1 : Journée du 26 - 01 - 1994

Série 1 : Journée du 25 - 01 - 1994

Série 1 : Journée du 27 - 01 - 1994

Graphique n°24

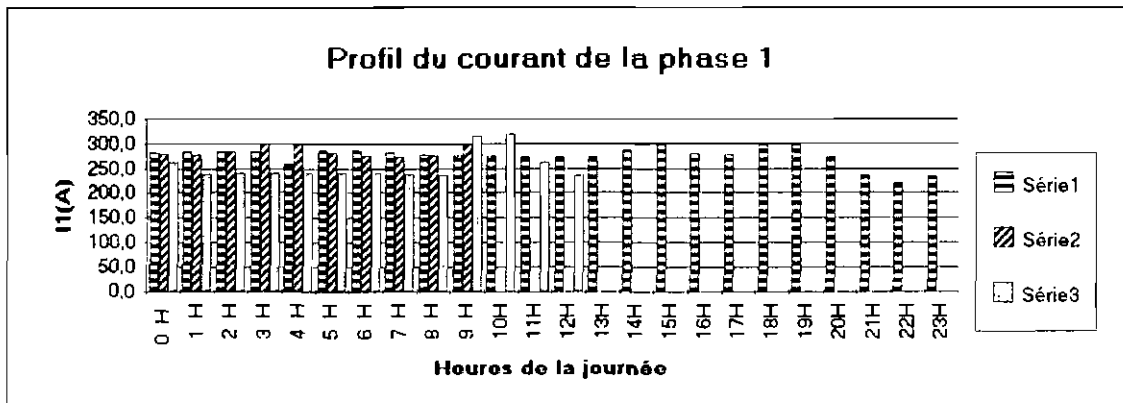


Série 1 : Journée du 26 - 01 - 1994

Série 1 : Journée du 25 - 01 - 1994

Série 1 : Journée du 27 - 01 - 1994

Graphique n°25

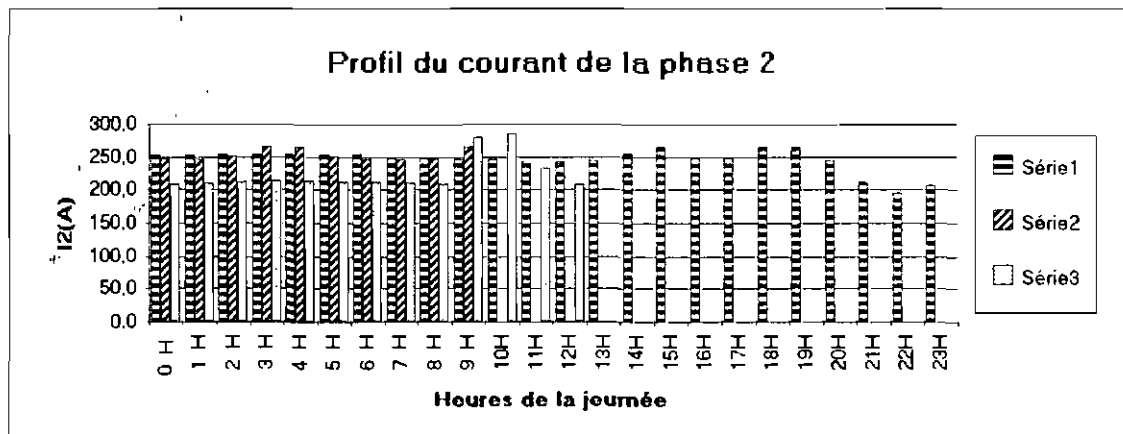


Série 1 : Journée du 26 - 01 - 1994

Série 1 : Journée du 25 - 01 - 1994

Série 1 : Journée du 27 - 01 - 1994

Graphique n°26

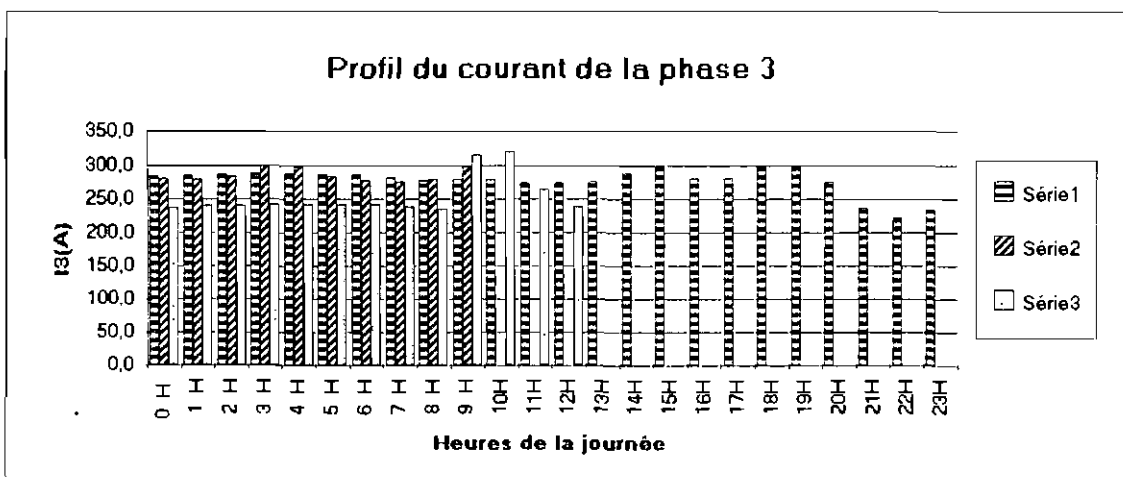


Série 1 : Journée du 26 - 01 - 1994

Série 1 : Journée du 25 - 01 - 1994

Série 1 : Journée du 27 - 01 - 1994

Graphique n°27

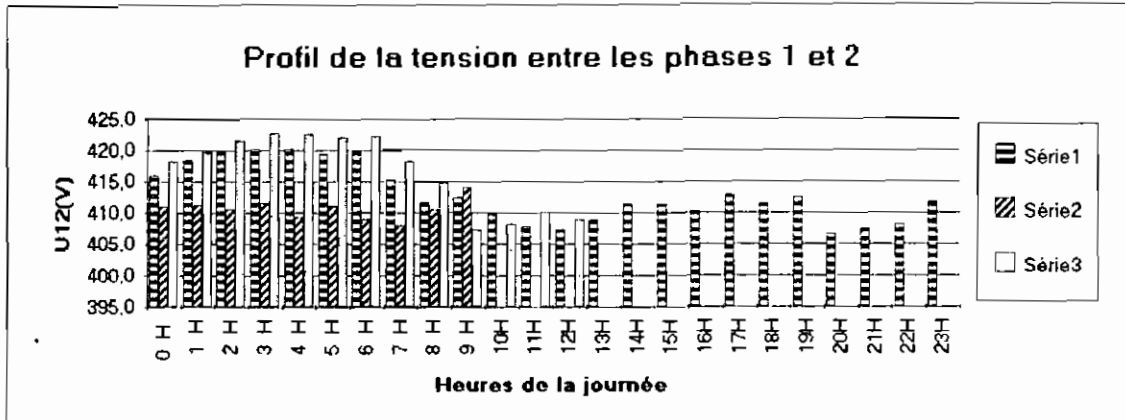


Série 1 : Journée du 26 - 01 - 1994

Série 1 : Journée du 25 - 01 - 1994

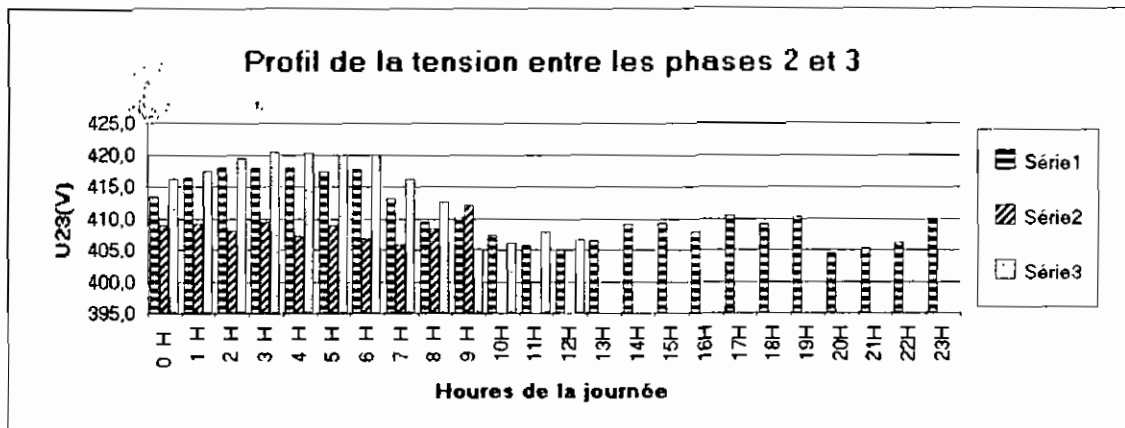
Série 1 : Journée du 27 - 01 - 1994

Graphique n°28



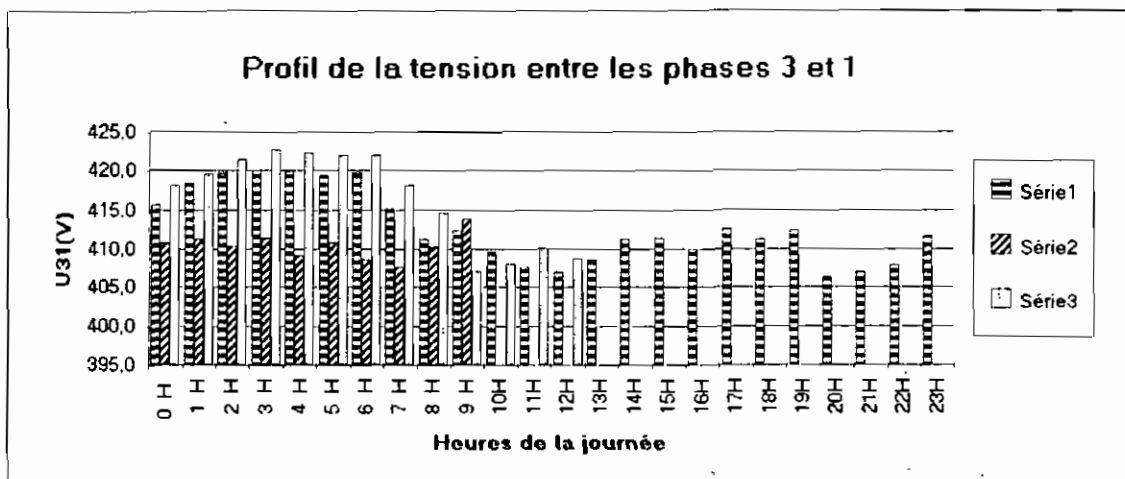
Série 1 : Journée du 26 - 01 - 1994
 Série 1 : Journée du 25 - 01 - 1994
 Série 1 : Journée du 27 - 01 - 1994

Graphique n°29



Série 1 : Journée du 26 - 01 - 1994
 Série 1 : Journée du 25 - 01 - 1994
 Série 1 : Journée du 27 - 01 - 1994

Graphique n°30



Série 1 : Journée du 26 - 01 - 1994
 Série 1 : Journée du 25 - 01 - 1994
 Série 1 : Journée du 27 - 01 - 1994

4.3. POSTE DE TRANSFORMATION DU COFEB:

Il est à noter que compte tenu de l'appareillage utilisé ici (MAP 500, voir description en annexe n°1), et qui ne permettait que la mesure d'une seule phase du transformateur, nous avons supposé en première analyse que les phases de ce dernier sont équilibrées. Cette hypothèse nous a conduit principalement à une estimation de l'influence de la consommation de ce poste par rapport à la charge totale du siège.

Les résultats analysés ci-dessous sont relatifs aux valeurs des tableaux n°10, 11, 12 et 15.

4.3.1 Puissance apparente:

Malgré le fonctionnement d'un seul transformateur, la puissance atteinte aura rarement dépassé 18 kVA pour une phase, soit 54 kVA pour les trois phases et ceci même aux moments où le circuit était très sollicité. Pour un transformateur de 630 kVA, la production d'une telle puissance (soit environ 9% de la puissance installée) se traduit principalement par des pertes à vides assez importantes et dont on mesure les répercussions certaines sur la facture d'électricité. Par ailleurs on remarquera les faibles valeurs affichées la nuit (pratiquement nulles) entre 22 heures de la nuit et 7 heures du matin.

4.3.2 La puissance active:

A ce niveau, on note également de faibles valeurs obtenues pour une phase et la valeur maximale obtenue étant de 17 kW, le matin à 8 heures. Si nous considérons les trois phases, la puissance obtenue est alors de 51 kW.

Ce résultat nous conduit du point de vue puissance produite à une valeur assez faible comparativement à la puissance installée

de ce transformateur dont on calcule la valeur pour une valeur moyenne du $\cos\phi$ de 0.8 (valeur limite à partir de laquelle la SENELEC applique des pénalités) par la relation :

$$P_a = S_n \cdot \cos\phi = 630 \cdot \cos\phi = 630 \cdot 0.80 = 504.0 \text{ [kW]}$$

Soit une proportion d'utilisation de la puissance d'environ 11% et comparativement à la puissance du comptage MT, valeur max(697.10 kW) une fraction d'environ 8%.

4.3.3 La tension:

Les résultats mesurés nous montrent une tension toujours supérieure à la valeur de 380 V aux secondaires du transformateur. On notera par exemple des écarts assez significatifs, atteignant par moment des pics de 422 V. Ces valeurs élevées sont en général la cause de la détérioration de nombreuses lampes.

4.3.4 Le courant:

Compte tenu de la puissance installée des différentes installations du COFEB (éclairage, climatisation et du circuit force : 239.3 kW) les courants atteints sont également faibles comparativement à ceux pour lesquels le transformateur a été dimensionné.

4.3.5 Le facteur de puissance ($\cos\phi$):

De la relation précédente, on tire la valeur maximale du facteur de puissance atteinte ; soit : $\cos\phi = 51/630 = 0.081$.

En fait des valeurs beaucoup plus faibles du facteur de puissance sont atteintes durant la nuit, surtout, atteignant parfois même des valeurs nulles (sensibilité de l'appareil utilisé, ici le MAP 500). Cette situation nous renseigne principalement sur les pertes énergétiques réelles occasionnées dans

ce poste aux heures où les installations sont sous-utilisées.

4.3.6 La puissance réactive:

Cette puissance n'a pas été mesurée, à cause des possibilités limitées du MAP 500. Néanmoins on peut se rendre compte de l'importance de la consommation de cette énergie réactive surtout durant la nuit où l'on obtient de faibles valeurs du facteur de puissance, ce qui traduit donc une forte consommation de l'énergie réactive.

RELEVÉES DES PARAMÈTRES ÉLECTRIQUES : COFEB
JOURNÉE DU 25 - 01 - 1994

Tableau n°10

DATE	HEURE	ST (KVA)	PT (KW)	W (KWH)	I (A)	U (V)	FP
25-01	11 H						
25-01	12 H	12,0	12,0	12,230	17,0	408,0	0,99
25-01	13 H	18,0	11,0	10,870	16,0	411,0	1,00
25-01	14 H	10,0	10,0	10,010	14,0	412,0	0,99
25-01	15 H	11,0	11,0	10,550	15,0	410,0	1,00
25-01	16 H	12,0	12,0	10,570	16,0	412,0	1,00
25-01	17 H	10,0	10,0	11,360	15,0	410,0	1,00
25-01	18 H	8,0	6,0	10,330	14,0	412,0	0,77
25-01	19 H	8,0	5,0	5,889	11,0	411,0	0,63
25-01	20 H	7,0	4,0	5,156	10,0	409,0	0,50
25-01	21 H	6,0	0,0	3,737	9,0	413,0	0,00
25-01	22 H	6,0	0,0	0,779	7,0	416,0	0,00
25-01	23 H	5,0	0,0	0,024	7,0	419,0	0,00

JOURNÉE DU 26 - 01 - 1994

Tableau n°11

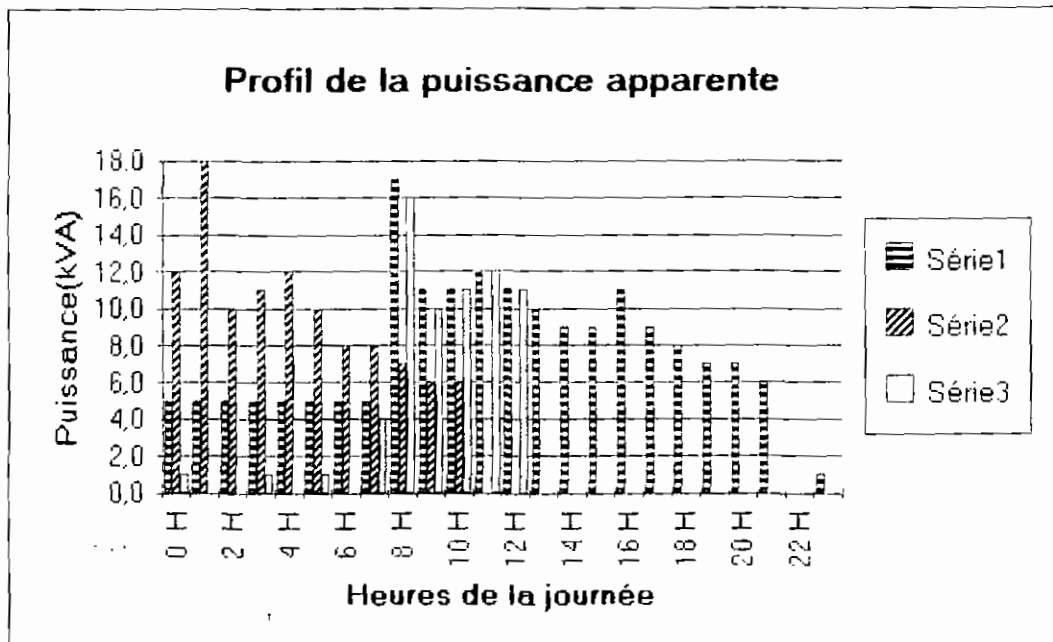
DATE	HEURE	ST (KVA)	PT (KW)	W (KWH)	I (A)	U (V)	FP
26-01	0 H	5,0	0,0	0,000	7,0	420,0	0,00
26-01	1 H	5,0	0,0	0,000	7,0	422,0	0,00
26-01	2 H	5,0	0,0	0,000	7,0	422,0	0,00
26-01	3 H	5,0	0,0	0,000	7,0	423,0	0,00
26-01	4 H	5,0	0,0	0,000	7,0	422,0	0,00
26-01	5 H	5,0	0,0	0,000	7,0	422,0	0,00
26-01	6 H	5,0	0,0	0,000	7,0	420,0	0,00
26-01	7 H	5,0	0,0	0,011	7,0	412,0	0,00
26-01	8 H	17,0	17,0	2,989	23,0	411,0	1,00
26-01	9 H	11,0	11,0	13,390	16,0	412,0	1,00
26-01	10 H	11,0	11,0	11,570	16,0	408,0	0,99
26-01	11 H	12,0	12,0	11,200	18,0	407,0	1,00
26-01	12 H	11,0	11,0	12,190	16,0	408,0	1,00
26-01	13 H	10,0	11,0	10,630	16,0	411,0	1,00
26-01	14 H	9,0	10,0	9,312	14,0	411,0	1,00
26-01	15 H	9,0	9,0	10,390	15,0	408,0	1,00
26-01	16 H	11,0	11,0	9,940	16,0	411,0	1,00
26-01	17 H	9,0	9,0	10,480	15,0	411,0	1,00
26-01	18 H	8,0	6,0	9,112	14,0	413,0	0,88
26-01	19 H	7,0	5,0	5,339	11,0	409,0	0,62
26-01	20 H	7,0	5,0	5,123	10,0	406,0	0,61
26-01	21 H	6,0	6,0	5,459	8,0	407,0	1,00
26-01	22 H	0,0	0,0	3,727	0,0	410,0	1,00
26-01	23 H	1,0	1,0	0,714	2,0	415,0	1,00

JOURNÉE DU 27 - 01 - 1994

Tableau n°12

DATE	HEURE	ST (KVA)	PT (KW)	W (KWH)	I (A)	U (V)	FP
27-01	0 H	1,0	0,0	0,960	2,0	419,0	1,00
27-01	1 H	0,0	0,0	0,883	2,0	420,0	1,00
27-01	2 H	0,0	0,0	1,140	2,0	422,0	1,00
27-01	3 H	1,0	0,0	1,013	2,0	421,0	1,00
27-01	4 H	0,0	0,0	1,255	2,0	421,0	1,00
27-01	5 H	1,0	0,0	1,160	1,0	422,0	1,00
27-01	6 H	0,0	0,0	1,481	1,0	418,0	1,00
27-01	7 H	4,0	4,0	1,626	5,0	415,0	1,00
27-01	8 H	16,0	16,0	5,107	23,0	406,0	1,00
27-01	9 H	10,0	10,0	13,470	14,0	408,0	1,00
27-01	10 H	11,0	13,0	10,650	15,0	409,0	1,00
27-01	11 H	12,0	12,0	10,950	21,0	407,0	1,00
27-01	12 H	11,0	11,0	11,620	16,0	408,0	1,00

Graphique n°31

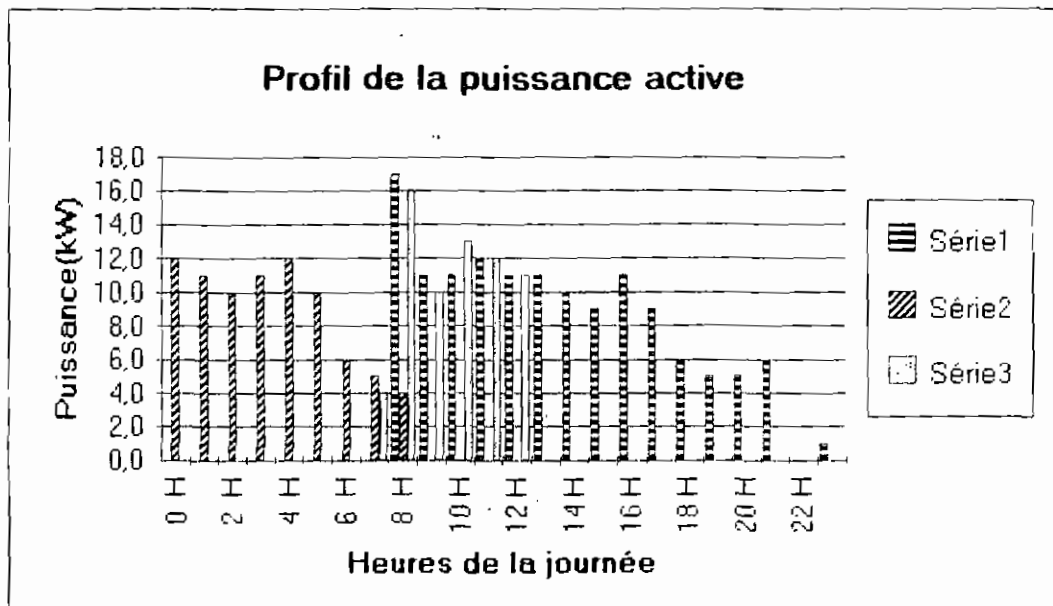


Série 1 : Journée du 26 - 01 1994

Série 2 : Journée du 25 - 01 1994

Série 3 : Journée du 27 - 01 1994

Graphique n°32

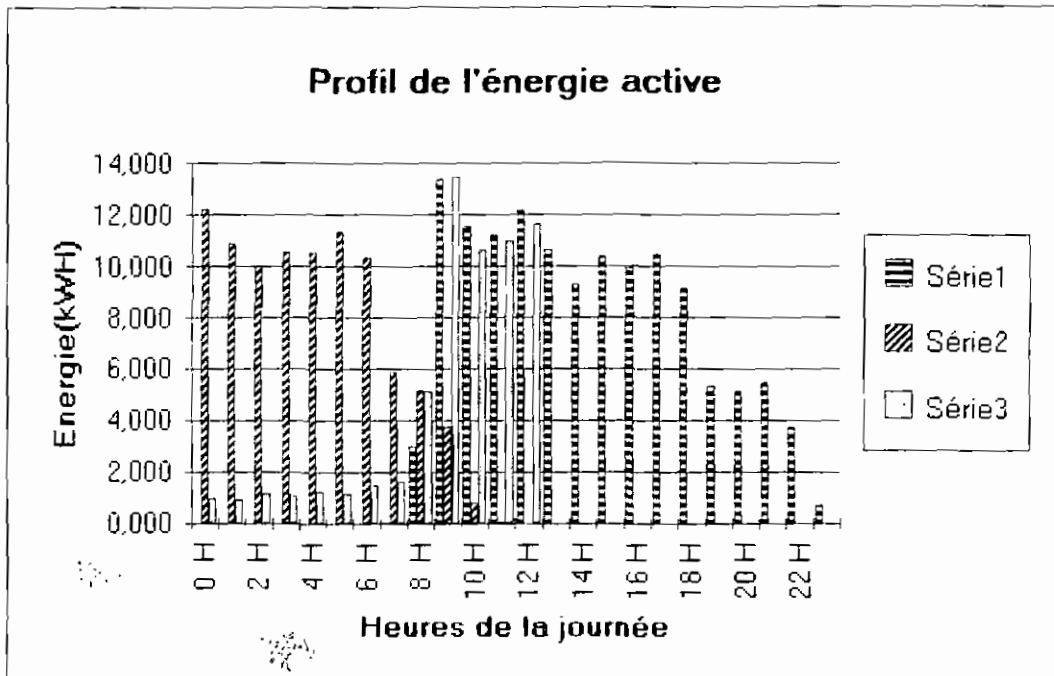


Série 1 : Journée du 26 - 01 1994

Série 2 : Journée du 25 - 01 1994

Série 3 : Journée du 27 - 01 1994

Graphique n°33

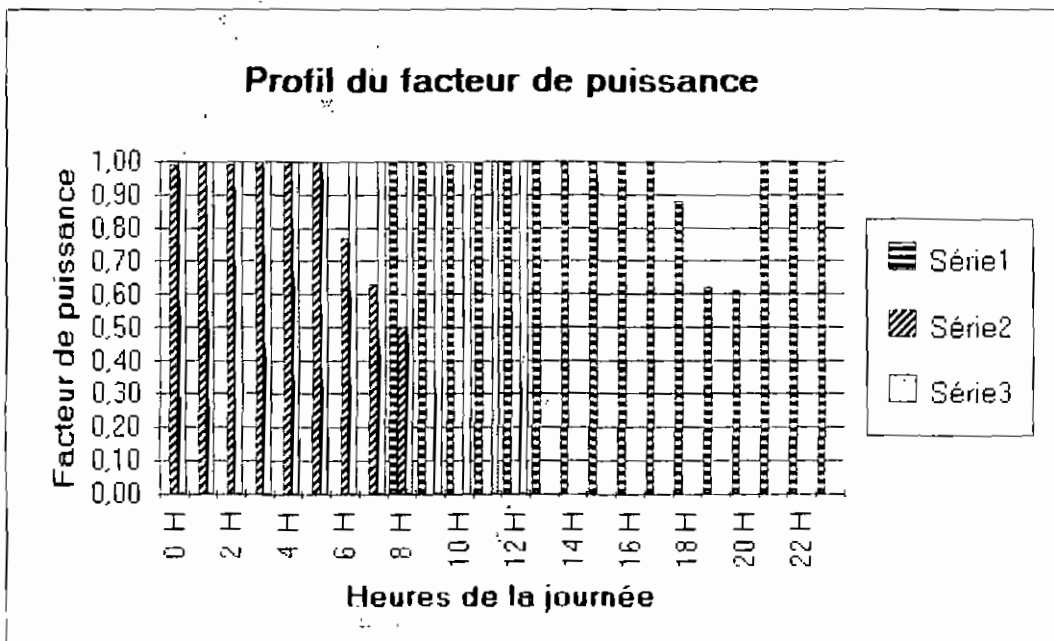


Série 1 : Journée du 26 - 01 1994

Série 2 : Journée du 25 - 01 1994

Série 3 : Journée du 27 - 01 1994

Graphique n°34

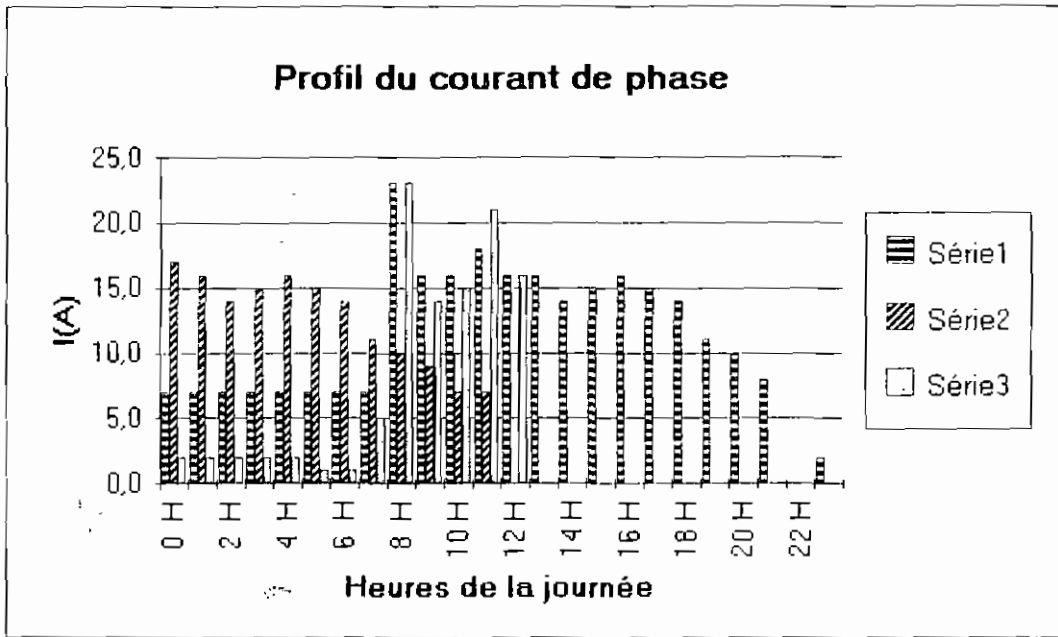


Série 1 : Journée du 26 - 01 1994

Série 2 : Journée du 25 - 01 1994

Série 3 : Journée du 27 - 01 1994

Graphique n°35

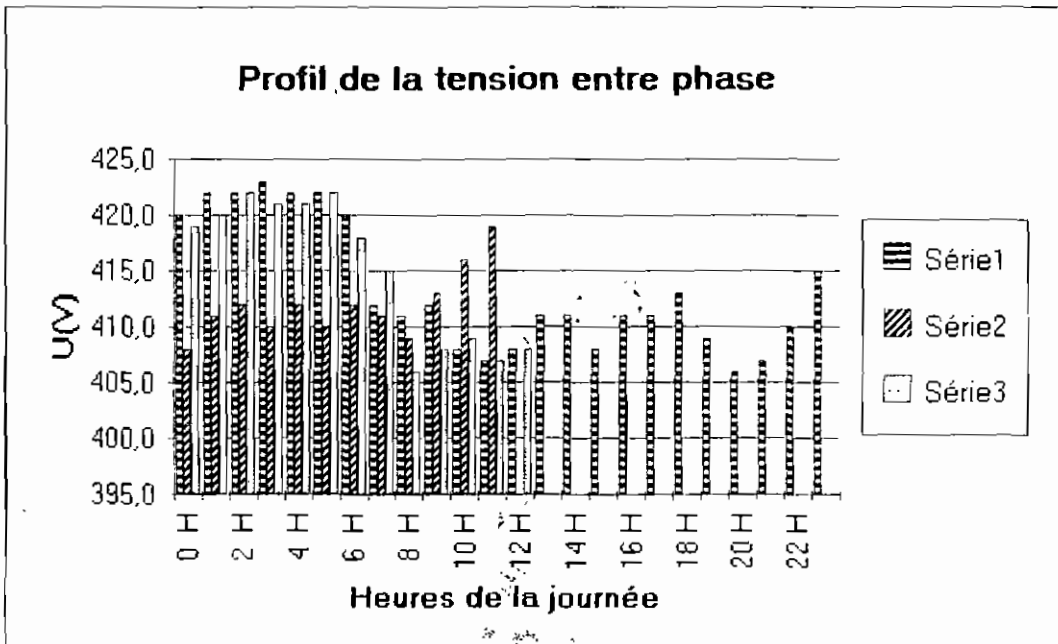


Série 1 : Journée du 26 - 01 1994

Série 2 : Journée du 25 - 01 1994

Série 3 : Journée du 27 - 01 1994

Graphique n°36



Série 1 : Journée du 26 - 01 1994

Série 2 : Journée du 25 - 01 1994

Série 3 : Journée du 27 - 01 1994

VALEURS MAXI ET MINI DES PARAMETRES ELECTRIQUES

Poste de transformation de la Tour Centrale: Comptage MT

Tableau n°13

Journée du 25 - 01 - 1994										
	ST(KVA)	PT(KW)	Q(KVAR)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	U12 (KV)	U23 (KV)	U31(5KV)	FP
MAXIMUM	733.40	681.10	310.70	13.09	13.38	13.64	32.28	32.33	32.33	1.0000
MINIMUM	319.60	319.40	-40.22	5.37	6.02	6.27	30.93	30.74	30.86	0.8912
Journée du 26 - 01 - 1994										
MAXIMUM	725.40	673.70	296.50	12.89	13.24	13.41	32.27	32.40	32.35	1.0000
MINIMUM	82.42	72.13	-130.20	1.94	2.50	2.61	12.22	12.26	12.13	0.5826
Journée du 27 - 01 - 1994										
MAXIMUM	748.30	697.10	319.60	13.50	13.65	14.21	33.20	33.17	32.81	1.0000
MINIMUM	284.40	281.20	285.00	4.61	5.31	5.53	30.97	30.63	30.71	0.8842

Poste de transformation de la Tour Centrale: Comptage Climatisation

Tableau n°14

Journée du 25 - 01 - 1994										
	ST(KVA)	PT(KW)	Q(KVAR)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	U12 (V)	U23 (V)	U31(V)	FP
MAXIMUM	221.80	167.70	151.50	325.30	289.00	326.30	423.60	421.40	417.00	0.7587
MINIMUM	177.00	120.20	129.90	265.10	240.20	271.20	399.40	396.30	398.10	0.6581
Journée du 26 - 01 - 1994										
MAXIMUM	291.80	192.20	219.60	423.00	839.10	679.10	422.70	420.60	419.20	1.0000
MINIMUM	177.00	22.56	734.00	33.93	27.53	32.54	218.30	279.10	240.60	0.6028
Journée du 27 - 01 - 1994										
MAXIMUM	223.60	168.90	149.50	327.70	291.70	328.40	431.40	429.20	424.00	0.7597
MINIMUM	146.20	100.80	104.30	212.30	191.10	217.80	399.30	396.60	398.60	0.6638

Poste de transformation du COFEB

Tableau n°15

Journée du 25 - 01 - 1994						
	ST(KVA)	PT(KW)	W(KWH)	I (A)	U (V)	FP
MAXIMUM	18.00	12.00	12.23	17.00	419.00	0.99
MINIMUM	5.00	0.00	0.02	7.00	408.00	0.00
Journée du 26 - 01 - 1994						
MAXIMUM	17.00	17.00	12.19	23.00	422.00	1.00
MINIMUM	0.00	0.00	0.00	0.00	406.00	0.00
Journée du 27 - 01 - 1994						
MAXIMUM	16.00	13.00	13.47	23.00	422.00	1.00
MINIMUM	0.00	0.00	0.00	2.00	406.00	1.00

4.4 ANALYSE DES PARAMETRES ELECTRIQUES ACTUELS:

4.4.1 Poste de transformation du COFEB:

Si l'on tient compte des différentes observations faites par rapport au fonctionnement du poste de transformation du COFEB, nous estimons qu'à toutes fins de propositions de solutions en économies d'énergie, ce poste doit être revu en conséquence surtout sur la puissance optimale du transformateur.

En effet le tableau n°15 des pointes maxi et mini montre que ce transformateur, du point de vue puissance transitée est largement sous utilisée, puisqu'il n'utilise seulement que 54 kVA, soit environ 9% de sa capacité (630 kVA).

4.4.2 Poste de transformation de la Tour Centrale:

4.4.2.1 Comptage général:

Le comptage général (MT) des installations de la BCEAO se trouve dans ce poste.

Si l'on tient compte du seul transformateur fonctionnel au niveau du COFEB, le tableau n°13 des pointes maxi et mini nous montre que la puissance apparente maximale atteinte est de 733.40 kVA pour une puissance active maximale de 681.10 kW.

Compte tenu de la puissance souscrite de 1150 kW, soit une différence de 468.9 kW, nous estimons que le fonctionnement des installations à de telles puissances se traduisent principalement par une consommation d'énergie dont une fraction importante est inutilisée. Compte tenu aussi des charges (prime fixe) à supporter, nous estimons que la puissance de souscription doit être revue et ramenée à des proportions plus optimales.

4.4.2.2 Comptage de la climatisation:

Le transformateur de 1000 kVA installé au poste de transformation de la Tour comme le montre le tableau n°14 des pointes maxi et mini transite également une puissance relativement faible par rapport à sa capacité. En effet cette situation est traduite par exemple par la valeur maximale de 192.20 kW atteinte, soit environ 20% de sa capacité réelle.

Compte tenu par ailleurs des faibles puissance transitées au niveau du transformateur du COFEB qui alimente en plus du circuit de climatisation, les circuits force et l'éclairage, nous estimons également qu'on peut envisager une redistribution de la puissance de ce transformateur au niveau des deux sites (Tour et COFEB) pour une utilisation optimale.

4.4.2.3 Comptage du circuit force et de l'éclairage:

Les mesures n'ayant pas été effectuées à ce niveau à cause du nombre d'appareils limités, l'analyse de cette partie de l'installation se fera dans l'estimation réelle des différentes charges en présence qui tient compte des différents niveaux d'utilisation, au chapitre 5.

CHAPITRE 5: PROPOSITIONS EN ECONOMIE D'ENERGIE

5.0 GENERALITES:

A vide ou à pleine charge, un transformateur est toujours le siège des mêmes pertes énergétiques. La condition essentielle pour un programme de gestion d'énergie réside sur l'utilisation des équipements à leur puissance optimale. Tout fonctionnement s'en écartant est l'objet de déperditions d'énergie.

Pour les transformateurs, les plages de fonctionnement indiquées sont comprises entre 0.70 et 1.30 fois la valeur de la puissance nominale. La valeur de 1.30 fois la puissance nominale étant relative à un fonctionnement en surcharge de trois heures au maximum.

Dans les chapitres précédents nous avons étudié les différents paramètres électriques des installations du siège de la BCEAO.

Le présent chapitre traite principalement des différentes méthodes et/ou solutions en économie d'énergie de ces installations dont on sait qu'elles sont utilisées pour une large partie à de faibles proportions par rapport à leur capacité réelle.

Cette étude est soutenue par des analyses financières des différentes solutions retenues, leur objectif étant d'en dégager leur pertinence par rapport à la situation actuelle.

Il est à noter que dans ces études financières, les prix des équipements utilisés sont pris hors TVA dont la valeur actuellement est de 10% (tableau D.2, annexe D), ainsi que les valeurs de la nouvelle tarification de l'énergie distribuée par la SENELEC données au tableaux C.1 et C.2 de l'annexe C.

5.1 PROPOSITION N°1 : REMPLACEMENT DES DEUX TRANSFORMATEURS DE 630

KVA DU POSTE DE TRANSFORMATION DU COFEB :

5.1.1 Analyse des besoins réels en énergie :

Les résultats obtenus aux tableaux B.4 et B.5 de l'annexe B sur l'estimation de la puissance installée des différentes installations du COFEB se répartissent comme suit :

Eclairage.....	52.634 kW
Climatisation.....	496.360 kW
Circuit force.....	46.365 kW
Total.....	595.359 kW

Si l'on tient compte des conditions réelles de sollicitations des installations, en tenant compte des différents niveaux d'utilisation on obtient une puissance réelle du transformateur de puissance à installer égale à 345.19 kW (voir détail de calcul au tableau n°16). Pour un facteur de puissance moyen de 0.87 (valeur pour laquelle la SENELEC applique des pénalités sur la facturation de l'énergie réactive), la puissance du transformateur de puissance répondant à une telle demande est donnée par la relation :

$$Pa = Sn \cdot \cos\phi ; \text{ soit } Sn = 345.19 / 0.87 = 396.77 \text{ [kVA]}$$

D'après les spécifications sur les transformateurs normalisés BT (tableau D.1 de l'annexe D), on constate que celui de 630 kVA initialement installé couvre largement les besoins énergétiques du COFEB. Il convient de noter que le calcul de cette puissance

ne considère que le fonctionnement de deux des trois groupes frigorifiques de 116 kW chacun (le troisième groupe étant utilisé comme secours).

Pour une utilisation optimale des installations il serait intéressant d'envisager le remplacement de ces transformateurs par deux transformateurs de 250 kVA couplés en parallèle.

L'avantage pour ces transformateurs, est que non seulement ils couvrent les besoins énergétiques ($2 \times 250 \text{ kVA} > 396.77 \text{ kVA}$), mais en plus on peut pendant les périodes de faibles charges (période de temps froid) utiliser avantageusement un seul de 250 KVA, puisque durant cette période la puissance maximale appelée par le réseau dépasse rarement 60 kW (voir analyse des paramètres électriques mesurés au chapitre 4).

5.1.2 Analyse comparative avec la situation actuelle:

Actuellement le poste utilise un transformateur de 630 kVA pour le même circuit dont le régime maximal de fonctionnement pour cette puissance de 396.77 kVA est d'environ 63 %, et d'environ 10% pour un régime de fonctionnement minimal .

L'utilisation de deux transformateurs de 250 kVA (500 kVA) nous donne un régime de fonctionnement maximal de 86% .

Par contre dans le cas des périodes de faibles charges (moins de 60 kW) pour le fonctionnement d'un seul transformateur on a un régime de fonctionnement d'environ 24%.

Ces résultats nous conduisent aux remarques suivantes:

5.1.2.1 Fonctionnement en temps froids:

Durant les périodes de temps froids, les transformateurs du poste de transformation du COFEB restent sur un régime de faible utilisation et ceci en dépit de l'utilisation d'un transforma-

teur de 250 kVA.

5.1.2.2 Déperditions énergétiques:

Du point de vue pertes énergétiques, on a les résultats suivants (voir spécifications des transformateurs au tableau D.1 de l'annexe D).

PERTES (kW)	Type de transformateur		Différence (en kW)
	630 kVA	250 kVA	
A vide.....	1.30	0.65 kW	0.65
Cuivre.....	6.95	3.25 kW	3.70
Actives totales.....	8.25	3.90 kW	4.35
Pertes réactives.....	62.64	25.94 kW	36.70
TOTAL.....	79.14	33.74 kW	45.40

Les pertes énergétiques réactives (kVAR), sont exprimées en kilowatts (kW) à partir de la relation tirée des triangles de puissance (figure 4, chapitre 3), soit :

$$Q = Pa \cdot \tan\phi \rightarrow Pa = Q / \tan\phi$$

Dans tous les calculs nous avons utilisé la valeur minimale de $\cos\phi$ égale à 0.87 ($\cos\phi = 0.87$), soit $\tan\phi = 0.5667$.

En période de charges importantes, l'utilisation des transformateurs de 250 kVA nous semble plus judicieuse et ceci d'autant que les pertes totales de ces derniers restent inférieures à celles du transformateur de 630 kVA.

5.1.3 Analyse financière:

L'étude financière se fera principalement en tenant compte des pertes énergétiques occasionnées sur l'utilisation du transformateur de 630 kVA pendant la période de faibles charges dont on peut estimer la plus courte durée à 4 mois (de Décembre à Mars).

5.1.3.1 Estimation de l'économie à réaliser:

L'économie réalisée sur la consommation horaire de l'énergie active, si l'on considère les tarifs MT de la catégorie tarif général donnés au tableau C.1.2 de l'annexe C relatifs au prix de l'énergie consommée en comptage MT à usage général, est alors:

$$\text{Economie} = (45.40) * [80.63 * 4 / 24 + 55.88 * 20 / 24] = 2730.0 \text{ F/H}$$

Ce qui nous donne une économie annuelle de :

$$\text{Economie annuelle} = 2730.0 \text{ F/[H]} * 24[\text{H}] * 30 * 4 = 7\ 842\ 248 \text{ F}$$

Cette valeur est énorme si l'on considère que le poste de transformation a une durée de vie moyenne de vingt (20) ans.

5.1.3.2 Coût de remplacement des transformateurs:

Etudions à présent l'incidence financière du remplacement de ces transformateurs de 630 kVA par les transformateurs de 250 kVA.

Coût d'achat des 2 transfo. de 630 KVA..... 11 000 000 F CFA

Durée de vie utile..... 30 ans

On supposera que ce transformateur est amorti de manière linéaire et qu'il est utilisé pendant dix-sept (17) ans depuis sa

mise en service.

On peut calculer sa valeur de revente si l'on ne tient pas compte de la situation financière actuelle (dévaluation):

$$\begin{aligned}\text{Valeur de revente des tranfo. de 630 kVA} &= 11\,000\,000 * (1 - 17/30) \\ &= 4\,800\,000 \text{ F CFA}\end{aligned}$$

Coût d'achat des 2 tranfo. de 250 KVA..... 12 600 000 F CFA

5.1.3.3 Période de recouvrement:

Avec les économies actuellement réalisées résultant de l'utilisation de ces deux transformateurs de 250 KVA, la période de recouvrement sera alors de :

$$\text{Période} = (12\,600\,000 - 4\,800\,000) / 7\,842\,248 \approx 1 \text{ an}$$

Dans cette estimation nous n'avons pas tenu compte de la main d'oeuvre.

ESTIMATION DE LA PUISSANCE REELLE DU TRANSFORMATEUR A INSTALLER AU COFEB

Tableau n°16

Utilisation	Puissance installée(KW)	ku	Pu max (KW)	ks1	Pu1 (KW)	ks2	Pu2 (KW)
Eclairage	55.194	1.00	55.194	1.00	55.194	0.9	345.19
Climatisation	497.360	0.75	373.020	0.75	279.765		
Circuit force	46.365	0.75	34.774	0.75	26.080		
Ascenseurs et monte charges	40.000	0.75	30.000	0.75	22.500		

CHARGE REELLE DE CLIMATISATION

Tableau n°17

Utilisation	Puissance installée(KW)	ku	Pu max (KW)	ks1	Pu1 (KW)	ks2	Pu2 (KW)
TOUR et S.CONFERENCE	438.30	0.75	328.725	0.75	246.54	0.9	473.68
COFEB	497.36	0.75	373.02	0.75	279.77		

CHARGE REELLE DU CIRCUIT FORCE ET DE L'ECLAIRAGE

Tableau n°18

Utilisation	Puissance installée(KW)	ku	Pu max (KW)	ks1	Pu1 (KW)	ks2	Pu2 (KW)		
TOUR CENTRALE									
Eclairage principal	228.51	1.00	228.51	1.00	228.51	0.9	508.10		
Eclairage voirie	6.20	1.00	6.20	1.00	6.20				
Circuit force	168.52	0.75	126.39	0.75	94.79				
Ascenseurs et monte charges	176.50	0.75	132.38	0.75	99.28				
COFEB									
Eclairage principal	52.63	1.00	52.63	1.00	52.63				
Eclairage voirie	2.56	1.00	2.56	1.00	2.56				
Circuit force	46.37	0.75	34.77	0.75	26.08				
Ascenseurs et monte charges	40.00	0.75	30.00	0.75	22.50				
SALLE DE CONFERENCE									
Eclairage principal	30.20	1.00	30.20	1.00	30.20				
Circuit force	3.20	0.75	2.40	0.75	1.80				

ku : Coefficient d'utilisation

ks1 : Coefficient de simultanéité niveau 1 (Coffrets de distribution)

ks2 : Coefficient de simultanéité niveau 2 (Armoire générale de distribution BT)

5.2 PROPOSITION N°2: SUPPRESSION DU POSTE DE TRANSFORMATION DU

COFEB:

Le poste de transformation du COFEB transite de faibles puissances, surtout durant les périodes de temps froids où pratiquement il n'a aucune incidence sur la consommation énergétique, si non les pertes occasionnées par le fonctionnement du transformateur de 630 kVA. On peut envisager sa suppression et redistribuer ses départs aux différentes lignes de distribution du circuit BT du poste de transformation de la TOUR.

Cette solution suppose une mise en marche progressive des différentes installations afin d'éviter les pointes occasionnées si elles étaient mises en marche en même temps.

5.2.1 Analyse de la situation actuelle:

5.2.1.1 Du point de vue charge de climatisation:

5.2.1.1.1 Analyse de la consommation actuelle:

Si l'on tient compte des charges de climatisation du COFEB d'une part et celle de la TOUR et de la Salle de Conférence d'autre part dans les conditions de charges importantes, on voit que la puissance du transformateur de puissance pouvant répondre à ces charges est de 473.68 kW, comme indiqué au tableau n°17 de la page ci-avant.

La puissance apparente minimale du transformateur à installer dans ce cas est alors de:

$$S_n = 473.68 / 0.87 = 544.46 \text{ kVA,}$$

où la valeur de $\cos\phi = 0.87$ constitue la valeur moyenne minimale pour laquelle la SENELEC applique des pénalités.

Cette puissance nous conduit principalement à la remarque suivante :

Le transformateur(1000 kVA) du circuit de climatisation de la Tour Centrale dans l'état actuel de fonctionnement est utilisé au maximum à 55% de sa pleine capacité, ce qui reste encore en dessous de son taux de charge minimal de meilleur rendement(70%)

5.2.1.1.2 Analyse de l'influence de l'extension:

Avec l'installation des deux groupes TRANE de 225 kW chacun, le bilan des charges de climatisation est évaluée à 870 kW, soit une augmentation de 441.7 kW par rapport à la situation initiale dont la charge était évaluée à 428.3 kW.

Le coefficient d'augmentation de la charge est alors de :

$$ka = 870/428.30 = 2.03.$$

La répartition de la nouvelle charge est estimée au tableau n°19, soit pour une puissance de 692.23 kW.

La puissance du transformateur à installer est donnée par:

$$Sn = 692.23/0.87 = 795.67 \text{ kVA}.$$

Cette dernière puissance obtenue montre que cette extension n'a aucune incidence sur la puissance du transformateur de 1000 kVA du poste de la Tour la Tour Centrale.

Sa mise en service augmente seulement la charge d'utilisation de ce dernier qui passe ainsi de 55 à environ 80% de sa puissance nominale.

Cette estimation est faite dans l'hypothèse d'utilisation

maximale des différentes installations de la Tour, de la salle de conférence et du COFEB.

5.2.1.2 Charges d'éclairage et du circuit force:

La répartition de la puissance relative aux charges dues à l'éclairage et au circuit force donne une puissance d'utilisation du transformateur à installer égale à 508.10 kW (voir détail de calcul au tableau n°18).

Pour un $\cos\phi$ moyen de 0.87, la puissance apparente de ce transformateur est alors de : **$S_n = 508.10/0.87 = 584.023 \text{ kVA}$** .

Le poste de transformation de la Tour disposant de deux transformateurs de 800 kVA en parallèle, celui-ci couvre ainsi les besoins énergétiques des différents bâtiments (TOUR, COFEB et SALLE DE CONFERENCE).

On constate que du point de vue puissance disponible des différentes charges en présence (climatisation, éclairage, et charges motrices) le poste de la TOUR Centrale peut reprendre les charges du poste du COFEB ; ce qui justifie la proposition relative à sa suppression.

5.2.2 Analyse financière:

5.2.2.1 Estimation de l'économie réalisée:

L'utilisation actuelle du transformateur du COFEB engendre des pertes totales de 16.50 kW. L'économie d'énergie réalisée due à sa suppression peut s'estimer de la manière suivante :

$$\text{Economie} = 79.14 * [80.63 * 4/24 + 55.88 * 20/24] = 4748.80 \text{ F/H}$$

Ce qui nous donne une économie annuelle de :

$$\text{Economie annuelle} = 4748.80[F/H]*24[H]*30*4 = 13\ 676\ 544\ \text{F CFA}$$

Cette valeur est énorme si l'on considère que le poste de transformation a une durée de vie moyenne de vingt(20) ans.

5.2.2.2 Coût de remplacement du poste de transformation du COFEB

Etudions à présent l'incidence financière de la suppression de ce poste.

Désignation	Coût (F CFA)
Génie civil du poste.....	1 500 000
Main d'oeuvre.....	800 000
Matériel électrique.....	2 550 000
Transformateurs de 630 kVA(2).....	11 000 000
Total de l'investissement initial.....	15 850 000
Durée de vie utile du poste	30 ans

On supposera que le matériel de ce poste de transformation est amorti de manière linéaire et qu'il est utilisé pendant 17 ans depuis sa mise en service (de 1977 à 1994).

On peut calculer la valeur de revente du matériel électrique utilisé si l'on ne tient pas compte de la situation financière actuelle(déévaluation) :

$$\text{Valeur de revente} = 13\ 550\ 000*(1-17/30) = 5\ 900\ 000\ \text{F CFA}$$

5.2.2.3 Période de recouvrement:

Avec les économies actuellement réalisées résultant de la suppression de ce poste, la période de recouvrement sera alors:

$$\text{Période} = (15\ 850\ 000 - 5\ 900\ 00) / 13\ 676\ 544 \approx 9 \text{ mois}$$

PUISSANCE REELLE APPELEE PAR LES INSTALLATIONS DU SIEGE

Tableau n°19

Utilisation	Puissance installée(KW)	ku	Pu max (KW)	ks1	Pu1 (KW)	ks2	Pu2 (KW)		
TOUR CENTRALE									
Eclairage principal	228.51	1.00	228.51	1.00	228.51	0.9	981.78		
Eclairage voirie	6.20	1.00	6.20	1.00	6.20				
Climatisation	428.30	0.75	321.225	0.75	240.92				
Circuit force	168.52	0.75	126.39	0.75	94.79				
Ascenseurs et monte charges	176.50	0.75	132.38	0.75	99.28				
COFEB									
Eclairage principal	52.63	1.00	52.63	1.00	52.63				
Eclairage voirie	2.56	1.00	2.56	1.00	2.56				
Climatisation	497.36	0.75	373.02	0.75	279.77				
Circuit force	46.37	0.75	34.77	0.75	26.08				
Ascenseurs et monte charges	40.00	0.75	30.00	0.75	22.50				
SALLE DE CONFERENCE									
Eclairage principal	30.20	1.00	30.20	1.00	30.20				
Climatisation	10.00	0.75	7.5	0.75	5.63				
Circuit force	3.20	0.75	2.40	0.75	1.80				

CHARGE REELLE DE CLIMATISATION AVEC EXTENSION

Tableau n°20

Utilisation	Puissance installée(KW)	ku	Pu max (KW)	ks1	Pu1 (KW)	ks2	Pu2 (KW)
TOUR et S.CONFERENCE	870.00	0.75	652.5	0.75	489.38	0.9	692.23
COFEB	497.36	0.75	373.02	0.75	279.77		

ku : Coefficient d'utilisation

ks1 : Coefficient de simultanéité niveau 1 (Coffrets de distribution)

ks2 : Coefficient de simultanéité niveau 2 (Armoire générale de distribution BT)

5.3 PROPOSITION N°3: DIMINUTION DE LA PUISSANCE SOUSCRITE:

Les relevés de la facturation de l'énergie pour l'année 1993 montre une puissance de souscription de 1150 kW, pour un max de la puissance active atteinte de 1000 kW au cours de cette année. Une étude plus détaillée de la consommation totale de toutes les installations du siège, (tableau n°19 ci-dessus), montre une puissance maximale de 981.78 kW, soit une différence de 168.22 kW. Compte tenu de la pointe maximale de 1000 kW obtenue d'après le tableau des relevés de la consommation énergétique pour l'année 1993, nous retiendrons comme hypothèses de base :

- **Puissance minimale de souscription : 1000 kW**
- **Puissance maximale de souscription : 1150 kW**

Toute proposition d'économie d'énergie doit tenir compte de ces deux contraintes du point de vue diminution de la puissance souscrite.

5.3.1 Analyse de la situation actuelle:

La puissance de souscription est à la base de l'application des pénalités par la SENELEC aux abonnés sur la consommation de l'énergie électrique, notamment sur la valeur du $\cos\phi$. Elle est répercutée aux abonnés par le paiement de la prime fixe dont on sait qu'elle est proportionnelle à la puissance de souscription.

Aux fins de réduire cette prime fixe, il serait indiqué de revoir à la baisse la valeur de la puissance souscrite.

La présente étude tente d'optimiser la puissance à laquelle ces installations doivent être souscrites.

5.3.2 Incidences financières:

L'économie réalisée par rapport à la situation actuelle où la puissance de souscription est de 1150 kW est donné au tableau n°21 ci-dessous.

Dans ce tableau nous considérons que la valeur de 1000 kW est à exclure des solutions à retenir puisque les pointes maximales atteintes sont égales à celle-ci. Par ailleurs la valeur de 1150 kW est également à exclure puisque le fonctionnement des installations, dans ce cas reste inchangé.

Si nous considérons une marge de 50% de sécurité par rapport à la valeur de 1010 kW, la puissance à laquelle on peut souscrire est alors:

$$\text{Puissance de souscription} = 1010 + (1140 - 1010) * 0.50 = 1075 \text{ kW}$$

Dans ce cas la prime fixe mensuelle est alors :

$$\text{Prime fixe} = 30358 * 1075 * 30 / 365 = 2\ 682\ 316.44 \text{ F CFA}$$

Economie annuelle réalisée par rapport à la valeur souscrite de 1150 kW :

$$\text{Economie} = (2869454.79 - 2682316.44) * 12 = 2\ 245\ 660.2 \text{ F CFA}$$

PUISSANCE DE SOUSCRIPTION

Tableau n°21

Puissance de souscription en kW	Prime fixe men- suelle en F CFA	Economies réalisées par mois		Observations
		en F CFA	en pourcentage	
1000	2495178.08	374276.71	13.04%	Valeur minimale de base
1010	2520129.86	349324.93	12.17%	Valeurs économiques
1020	2545081.64	324373.15	11.30%	
1030	2570033.42	299421.37	10.43%	
1040	2594985.21	274469.59	9.57%	
1050	2619936.99	249517.81	8.70%	
1060	2644888.77	224566.03	7.83%	
1070	2669840.55	199614.25	6.96%	
1075	2682316.44	187138.36	6.52%	
1080	2694792.33	174662.47	6.09%	
1090	2719744.11	149710.68	5.22%	
1100	2744695.89	124758.90	4.35%	
1110	2769647.67	99807.12	3.48%	
1120	2794599.45	74855.34	2.61%	
1130	2819551.23	49903.56	1.74%	
1140	2844503.01	24951.78	0.87%	
1150	2869454.79	0.00	0.00%	Valeur maximale de base

Cette puissance étant consommée hors pointe, essentiellement le jour, l'économie réalisée est alors de :

Economie : $40501.44 \text{ (kWh)} * 55.88 \text{ (F/kWh)} = 2\,263\,220.467 \text{ FCFA}$

5.4.1.2 Economie réalisée sur le coût de remplacement des appareils:

Nous donnons ci-dessous la durée de vie moyenne des deux types de lampes.

Lampes incandescentes..... 1000 H

Lampes fluorescentes..... 6000 H

En tenant compte du nombre d'heures d'utilisation (heures de travail par an), nous calculons les coûts supportés par an pour leur utilisation.

5.4.1.2.1 Coûts de remplacement des lampes incandescentes:

Toilettes.....	(1968/1000) * 308 * 300 (F/ampoules)	= 181843.2 F
Boxeshuissier.....	(1968/1000) * 22 * 300 (F/ampoules)	= 12988.8 F
Secrétariats.....	(1968/1000) * 80 * 300 (F/ampoules)	= 47232.0 F
Directions.....	(1968/1000) * 80 * 300 (F/ampoules)	= 47232.0 F
TOTAL.....		= 289296.0 F

5.4.1.2.2 Coûts de remplacement des lampes fluorescentes:

Toilettes.....	(1968/6000) * 308 * 1053 (F/ampoules)	= 106378.27 F
Boxes huissier	(1968/6000) * 22 * 1053 (F/ampoules)	= 7598.45 F
Secrétariats..	(1968/6000) * 80 * 1053 (F/ampoules)	= 27630.72 F
Directions....	(1968/6000) * 80 * 1053 (F/ampoules)	= 27630.72 F
TOTAL.....		= 169238.16 F

L'économie réalisée sur le coût de remplacement des lampes est alors:

$$\text{Economie} = 289296.0 - 169238.16 = 120057.84 \text{ F}$$

La valeur totale de l'économie annuelle est alors:

$$\text{Economie} = 2\ 263\ 220.47 + 120\ 057.84 = 2\ 383\ 278.31 \text{ F}$$

5.4.1.2.3 Coût de modifications:

Investissement requis:

- Achat de 490 lampes fluorescentes = $490 \times 1053 = 515\ 970 \text{ F}$
- Accessoires et câbles : négligeable
- Main d'oeuvre : disponible

Total investissement = 515 970 F

5.4.1.3 Période de recouvrement:

Valeur de l'économie annuelle : 2 383 278 F

Investissement requis : 515 970 F

Période de recouvrement : $515\ 970 / 2\ 383\ 278 \approx 3$ mois

Remplacement des lampes de la TOUR

Tableau n°22

Lieu	Eclairage incandescent			Eclairage fluoresent			Diminution de la puissance en W
	Nombre	Puissance unitaire(W)	Puissance totale(W)	Nombre	Puissance unitaire(W)	Puissance totale(W)	
Toilettes	308	60	18480	308	18	5544	12936
Boxes huissier	22	60	1320	22	18	396	924
Secrétariats	80	60	4800	80	18	1440	3360
Directions	80	60	4800	80	18	1440	3360
TOTAL	490		29400	490		8820	20580

5.5 ANALYSE COMPARATIVE DES DIFFERENTES PROPOSITIONS

Après l'étude des différentes propositions en économies d'énergie, nous donnons au tableau n°23 ci-après les principaux résultats obtenus.

Nous tirons principalement de ce tableau les résultats suivants:

1. La proposition n°2, du point de vue économie financière est celle qui réalise la plus grande économie, soit 13676544 F par an, qui représente environ 5% en moyenne des dépenses annuelles en électricité (271374852 F/an, voir tableau n°3 du chapitre 2).

2. L'utilisation des lampes fluorescentes (proposition n°4) donne le meilleur délai de récupération du capital investi (3 mois). De plus sa mise en œuvre apparaît plus simple, puisque le siège dispose la main d'œuvre nécessaire.

3. La proposition n°1 donne le plus long délai de récupération de capital investi (1 an environ). Par contre nous estimons que cette dernière solution a l'avantage d'utiliser les transformateurs à leur régime de fonctionnement optimal surtout durant les périodes de temps froids.

4. La proposition 3 relative à la diminution de la puissance souscrite n'a nullement besoin d'investissement préalable. Son application réside sur un bon planning de la distribution de l'énergie, surtout de l'appel de puissance lors du démarrage des groupes frigorifiques.

Tableau récapitulatif des principales solutions retenues

Tableau n°23

Proposition	Description	Investissement en F CFA	Économies annuelles en FCFA	Période de recouvrement
N°1	Remplacement des deux transformateurs de puissance de 630 kVA du poste de transformation du COFEB	12600000	7842248	1 an
N°2	Suppression du poste de transformation du COFEB	15850000	13676544	9 mois
N°3	<i>Diminution de la puissance souscrite</i>		2245660	
N°4	Utilisation des lampes à économies d'énergie	516000	2383278	3 mois
TOTAL		28966000	26147730	1 an 2 mois

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présente étude démontre qu'il y a possibilité d'optimiser l'utilisation des installations électriques du siège de la BCEAO, donc d'économiser environ **26 Millions de F CFA**, soit environ 10% du coût énergétique supporté annuellement en moyenne (**271 374 852 F CFA**) par le siège en réalisant les propositions n°1 à 4 (voir tableau récapitulatif n°23 ci-dessus).

Les investissements requis pour effectuer l'ensemble des transformations impliquent un montant d'environ **29 Millions de F CFA**. Le tout s'amortit sur une période **1 an 2 mois**.

La proposition n°2 s'avère du point de vue financière celle qui réalise le meilleur gain énergétique (**13676544 F CFA**). Sa valeur élevée traduit principalement l'intérêt qu'il y a à utiliser au mieux (valeur optimale) la puissance des équipements d'un poste de transformation. En dépit des frais supplémentaires qu'elle engendre lors de la manutention des deux transformateurs à remplacer, nous estimons qu'à l'état actuel du fonctionnement du poste de transformation du COFEB, cette proposition tient lieu de solution de base.

La proposition n°4 (**2383278 F CFA d'économie**), même si elle donne un délai de récupération du capital investi relativement court, nous estimons que son intérêt réside principalement du fait de la simplicité de sa mise en oeuvre.

Aussi compte tenu de la part assez importante qu'occupe l'éclairage au niveau du siège, (22% des charges totales), cette proposition montre l'intérêt qu'il y a à utiliser des lampes dites à économies d'énergie.

La proposition n°1 a les mêmes objectifs que la proposition n°2 (utilisation des transformateurs à leur puissance optimale). De ce point de vue elle apparaît comme son substitut, puisque l'économie ainsi réalisée du fait de sa mise en oeuvre est assez élevée (**7842248 F CFA**).

La proposition relative à la diminution de la puissance souscrite (proposition n°3) est celle qui réalise les plus faibles économies (**2245660 F CFA**). Une étude à court et à moyen terme de l'évolution des installations permettrait de mieux apprécier son incidence sur la facturation de l'énergie du siège.

ANNEXES

A. DESCRIPTION DE L'APPAREILLAGE DE MESURE :

Lors des mesures des paramètres électriques, nous avons utilisé des appareils courants de la SENELEC (le MAP 500 et le MAP 2000), appareils dont nous donnons les caractéristiques électriques essentielles ci-dessous.

A.1 LE MAP 2000:

Le MAP 2000 est un appareil de mesures électriques qui permet mesurer trente sept (37) paramètres électriques.

Programmable, il permet d'afficher toutes les grandeurs désirées par intervalles de temps réguliers; allant de 15 secondes (plus petit intervalle) jusqu'à des intervalles de l'ordre des minutes heures ou jours. Les grandeurs électriques mesurées peuvent être indiquées soit en valeurs instantanées ou moyennes, elles-mêmes pouvant être simples ou composées. On peut également l'utiliser en mode manuel par affichage ou en mode automatique par programmation. Adapté aux mesures de précisions, le MAP 2000 est aussi un appareil multitâches qui s'adapte voire convient bien pour une campagne de mesures de paramètres électriques en vue de leur analyse.

Le MAP 2000 est un appareil qui peut être utilisé aussi bien pour les mesures sur des réseaux MT (30 KV) que pour les réseaux BT (380V-220V).

A.2 LE MAP 500:

De plus petites dimensions que le MAP 2000, il est essentiellement utilisé en BT. Il est également utilisé aussi bien en mode manuel qu'en mode automatique. Ses caractéristiques multitâches en fait l'appareil des électriciens de maintenance de réseau BT.

B.1 ESTIMATION DE L'ECLAIRAGE DE LA TOUR CENTRALE

Désignation	Type de lampes	Puissance unitaire (KW)	Nombre	Puissance Totale (KW)
SOUS-SOL				
Salle des archives				
Imprimerie				
Magasin des techniciens				
Salle informatique				
Grande salle				
Economia				
Parking				
Caveaux				
Local technique climatisation				
2 magasins de papeterie				
Poste de transformation+GS				
Couloir				
Toilettes				
Boxe huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
REZ-DE-CHAUSSEE				
Bibliothèque				
Direction bibliothèque				
Magasin de papeterie				
Salle de réception Gouver.				
Hall				
Boxe huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
1er ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampes E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	276	4,968
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Ecaclier de secours extérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
MEZZANINE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	276	4,968
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Ecaclier de secours extérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
TOTAL				24,502

Désignation	Type de lampes	Puissance unitaire (KW)	Nombre	Puissance Totale (KW)
8ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampess E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	264	4,752
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Escalier de secours extérieur	Tubes néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huisserie	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
9ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampess E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	204	3,672
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Escalier de secours extérieur	Tubes néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huisserie	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
10ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampess E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	264	4,752
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Escalier de secours extérieur	Tubes néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huisserie	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
TOT				34,986

Désignation	Type de lampes	Puissance unitaire (KW)	Nombre	Puissance Totale (KW)
11ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampes E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	192	3,456
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Escalier de secours extérieur	Tubes néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenseurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boîte huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
12ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampes E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	264	4,752
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Escalier de secours extérieur	Tubes néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenseurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boîte huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
13ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampes E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	264	4,752
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Escalier de secours extérieur	Tubes néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenseurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boîte huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
TOTAL				34,770

Désignation	Type de lampes	Puissance unitaire (KW)	Nombre	Puissance Totale (KW)
14ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampess E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	216	3,888
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Escalier de secours extérieur	Tubes néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
15ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampess E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	144	2,592
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Escalier de secours extérieur	Tubes néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
16ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampess E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	72	1,296
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Escalier de secours extérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Escalier de secours extérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
TOTAL				34,678

Désignation	Type de lampes	Puissance unitaire (KW)	Nombre	Puissance Totale (KW)
17ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampes E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	60	1,080
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Ecaclier de secours extérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
18ème ETAGE				
Secrétariats	Tubes néon de 0,60m	0,018	9	0,162
	Lampes E27	0,060	4	0,240
Direction	Tube néon circulaire	0,058	1	0,058
	Lampes E27	0,018	4	0,072
Bureaux	Tubes néon de 0,60m	0,018	60	1,080
Couloir	Tubes néon de 1,50m	0,058	26	1,508
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Ecaclier de secours extérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 1,50m	0,058	2	0,116
	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	14	0,840
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
19ème ETAGE				
Salle des machines	Tubes néon de 0,60m	0,018	34	0,612
Hall	Lampes E27	0,060	12	0,720
Salle caisson de soufflage	Lampe E27	0,060	1	0,060
Escalier de secours intérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FE	0,600	2	1,200
Ecaclier de secours extérieur	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe FEE	0,600	4	2,400
Toilettes	Tubes néon de 0,60m	0,018	2	0,036
	Lampes E27	0,060	6	0,360
Façades ascenceurs	Tubes néon de 1,50m	0,058	8	0,464
Boxe huissier	Tube néon de 0,60m	0,018	1	0,018
	Lampe E27	0,060	1	0,060
TOTAL				22,666
TOTAL ECLAIRAGE				228,510

B.2 INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS DE LA TOUR

Désignation des équipements	Type d'équipements	Puissance unitaire(KW)	Nombre total	Puissance totale (KW)	
CIRCUIT CLIMATISATION ET REFRIGERATION	Groupes frigorifiques DAKIN	90,00	2	180,00	
	Compresseurs groupes DAKIN	18,50	4	74,00	
	Condenseurs groupes DAKIN	5,50	4	22,00	
	Caissons de soufflage bureaux	2,20	22	48,40	
	Caissons de soufflage salle de conf.	2,20	2	4,40	
	Ventilateurs convecteurs		0,06	200	12,00
			0,08	200	16,00
			0,10	199	19,90
	Pompes refoulement DAKIN	18,50	2	37,00	
	Pompes salle de conférence	4,00	2	8,00	
	Pompes eau glacée DAKIN	2,20	2	4,40	
Pompe salle d'archives	2,20	1	2,20		
TOTAL CLIMATISATION				428,30	
CIRCUIT FORCE	Extracteur Poste de transformation	1,25	1	1,25	
	Chauffe eau électrique	0,75	6	4,50	
		1,20	2	2,40	
	Sèche mains	2,30	43	98,90	
	Extracteur bureaux Sud-Est	1,10	1	1,10	
	Extracteur bureaux Centre-Nord	1,10	1	1,10	
	Extracteur bureaux Nord	1,10	1	1,10	
	Extracteur bureaux Centre-Sud	1,10	1	1,10	
	Extracteurs sanitaires Sud-Est	1,50	1	1,50	
	Extracteurs sanitaires Centre-Nord	1,50	1	1,50	
	Extracteur locaux sous-sol	1,85	1	1,85	
	Extracteur désenfumage Centre-Sud	5,50	1	5,50	
	Extracteur désenfumage Centre-Nord	5,50	1	5,50	
	Extracteur désenfumage Sud	5,50	1	5,50	
	Extracteur désenfumage Nord-Est	5,50	1	5,50	
	Extraction SAS Sud-Ouest	1,50	1	1,50	
	Extraction SAS Sud	1,50	1	1,50	
	Soufflage SAS Nord-Ouest	1,50	1	1,50	
	Soufflage SAS Centre-Sud	1,50	1	1,50	
	Soufflage Hall Centre-Sud	1,50	1	1,50	
Extracteur poste de transformation	1,50	2	3,00		
Bornes fontaines	0,20	22	4,40		
TOTAL CIRCUIT FORCE				153,20	
TOTAL EQUIPEMENTS ACTUELS				581,50	
EQUIPEMENTS DU NOUVEAU GROUPE TRANE					
CLIMATISATION	Groupes frigorifiques TRANE	210,94	2	421,88	
	Compresseurs groupes TRANE	55,00	8	440,00	
	Condenseurs groupes TRANE	5,50	4	22,00	
TOTAL CLIMATISATION				883,88	
CIRCUIT FORCE	Pompes refoulement TRANE	22,00	2	44,00	
	Pompe des eaux TRANE	7,50	2	15,00	
TOTAL CIRCUIT FORCE				59,00	
TOTAL GROUPE TRANE				942,88	

B.3 EXTENSION DE LA PUISSANCE DE CLIMATISATION DE LA TOUR

Désignation	Puissance unitaire(kW)	Nombre	Puissance totale(kW)
<u>1. Production</u>			
Groupes frigorifiques			
DAKIN	90,00	2	180,00
CARRIER	225,00	2	450,00
<u>2. Distribution</u>			
Pompes primaires DAKIN	2,20	2	4,40
Pompes primaires TRANE	7,50	2	15,00
Pompes Conférences	4,00	1	4,00
Pompes centrales d'air	22,00	1	22,00
Pompes ventiloconvecteurs	18,50	1	18,50
Régulation	2,00	1	2,00
Autres appareils à l'identique			54,00
SOUS TOTAL			749,90
<u>3. Amené de puissance en local pompes des réfrigérants</u>			
Aéroréfrigérants	37	2	74
Pompes eau condenseur	15	3	45
SOUS TOTAL			119
TOTAL GENERAL			868,90

B.4 ESTIMATION DE L'ECLAIRAGE DU COFEB

Désignation	Type de lampes	Puissance unitaire (KW)	Nombre	Puissance Totale (KW)
SOUS-SOL				
Salles d'entretien	Tubes néon de 1.20m	0,036	58	2,088
	Lampes à incandescence	0,060	2	0,120
Magasins	Tubes néon de 1.20m	0,036	60	2,160
	Projecteurs	0,300	4	1,200
REZ-DE-CHAUSSEE				
Hall	Lampes FEE	0,013	2	0,026
	Tubes néon de 1.20m	0,036	46	1,656
Cuisino et restaurant	Lampes E27	0,160	1	0,160
	Tubes néon de 1.20m	0,036	90	3,240
	Lampes à incandescence	0,060	4	0,240
Bibliothèque	Tubes néon de 1.20m	0,036	45	1,620
Toilettes	Lampes B22	0,018	12	0,216
	Tube néon de 1.20m	0,036	2	0,072
Voirie	Lampes E27	0,160	16	2,560
1er ETAGE				
Amphithéâtre de 150 places	Tubes néon de 1.20m	0,036	60	2,160
Amphithéâtre de 50 places	Tubes néon de 1.20m	0,036	60	2,160
Bureaux	Tubes néon de 1.20m	0,036	88	3,168
Couloir	Tubes néon de 1.20m	0,036	66	2,376
Toilettes	Lampes à incandescence	0,060	12	0,720
2ème ETAGE				
Salles de cours	Tubes néon de 1.20m	0,036	120	4,320
Bureaux	Tubes néon de 1.20m	0,036	84	3,024
Couloir	Tubes néon de 1.20m	0,036	32	1,152
Toilettes	Lampes à incandescence	0,060	4	0,240
3ème ETAGE				
Salles de cours	Tubes néon de 1.20m	0,036	96	3,456
Bureaux	Tubes néon de 1.20m	0,036	40	1,440
Couloir	Tubes néon de 1.20m	0,036	88	3,168
Toilettes	Lampes à incandescence	0,060	5	0,300
4ème ETAGE				
Salle d'attente	Tubes néon de 1.20m	0,036	16	0,576
Bureaux	Tubes néon de 1.20m	0,036	40	1,440
Secrétariat	Tubes néon de 1.20m	0,036	48	1,728
Salles de réunion	Tubes néon de 1.20m	0,036	48	1,728
Toilettes pour hommes	Lampes B22	0,100	8	0,800
Toilettes pour femmes	Tubes néon de 1.20m	0,036	20	0,720
Toilettes pour DG	Lampes B22	0,100	2	0,200
Couloir	Lampes E27	0,100	6	0,600
	Tubes néon de 1.20m	0,036	48	1,728
	Tubes néon 0.60m	0,018	4	0,072
TOTAL ECLAIRAGE				52,634

B.5 INVENTAIRE DES EQUIPEMENTS DU COFEB

Désignation des équipements	Type d'équipements	Puissance unitaire(KW)	Nombre total	Puissance totale (KW)
CIRCUIT CLIMATISATION ET REFRIGERATION	Groupes frigorifiques	116,00	2	232,00
	Compresseurs groupes frigorifiques	25,80	8	206,40
	Ventilateurs condenseurs	5,50	2	11,00
	Caisson reprise bureaux	2,20	1	2,20
	Caisson salle de jeux	2,20	1	2,20
	Caisson Soufflage cafétérial	2,20	1	2,20
	Caisson amphithéâtre de 150 places	2,20	1	2,20
	Caisson amphithéâtre B-C-D	0,75	3	2,25
	Caisson reprise bureaux	0,25	1	0,25
	Ventilateurs convecteurs	0,114	190	21,66
	Pompes primaires	3,00	4	12,00
	Pompes secondaires	1,50	2	3,00
	TOTAL CLIMATISATION			
CIRCUIT FORCE	Pompes eau de ville	1,50	2	3,00
	Pompes incendie	3,00	2	6,00
	Pompes relevage fosse septique	2,00	2	4,00
	Extracteur Poste de transformation	1,25	1	1,25
	Extracteur cuisine	1,25	1	1,25
	Chauffe eau électrique	0,75	6	4,50
		1,20	1	1,20
	Sèche mains	2,30	6	13,80
	Réfrigérateur	0,20	1	0,20
	Cafetière	1,05	1	1,05
	Lave vaisselle	1,50	1	1,50
Congélateurs	2,20	2	4,40	
TOTAL CIRCUIT FORCE				42,15
TOTAL EQUIPEMENTS				539,51

C.1 TARIFS APPLIQUES DEPUIS LE 23 - 01 - 1994

C.1.1 BASSE TENSION

Catégorie tarifaire	Prime fixe mensuelle (F/kWh)	PRIX DE L'ENERGIE (F/kWh)			Observations
		1ère tranche	2ème tranche	3ème tranche	
<u>Usage domestique</u>					
U.D.S. (Tarif Spécial)		91,15	101,73	59,19	
U.D.G. (Tarif Général)		114,84	83,13	59,19	Abonnés alimentés à partir du réseau de distribution SENELEC sur les tensions:
<u>Usage Professionnel</u>					
U.P.1 (Sans prime fixe)		119,49	107,18	73,09	- B1 (127 / 220V)
U.P.2 (Avec prime fixe)	1768,75	80,95	73,09		- B2 (220 / 380V)
<u>Eclairage public</u>					

U.D.S : Consommation bimestrielle supérieure à 40kW/h

U.D.G : Consommation bimestrielle inférieure à 40kW/h

U.P.1 : Puissance souscrite inférieure à 32kW

U.P.2 : Puissance souscrite supérieure à 32kW

C.1.2 MOYENNE ET HAUTE TENSION

Catégorie tarifaire	Prime fixe mensuelle(F/kW)	PRIX DE L'ENERGIE(F/kWH)		Observations
		K1 (HP)	K2 (EP)	
MOYENNE TENSION				Réseau 5,5 ; 6,6 ou 30 kV
Tarif courte utilisation T.C.U.	594,36	77,64	112,04	
Tarif général T.G	2529,84	55,88	80,63	
Tarif Longue Utilisation T.L.U.	6106,16	45,89	66,24	
HAUTE TENSION				Réseau 90 kV
Tarif normal	6197,85	36,48	46,55	
Tarif secours	2755,35	48,57	53,29	

HP : Heures hors pointes

EP : Heures de pointes(de 19h à 23h)

T.G : Utilisation entre 1000 et 4000h par an de la puissance souscrite

T.C.U : Utilisation de moins de 1000h par an de la puissance souscrite

T.L.U : Utilisation de plus 4000h par an de la puissance souscrite

Nota :

A ces tarifs, il convient d'ajouter :

- une TVA de 10%
- une taxe communale de 2,5% (pour abonnés des communes)

Source :

SOLEIL du Lundi 28 MARS 1994.

C.2 ANCIENS TARIFS

C.2.1 BASSE TENSION

Catégorie tarifaire	Prime fixe mensuelle(F/KWH)	PRIX DE L'ENERGIE (F/KWH)			Observations
		1ère tranche	2ème tranche	3ème tranche	
<u>Usage domestique</u> U.D.S. (Tarif Spécial)		72,92	81,38	47,35	
U.D.G. (Tarif Général)		91,87	66,5	47,34	Abonnés alimentés à partir du réseau de distribution SENELEC sur les tensions:
<u>Usage Professionnel</u> :U.P.1 (Sans prime fixe)		95,59	85,74	58,47	- B1 (127 / 220V)
U.P.2 (Avec prime fixe)	1415	64,76	58,47		- B2 (220 / 380V)
<u>Eclairage public</u>					

U.D.S : Consommation bimestrielle supérieure à 40kW/h

U.D.G : Consommation bimestrielle inférieure à 40kW/h

U.P.1 : Puissance souscrite inférieure à 32kW

U.P.2 : Puissance souscrite supérieure à 32kW

C.2.2 MOYENNE ET HAUTE TENSION

Catégorie tarifaire	Prime fixe mensuelle(F/KW)	PRIX DE L'ENERGIE(F/KWH)		Observations
		K1 (HP)	K2 (EP)	
<u>MOYENNE TENSION</u>				Réseau 5,5 ; 6,6 ou 30 kV
Tarif courte utilisation T.C.U.	468	61,13	88,22	
Tarif général T.G	1992	44	63,49	
Tarif Longue Utilisation T.L.U.	4808	36,16	52,16	
<u>HAUTE TENSION</u>				Réseau 90 KV
Tarif normal	4591	27,02	34,48	
Tarif normal	2041	35,98	43,18	

HP : Heures hors pointes

EP : Heures de pointes(de 19h à 23h)

T.G : Utilisation entre 1000 et 4000h par an de la puissance souscrite

T.C.U : Utilisation de moins de 1000h par an de la puissance souscrite

T.L.U : Utilisation de plus 4000h par an de la puissance souscrite

D.1 CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES DES TRANSFORMATEURS

Puissance (kW)		250	315 (1)	400		500 (1)	
Tension secondaire (V)		231 ou 400	231 ou 400	231	400	231	400
Pertes à vide (kW)		0,65	0,77	0,93	0,93	1,10	1,10
Pertes cuivre à 75°C (kW)		3,25	3,90	4,81	4,60	5,95	5,50
Pertes actives totales (kW)		3,90	4,67	5,74	5,53	7,05	6,60
Energie à compenser à pleine charge à (kvar)		14,7	18,3	22,8	22,9	28,5	28,7
Tension de court-circuit à 75°C (%)		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Chute de tension en %	PF = 1,0	1,37	1,31	1,28	1,22	1,26	1,17
	FP = 0,8	3,33	3,30	3,28	3,25	3,27	3,22
Rendement à 3/4 de charge en %	PF = 1,0	98,7	98,76	98,80	98,84	98,83	98,89
	FP = 0,8	98,37	98,48	98,51	98,56	98,54	98,62
Rendement à pleine charge en %	PF = 1,0	98,46	98,54	98,59	98,64	98,61	98,70
	FP = 0,8	98,09	98,18	98,24	98,30	98,27	98,38
Courant à vide en %		2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9

Puissance (kW)		630		800		1000	
Tension secondaire (V)		231	400	231	400	231	400
Pertes à vide (kW)		1,30	1,30	1,95	1,95	2,30	2,30
Pertes cuivre à 75°C (kW)		6,95	6,50	12,00	10,20	13,90	12,10
Pertes actives totales (kW)		8,25	7,80	13,95	12,15	16,2	14,4
Energie à compenser à pleine charge à (kvar)		35,5	35,6	62,4	54,5	82,2	72,5
Tension de court-circuit à 75°C (%)		4,0	4,0	5,5	4,5	6,0	5,0
Chute de tension en %	PF = 1,0	1,18	1,10	1,64	1,37	1,56	1,33
	FP = 0,8	3,22	3,17	4,43	3,65	4,69	3,93
Rendement à 3/4 de charge en %	PF = 1,0	98,91	98,96	98,57	98,73	98,67	98,8
	FP = 0,8	98,64	98,71	98,22	98,42	98,34	98,5
Rendement à pleine charge en %	PF = 1,0	98,71	98,78	98,29	98,5	98,41	98,58
	FP = 0,8	98,39	98,48	97,87	98,14	98,02	98,23
Courant à vide en %		1,8	1,8	2,5	2,5	2,4	2,4

(1) Puissances non préférentielles

FP : Facteur de Puissance

Source : Guide de l'installation, MERLIN GERIN

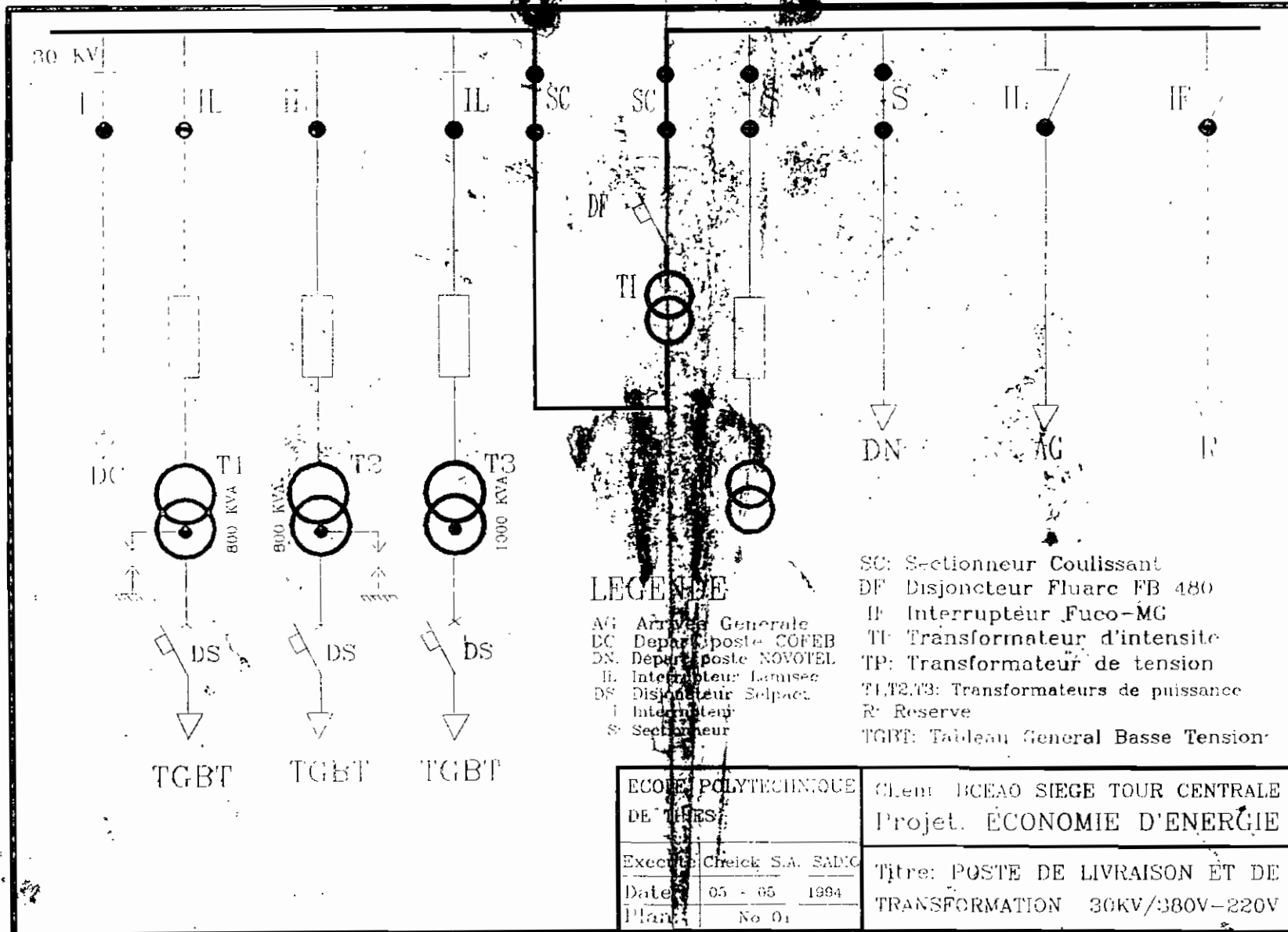
D.2 PRIX DE VENTE HTVA DE QUELQUES TRANSFORMATEURS

Puissance des transformateurs(kVA)	250	315	400	500	630	800	1000
Anciens prix en F CFA							
Nouveaux prix en F CFA	6280725(2)				8476742(2)	19408402(2)	
	5700000(3)		6800000(3)		8200000(3)	9185000(3)	10790000(3)

(2) Source D.I.M.E.S. (Distribution de Matériel Electrique au Sénégal)

(3) Source C.G.E. (Compagnie Générale d'Energie)

Nota : Ces prix sont donnés hors TVA dont le taux est de 10%



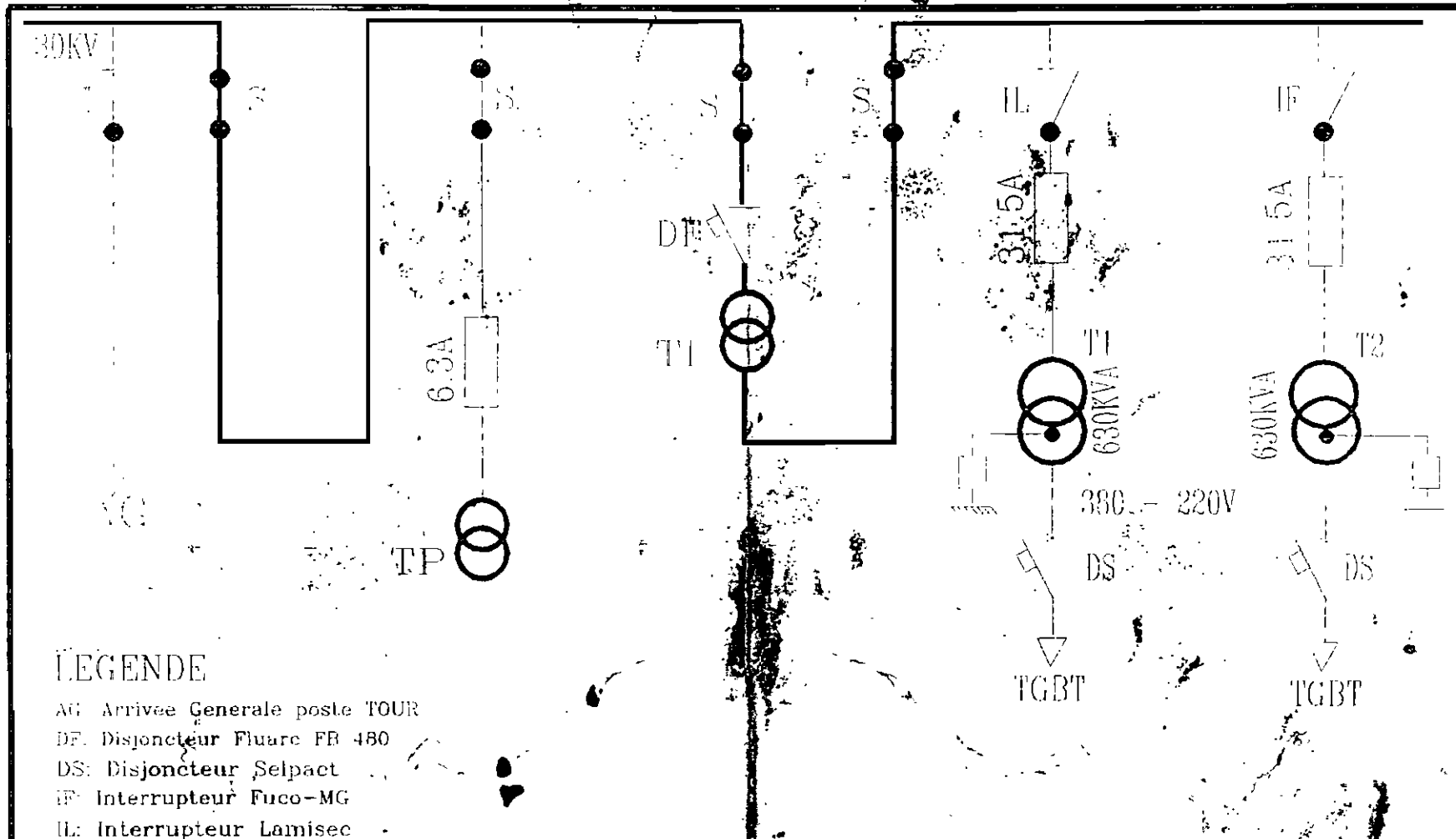
LEGENDE

- AG Arrivée Générale
- DC Départ poste COFEB
- DN Départ poste NOVOTEL
- II Interrupteur lamisee
- DS Disjoncteur Solpact
- I Interrupteur
- S Sectionneur

- SC Sectionneur Coulissant
- DF Disjoncteur Fluarc FB 480
- II Interrupteur Fuco-MG
- T1 Transformateur d'intensite
- TP Transformateur de tension
- T1,T2,T3 Transformateurs de puissance
- R Reserve
- TGBT Tableau General Basse Tension

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES	
Executé	Cheick S.A. SANDO
Date	05 - 65 1994
Plan	No 01

Clem BCEAO SIEGE TOUR CENTRALE Projet. ECONOMIE D'ENERGIE	
Titre: POSTE DE LIVRAISON ET DE TRANSFORMATION 30KV/380V-220V	



LEGENDE

- AG: Arrivée Generale poste TOUR
- DF: Disjoncteur Fluarc FR 480
- DS: Disjoncteur Selpact
- IF: Interrupteur Fuco-MG
- IL: Interrupteur Lamisec
- TI: Transformateur d'Intensite
- TP: Transformateur de Tension
- T1, T2: Transformateurs de Puissance
- TGBT: Tableau General Basse Tension
- I: Interrupteur
- S: Sectionneur

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES	Client: BCEAO SIEGE COFEB - DAKAR Projet: ECONOMIE D'ENERGIE
Execu: Cheick SA SAMIC	Titre POSTE DE LIVRAISON ET DE TRANSFORMATION 30KV/380V-220V
Date: 05 - 05 - 1994	
Plan: No 03	



T3 CLIMATISATION

1000 KVA

3(1*4*240-2)

+1(1*2*240-2)

Disjoncteur Selpact

3*1600A-1*800A

Disjoncteur
3*250 A

Disjoncteur
3*250 A

Groupes
Frigorifiques
et Centrales de
Climatisation

3(1*4*240-2)

+1(1*2*240-2)

Batteries de
Condensateurs
de 122 KVAR
135 KVAR

ECOLE POLYTECHNIQUE
DE THIES

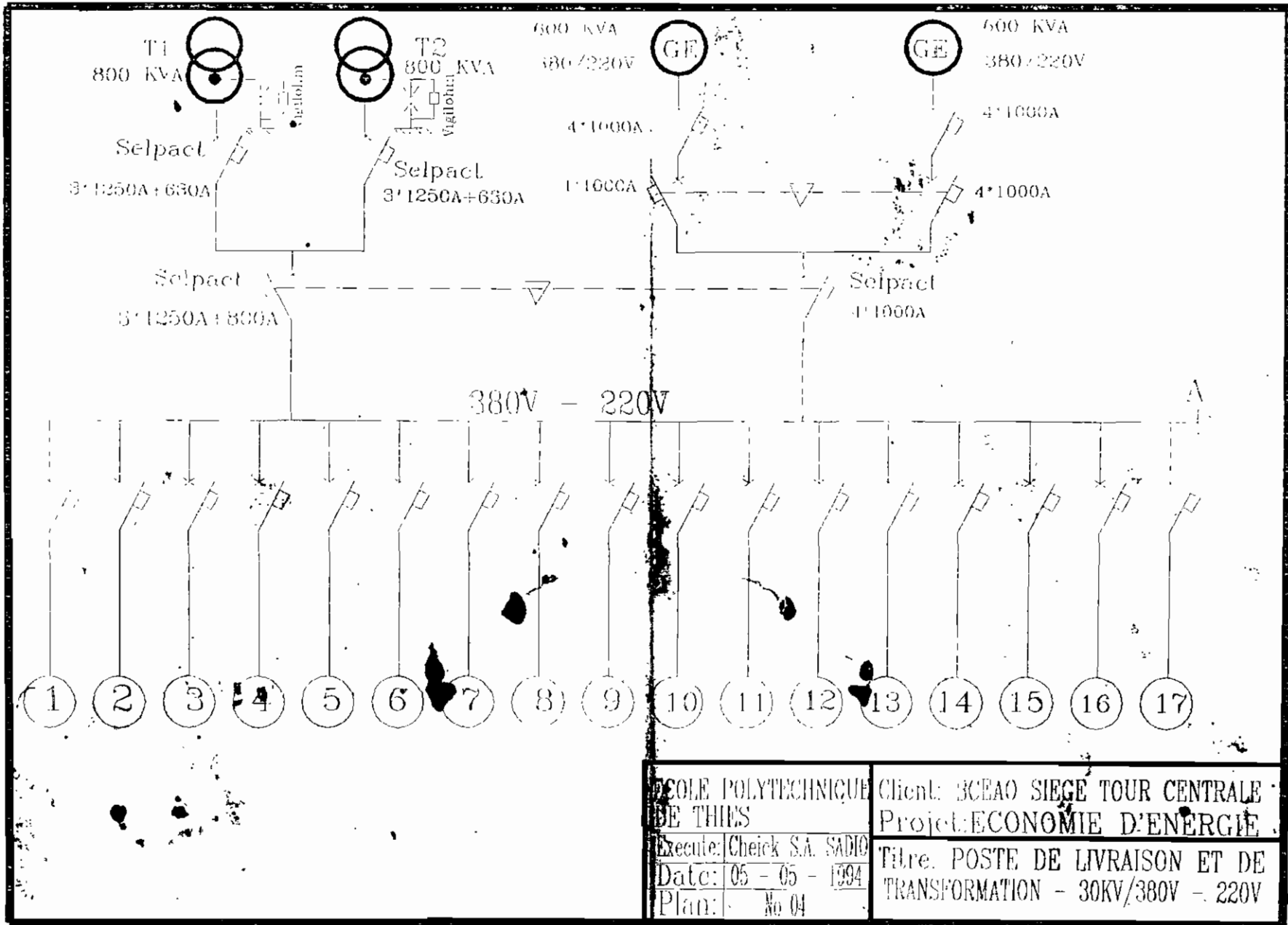
Execute: Cheick S.A. SADIO

Date: 05 - 05 - 1994

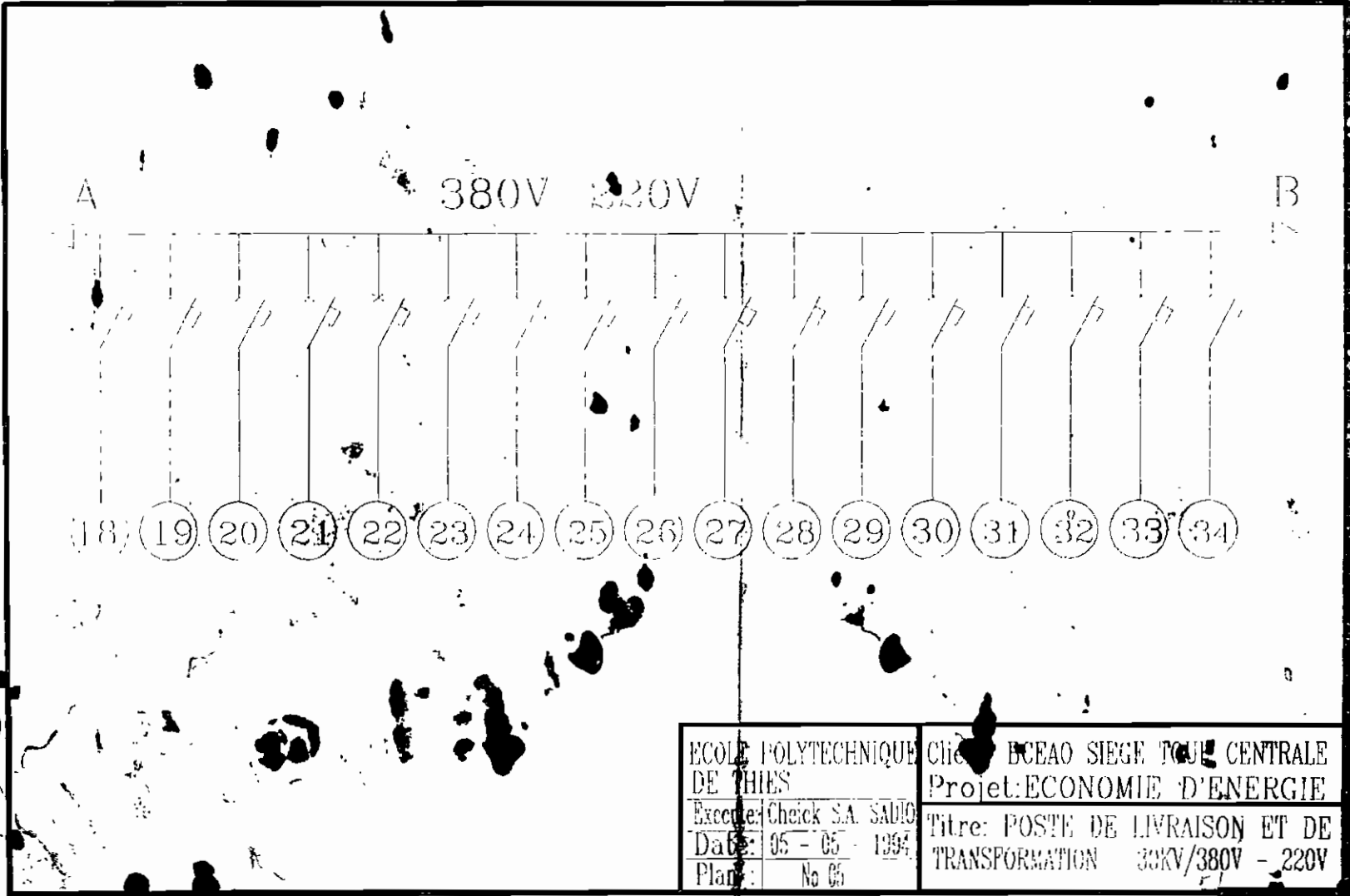
Plan: No 02

Client: BORA SIEGE TOUR CENTRALE
Projet. ECONOMIE D'ENERGIE

Titre: POSTE DE LIVRAISON ET DE
TRANSFORMATION - 30KV/380V - 220V



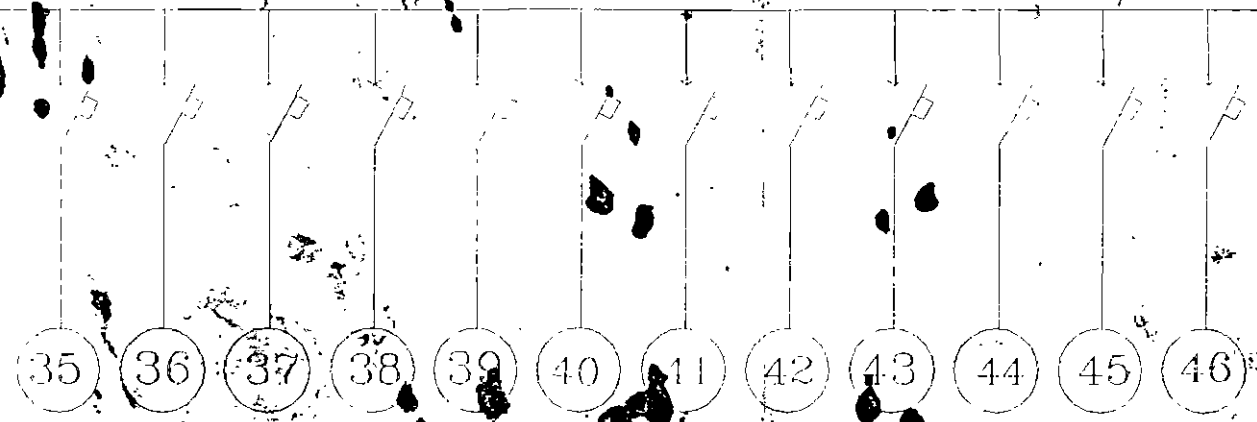
ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES		Client: BCEAO SIEGE TOUR CENTRALE	
Execute: Cheick S.A. SADIO		Projet: ECONOMIE D'ENERGIE	
Date: 05 - 05 - 1994		Titre: POSTE DE LIVRAISON ET DE	
Plan: No 04		TRANSFORMATION - 30KV/380V - 220V	



ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES	Chef: BCEAO SIEGE TOUR CENTRALE
Executé: Cheick S.A. SADILO	Projet: ECONOMIE D'ENERGIE
Date: 05 - 05 - 1994	Titre: POSTE DE LIVRAISON ET DE TRANSFORMATION 30KV/380V - 220V
Plan: No 05	

B
←

→
C



ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES		Client: BCEA SÈGE POUR CENTRALE
Execut: Cheick SA SADIO		Projet: ECONOMIE D'ENERGIE
Date: 05 05 - 1994		Titre: POSTE DE LIVRAISON ET DE
Plan: No 06		TRANSFORMATION - 30KV/380V 220V

POSTE DE TRANSFORMATION DE LA TOUR CENTRALE

Tableau n°24: Légende

Repère	Désignation	Section câble (mm ²)	Disjoncteur	
			Ampérage	Type
1	Escalier Est	4*6	4*20	Codis 40°C
2	Tableau Parking	2*2.5	3*20	Compact
3	Onduleur	4*16	4*100	Codis 40°C
4	Circulation Est	4*16	4*100	Codis 40°C
5	Local Entrée de service	2*2.5	3*20	Codis 40°C
6	Local Entrée Principale	2*2.5	3*20	Codis 40°C
7	Extraction Parking	4*2.5	4*15	Codis 40°C
8	Extraction Sanitaire	4*6/4*2.5	4*10	Codis 40°C
9	Escalier Ouest	4*6	4*20	Codis 40°C
10	Circulation Ouest	4*16	4*95/125	Codis 40°C
11	Monte charge hydraulique Caveau	3*70	3*100	Codis 40°C
12	Autocommutateur	2*10	3*50	Codis 40°C
13	Mise en surpresseur cage escalier sous-sol	4*4	4*20	Codis 40°C
14		4*10	3*30	Compact
15	Alarme Banque	2*10	3*20	Compact
16	Alarme incendie	2*10	3*20	Compact
17	Balise aérien	2*6	3*10	Codis 40°C
18	Surpresseurs sous-sol	4*25	4*75	Codis 40°C
19	Tableau Machinerie-Monte charge FM	3*25	4*75	Codis 40°C
20	Tableau Machinerie Ascenseur FM	3*50	3*125	Codis 40°C
21	Tableau Machinerie- Ascenseur Batterie centrale FM	3*(1*2*120)	3*500	Compact
22	Climatisation Informatique	4*35	4*125	Codis 40°C
23	Colonne montante direction 17e et 18e	4*50	4*200	Codis 40°C
24	Auxiliaire Groupe Electrogène	4*10	4*50	C 80
25	Condensateurs 360 kVAR	2*(3*70)	3*500	Compact
26	condensateurs 360 kVAR		3*250	Codis 40°C
27	Colonne Monte charge Bureaux Est	4*(2*1*240)	4*630	H 630
28	Colonne Monte charge Bureaux Ouest	4*(2*1*240)	4*630	H 630
29	Tableau salle de conférence	4*10	4*125	Codis 200°C
30	Eclairage Poste MT+GE	4*2.5	4*10	Codis 100°C
31	Eclairage extérieur	4*10	4*30	Codis 100°C
32	Colonne montante direction 17e et 18e	4*50	4*200	Codis 40°C
33	Tableau de parking	4*4	4*25	Codis 100°C
34	Tableau pompier	4*6	3*20	Codis 40°C
35	Broyeur	4*70	4*250	Codis 40°C
36	Autocommutateur	2*10	4*20	Codis 40°C
37	Surpresseur sous-sol	4*25	4*75	Codis 40°C
38	Alarmes incendie	2*10	3*25	Codis 40°C
39	Alarmes incendie	2*10	3*30	Codis 40°C
40	Balisage aérien	2*6	3*10	Codis 40°C
41	Tableau machinerie- Monte charge Force	3*25	3*75	Codis 40°C
42	Auxiliaire GE	4*70/4*2.5	4*200	Codis 40°C
43	Tableau Caveau	4*25	4*50	Codis 40°C
44	Tableau Machinerie- Ascenseur Batterie centrale FM	2*(3*70)	4*500	Compact
45	Tableau Machinerie-Ascenseur direction FM	3*35	3*125	Codis 40°C
46	Désenfumage	4*10	4*75/100	Codis 40°C

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

1. - Projet d'économies d'énergies dans l'industrie au Sénégal.
RAPPORT AUDIT ÉNERGÉTIQUE ETS GUIEYSSE, DAN SENEGAL.
2. - GUIDE DE L'INSTALLATION, Janvier, Merlin GERIN, éd.1982.
3. - Catalogue, MAZDA GUIDE, 1992.
4. - MECHANICAL AND ELECTRICAL EQUIPMENT FOR BUILDINGS
STEIN - REYNOLDS MCGUINNESS, 7th édition, WILEY.
5. - TRAITÉ D'ÉLECTRICITÉ, VOLUME XII, ENERGIE ELECTRIQUE
Michel Aguet et Jean Jacques Morf.
Presses Polytechniques, et Universitaires Romandes, Pp.25-26.
6. - Manuel de procédure, CAHIER DES CLAUSES ET CONDITIONS
GENERALES de la SENELEC.
7. - GUIDE L'INGENIERIE ELECTRIQUE DES RESEAUX INTERNES D'USINES
Gérard COGNET, Technique et Documentation.