

LISTE SYMBOLES, ABREVIATIONS, TERMES TECHNIQUES

BP : basse pression

CHU : centre hospitalier universitaire

Cos φ : facteur de puissance

DGPT : détection gaz pression température

HP : haut pression

HT : haute tension

I : intensité de courant

MT : moyenne tension

P : puissance active

Q : puissance réactive

QC : puissance réactive capacitif

QL : puissance réactive inductif

RADEEF : régie autonome distribution d'eau et de l'électricité de Fès

TGBT : tableau général basse tension

THD : taux de distorsion harmonique

THD(A) : taux de distorsion harmonique du courant

THD(V) : taux de distorsion harmonique du tension

T.V.A : taxe sur la valeur ajoutée

U : tension

VA : unité de la puissance apparente (voltampère)

VAR : volte –ampère-réactive

W : unité de la puissance active (watt)

Table des matières

Introduction générale	6
Chapitre I :Présentation du CHU HASSAN II FES.....	7
1. Présentation générale du CHU	8
2. Fiche technique.....	8
3. Organigramme du CHU	10
4. Disposition architecturale.....	11
Chapitre II :Etude des installations électriques.....	12
1. Les groupes électrogènes : fonctionnement.....	13
2. Les postes de transformations	14
2.1 Poste de transformation 1 : équipements.....	14
2.2 Poste de transformation 2 : équipements.....	15
2.3 Poste de transformation 4 : équipements.....	16
2.4 Poste de transformation 3 : équipements.....	17
3. Tableau général basse tension (TGBT)	18
4. Les régimes de neutres	19
5. Groupe froid : principe	20
6. Centrale de traitement d'air (CTA) : fonctionnement	21
7. Armoires recycleurs	22
Chapitre III :Bilan sur les factures MT	23
1. Mode de facturation MT GENERAL.....	24
1.1 Les éléments de la facture	24
1.2 Tarif général MT	24
1.2.1 Redevances de Consommation (RC).....	25
1.2.2 Redevances de puissance (RP)	25
1.2.3 Dépassement des puissances souscrites.....	25
1.2.4 Majoration pour facteur de puissance inférieur à 0.8 (Maj. ($\cos\phi$))	26
2. Analyse des factures (2012-2013-2014).....	26
2.1 Tableaux récapitulatifs des consommations	26
2.2 Graphe d'évolution de la puissance appelée durant les années(2012, 2013,2014).....	29
2.3 Analyse du facteur de puissance $\cos \phi$	29
2.3.1 Conséquence d'un faible facteur de puissance	30
2.3.2 Apport de l'amélioration du facteur de puissance	30
2.3.3 Le graphe d'évolution de $\cos \phi$ durant les trois années (2012, 2013,2014)	31
3. Problème au niveau de la puissance souscrite	31

3.1	Modification de la puissance souscrite.....	31
	Chapitre IV :Solutions proposées	34
1.	Action sur les transformateurs.....	35
1.1	Principe.....	35
1.2	Tables des mesures.....	36
1.3	Analyse des données	36
1.3.1	Contrôle de la qualité de l'énergie électrique	36
1.3.2	Analyse des harmoniques	37
1.4	Minimisation des pertes énergétiques au niveau des transformateurs.....	39
2.	Délestage par le groupe froid	42
2.1	Définition.....	42
2.2	Principe.....	42
3.	Répartition des heures de travail	43
3.1	Appareil de mesure.....	43
3.2	Analyse des mesures	43
3.3	Cas d'étude possible.....	44
4.	Optimisation énergétique au niveau de l'éclairage extérieure.....	44
5.	Sensibilisation	46
	Conclusion.....	47

Introduction générale

L'électricité est l'une des verrous du développement, elle est définie comme une matière première ou un produit de base. Pour cela, le droit à l'énergie est un droit fondamental, et qu'à l'instar de l'accès aux soins médicaux, la légitimité de ce droit à l'énergie, devrait figurer parmi les droits fondamentaux de l'homme, qui pose par la suite plusieurs problèmes, notamment la gestion de la consommation d'électricité. L'objectif est alors de minimiser autant que possible les coûts relatifs à l'utilisation de cette énergie ; ce qui revient à dépenser moins pour un même niveau de performance : moins d'énergie consommés, moins d'investissement, (réduire la consommation d'énergie : kWh, Joules, etc.) ou améliorer la performance à dépense d'énergie égale : plus de temps de fonctionnement utile, plus de productivité,...Il s'agit de réduire les coûts de non disponibilité de l'énergie ou des installations.

Notre projet porte sur l'optimisation de la consommation d'énergie électrique au sein du CHU en s'intéressant à plusieurs paramètres principaux comme la puissance souscrite, les pertes au niveau des installations techniques, les types de tarification, et les différents modes de facturations adaptés pour le CHU.

Concernant le premier chapitre on va donner un aperçu sur le Centre Hospitalier universitaire Hassan II, la création, les services disponibles et le budget.

Pour le deuxième chapitre on va faire une description générale des installations électriques et leurs consommations mensuelles.

Au troisième chapitre on va étudier la facture MT, dont l'objectif est de maîtriser la facture énergétique et par la suite diminuer les coûts et éviter les pénalités due au dépassement de la puissance souscrite.

Au dernier chapitre on va étudier et simuler les solutions possibles pour optimiser la consommation d'électricité.

Chapitre I

Présentation du CHU HASSAN II FES

1. Présentation générale du CHU

Le centre Hospitalier Universitaire Hassan II de Fès est un établissement semi-public de santé, créé en novembre 2001 et inauguré en janvier 2009 par SM le Roi Mohammed VI. Cet édifice sanitaire, prévu pour répondre aux besoins de plus de quatre millions d'habitants (Régions Fès Boulomane, Meknès-Tafilalet et Taza-Al Hoceima-Taounate), a pour objectif d'améliorer le taux de couverture médicale de cette population, de décongestionner les structures sanitaires déjà existantes dans ces régions et d'installer un esprit de qualité et de satisfaction des patients.

Parmi les missions assurées par le CHU-Fès, il y a:

- Dispenser des soins médicaux.
- Conduire des travaux de recherche médicale dans le strict respect de l'intégrité physique et morale et de la dignité des malades.
- Participer à l'enseignement clinique universitaire et postuniversitaire médical et pharmaceutique ainsi qu'à la formation du personnel paramédical.

2. Fiche technique

Le CHU, d'une superficie de 12.5 ha, possède une capacité litière de 1050 lits et offre les services médicaux suivants :

- Hôpital des spécialités
- Hôpital mère et enfant
- Bloc consultations externes
- Laboratoires
- Locaux et galeries techniques
- Oncologie
- Médecine Nucléaire
- Administration
- Unité de vie
- Annexe morgue et régies

Le cout de la construction des équipements et des installations est de l'ordre de 1. 200 milliard de DH.

Structure du budget du CHU Hassan II

Le budget d'exploitation du CHU de Fès s'élève à 645 323 509.8 DH. Le financement est réparti comme suit :

- Budget général de l'Etat : 20%
- Fonds Saoudien du Développement : 80% prêt à 2% sur 30 ans

La figure 1 montre le pourcentage des dépenses.

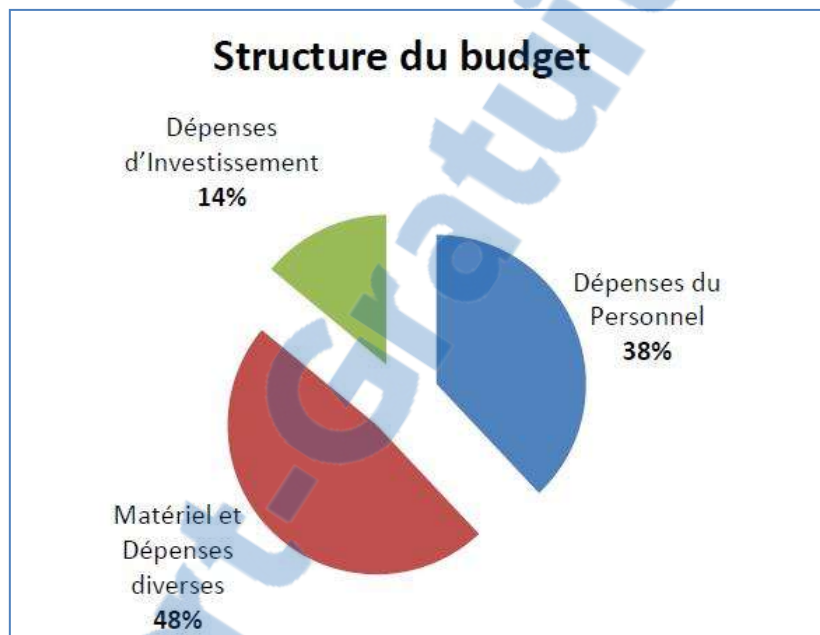


Figure 1 : Répartition du budget

Le personnel opérant au sein du CHU est :

- 662 cadres médicaux.
- 1048 infirmiers.
- 308 techniciens et administrateurs.

3. Organigramme du CHU

L'organisation administrative est décrite par l'organigramme de la figure 2.

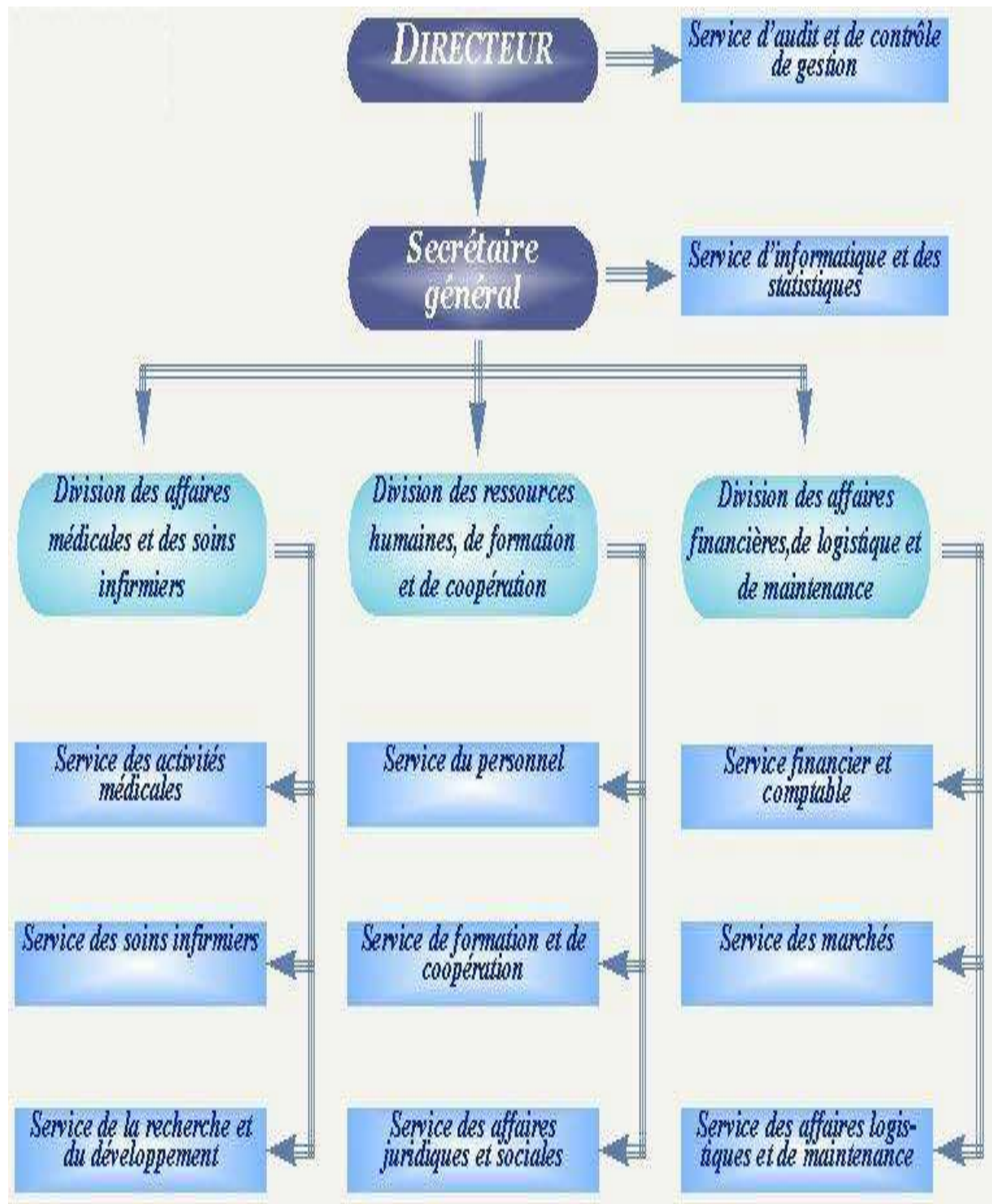


Figure 2 : organigramme général

4. Disposition architecturale

Les différents bâtiments des spécialités sont organisés comme le montre la figure 3.

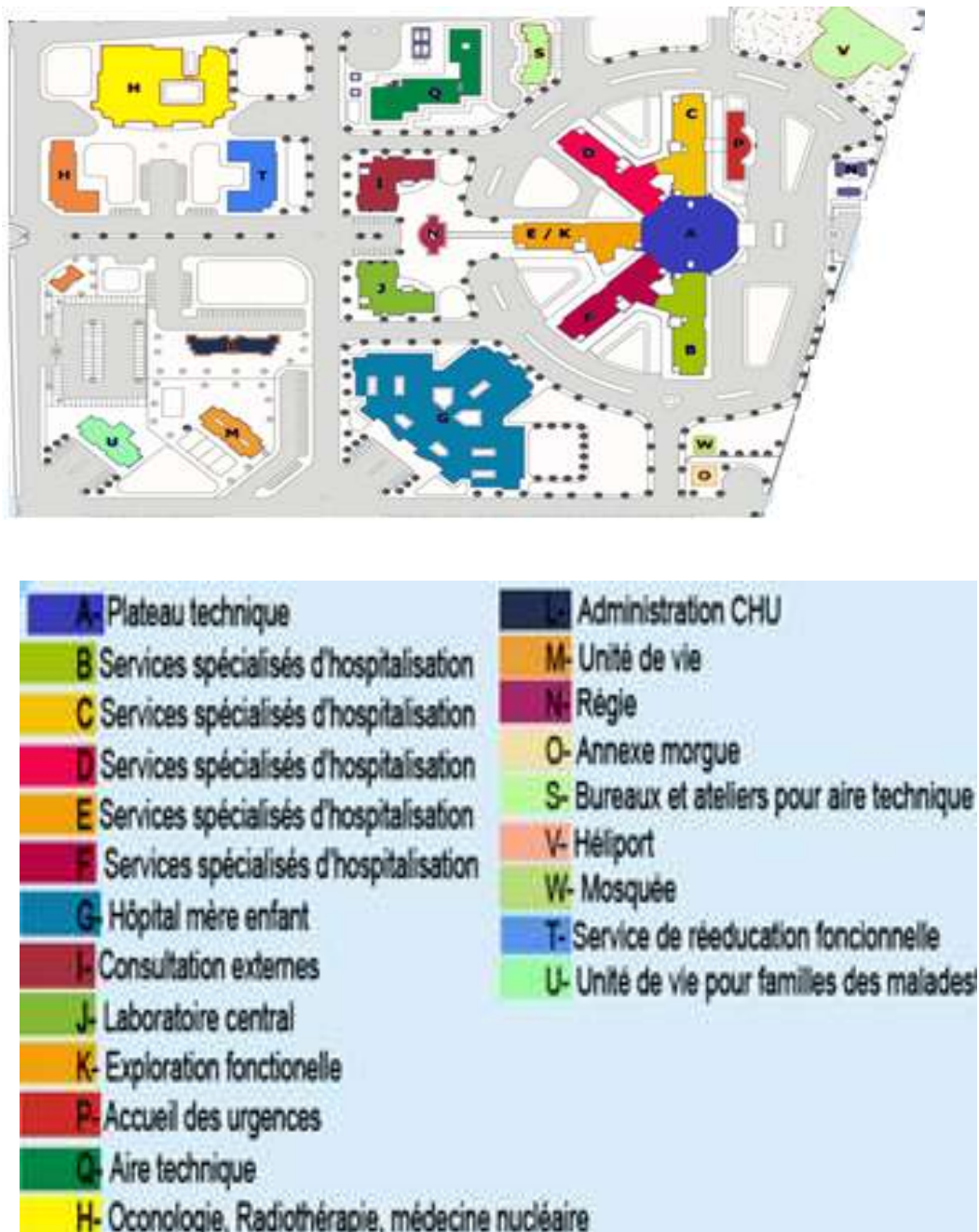


Figure 3 : disposition architecturale du CHU Hassan II



Chapitre II

Etude des installations électriques

1. Les groupes électrogènes : fonctionnement

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité. La plupart des groupes sont constitués d'un moteur thermique qui transforme l'énergie thermique en énergie mécanique et un alternateur qui transforme l'énergie mécanique en électrique.

Dans le CHU Hassan II deux groupes électrogènes de 1600 KVA sont installés au local technique, afin de pallier la coupure d'alimentation électrique. Ils sont utilisés pour alimenter les installations sensibles en cas de coupure de la source électrique normale fournie par la RADEEF. Ces groupes sont constitués d'un moteur thermique, sa vitesse de rotation égale à 1500tr /min, fournissant une tension triphasée égale à 400v, de fréquence égale à 50Hz. Ces deux groupes électrogènes doivent garder une température de 40°C Par des résistances chauffantes électriques, pour assurer son fonctionnement lors de son démarrage, afin que le groupe soit fonctionnel au moment de la coupure du réseau d'alimentation. La figure 4 montre une photo du groupe électrogène qui existe dans le CHU.



Figure 4 : Groupe électrogène

2. Les postes de transformations

Pour assurer la bonne répartition d'énergie électrique, l'hôpital possède 4 postes transformateurs de type immergés à huile alimentés en boucle sur le réseau HT.

Le nombre des transformateurs est de l'ordre de 11 transformateurs, avec un bilan de puissance total $P_t=6930\text{KVA}$ (la puissance installée).

- **Poste 1** : 3 transformateurs de 630 KVA ;
- **Poste 2** : 2 transformateurs de 630 KVA ;
- **Poste 3** : 2 transformateurs de 630 KVA ;
- **Poste 4** : 4 transformateurs de 630 KVA ;

2.1 Poste de transformation 1 : équipements

Il est situé au niveau du sous-sol bâtiment A. Il assure l'alimentation en énergie électrique de l'hôpital des spécialités (Bâtiments : A, B, C, D, E et F). La figure 6 montre le schéma unifilaire du poste 1.

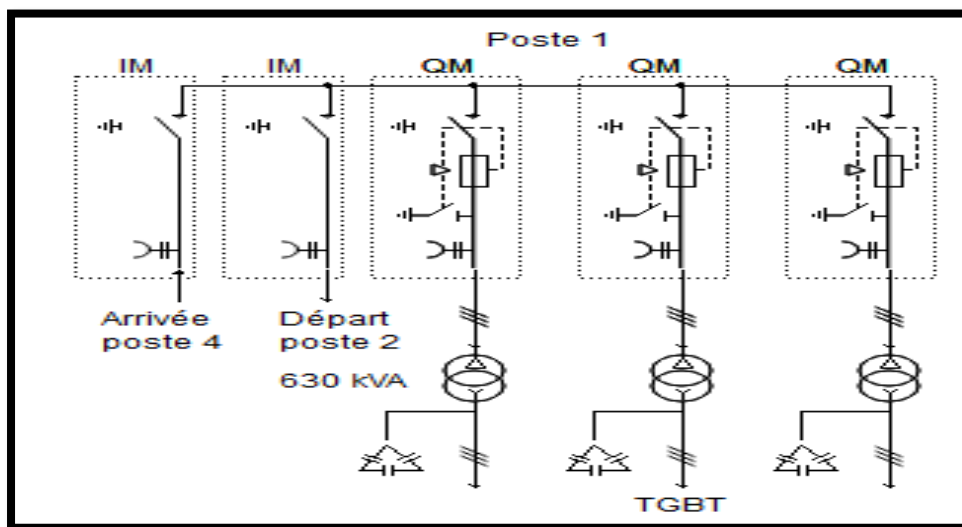


Figure 5 : Schéma unifilaire du poste 1

Les équipements du poste 1 sont montrés dans le tableau 1.

Désignations	Quantité
Cellule arrivée/départ type IM + relais Vigirex RH 110 MG	2
Cellule de protection transformatrice type QM + fusible 40A	3
Transformateur de 630 KVA, neutre à la terre	3
TGBT (Compensation intégrée)	1
Chargeur 24V	1
Armoire signalisation M (DGPT2/3TR)	1

Tableau 1 : Equipement du poste 1

2.2 Poste de transformation 2 : équipements

Situé au niveau du sous-sol bâtiment G (Hôpital mère et enfant) Assure l'alimentation en énergie électrique pour le bâtiment G. La figure 7 montre le schéma unifilaire du poste 2.

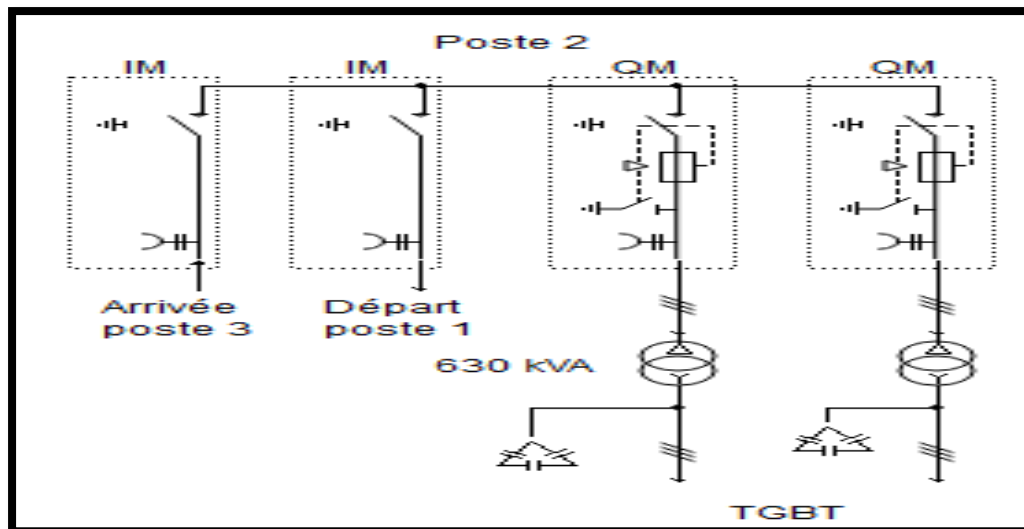


Figure 6 : Schéma unifilaire du poste 2

Les équipements du poste 2 sont montrés dans le tableau 2.

Désignations	Quantité
Cellules arrivée/départ type IM	2
Cellules de protection transformatrice type QM avec fusible de 40A	2
TGBT (Compensation intégrée)	1
Chargeur 24V	1
Armoire signalisation DGPT2/ TR2	1
Transformateur, neutre à la terre	2

Tableau 2 : Equipement du poste 2

2.3 Poste de transformation 4 : équipements

Situé à côté des locaux techniques (bâtiment T), il est destiné pour l'alimentation de toutes les installations techniques. La figure 8 montre le schéma unifilaire du poste 4.

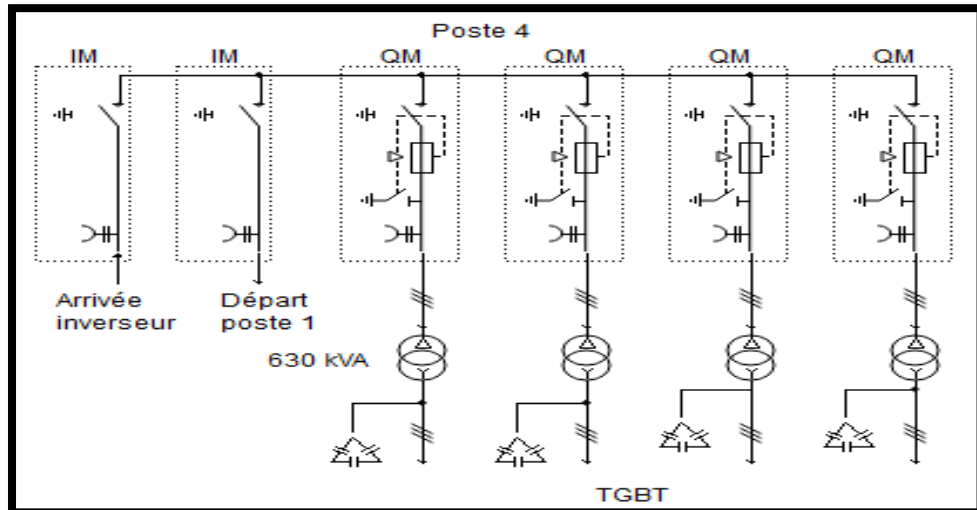


Figure 7 : Schéma unifilaire poste 4

Les équipements du poste 4 sont montrés dans le tableau 3.

Désignation	Quantité
Cellules arrivée/départ type IM	2
Cellules de protection type QM	4
Transformateur, neutre à la terre	4
TGBT (Compensation intégrée)	1
Chargeur 24V	1
Armoire de signalisation DGPT2/TR4	1

Tableau 3 : Equipement de poste 4

2.4 Poste de transformation 3 : équipements

Situé près des locaux techniques (bâtiment T), réservé pour alimenter la 2ème tranche (Oncologie, Médecine Nucléaire, Administration, Maison de vie, Internat. La figure 9 montre le schéma unifilaire du poste 3.

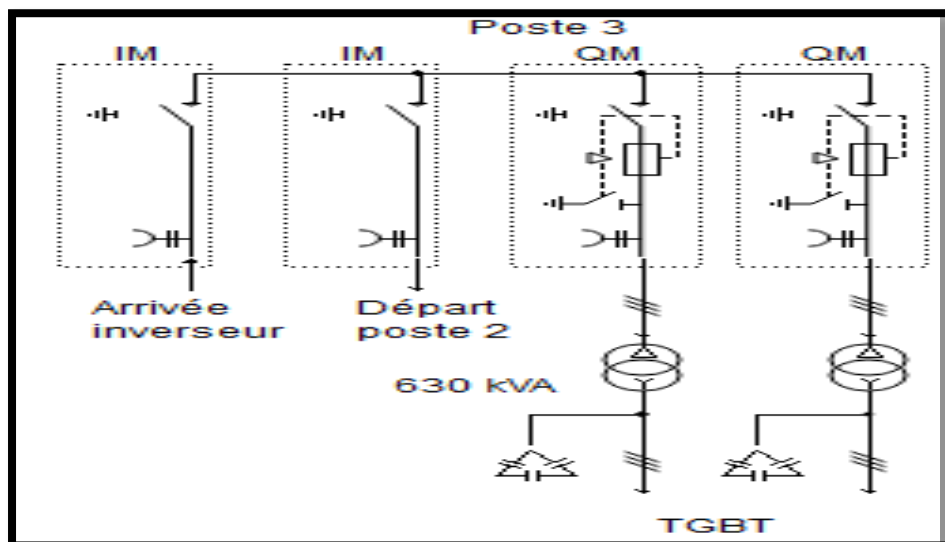


Figure 8 : Schéma unifilaire poste 3

Les équipements du poste 3 sont montrés dans le tableau 4.

Désignations	Quantité
Cellules Départ /Arrivée type IM	2
Cellules de protection, avec fusible 40A type QM	2
Transformateur	2
Armoire de compensation	1
TGBT (compensation intégrée)	1
Armoire de signalisation DGPT2/TR4	1

Tableau 4 : Equipement du poste 3

3. Tableau général basse tension (TGBT)

L'armoire de distribution de type TGBT (Tableau Général Basse Tension) assure la fonction de distribution électrique alimentant les différents équipements de l'hôpital. Il pilote le démarrage ou l'arrêt des groupes électrogènes lorsqu'il détecte une absence ou présence de tension du réseau local en un temps très court grâce au système d'inverseurs normal/secours.

la figure 10 représente une photo TGBT.



Figure 9 : photo TGBT

Une panne dans l'armoire TGBT prive l'établissement de santé d'électricité. Il doit donc être protégé contre les foudres compte tenu de sa sensibilité. Le TGBT est composé de disjoncteurs de commande. Son exploitation et sa maintenance doivent être effectuées avec le minimum de perturbations pour les utilisateurs.

4. Les régimes de neutres

L'absence d'une liaison avec la prise de terre représente un danger ; pour cela la norme définit trois régimes de neutre qui sont cités dans le tableau 5.

1 ^{ère} lettre : neutre du transformateur		2 ^{ème} lettre : masse des appareils	
Raccordé à la terre	T	T	Raccordées à la terre
Isolé de la terre	I	T	Raccordées à la terre
Raccordé à la terre	T	N	Raccordées au neutre

Tableau 5 : le "régime de neutre" : TT, TN ou IT

L'installation électrique de l'hôpital CHU dispose de deux régimes de neutre :

Régime TN :

Ce régime de neutre signifie :

- neutre à la terre coté transformateur de distribution ("T").
- masse reliée au neutre coté utilisateur ("N").

Il existe 2 régimes TN :

- TNC : Le neutre (N) et le conducteur de protection (PE) sont confondus comme le montre la figure 11. Ce régime est interdit pour des sections de câbles inférieures à 10 mm². En effet, la tension entre les extrémités du conducteur de protection doit rester aussi faible que possible.

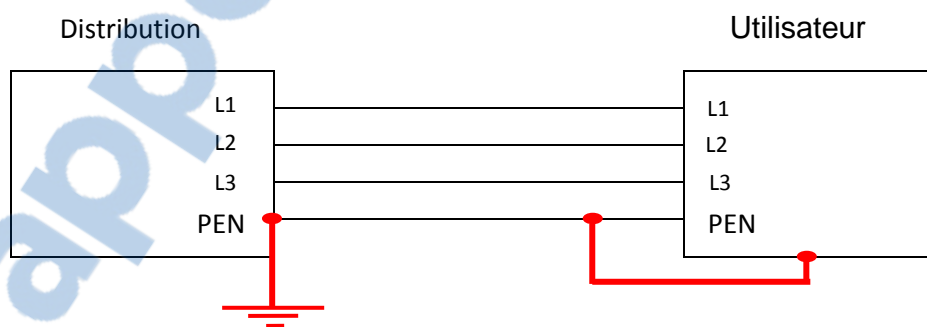


Figure 10 : régime TNC

- TNS : Le neutre (N) et le conducteur de protection (PE) sont séparés.

Le régime TNC est le régime utilisé dans le CHU pour toutes les installations sauf les blocs opératoires.

Régime IT : (régime utilisé pour les blocs opératoires)

Ce régime de neutre signifie :

- neutre isolé coté transformateur de distribution ("T").
- masse reliée à la terre coté utilisateur (2ème "T").

5. Groupe froid : principe

La production du froid pour le besoin de l'hôpital nécessite l'utilisation d'un groupe capable d'extraire la chaleur du milieu à refroidir. Ce groupe est composé de 24 condenseurs à ventilation forcée, une sortie et une entrée d'eau. Au CHU il existe deux groupes froids.

La figure 12 correspond à une photo du groupe froid.



Figure 11 : Groupe froid

L'eau entrée est refroidi grâce au contact séparé avec le liquide frigorigène. Ce contact permet à l'eau de céder sa chaleur par l'évaporateur tout en garantissant l'équilibre thermique avec le liquide frigorigène. L'eau glacée délocalise vers les services à travers un circuit appelé circuit de sortie équipé d'un pressostat. Maintenant le liquide est dans l'état gazeux et il est en basse pression il passe ensuite dans le compresseur qui aspire et refoule toujours le réfrigérant en phase vapeur. Pour élever sa pression ce mécanisme de compression peut produire des impuretés nécessitant l'utilisation d'un séparateur d'huile. Pour rendre le gaz liquide, il doit forcément passer par un condenseur à ventilation forcée, ensuite le liquide frigorigène (haute pression) passe par le filtre d'eau pour séparer les gouttes d'eau produites lors de la condensation du liquide frigorigène. Le liquide n'est réutilisé que s'il est en basse

pression grâce au détendeur. L'eau traitée est recyclé afin de garantir un refroidissement continu. Le cycle de refroidissement de l'eau est montré dans la figure 13.

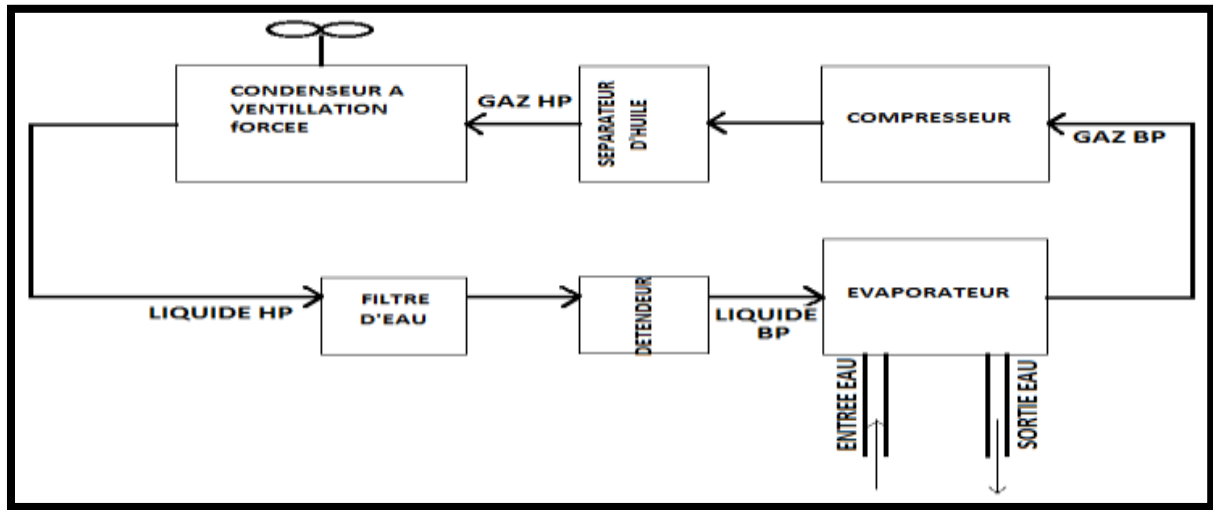


Figure 12 : Cycle de refroidissement de l'eau

6. Centrale de traitement d'air (CTA) : fonctionnement

L'air neuf est entré à travers les volets d'air, il passe par les filtres puis il se dirige vers les batteries ou les échangeurs thermiques, ces échangeurs permettent d'obtenir la température prescrite de l'air ambiant. Il existe deux types de batterie :

- Batterie froide : elle est alimentée en eau froid d'où le refroidissement d'air.
- Batterie chaude : elle est alimentée en eau chaud, elle assure le préchauffage de l'air par conduction ou convection en cas de besoin.

La figure 14 représente une photo de CTA existe dans le CHU.



Figure 13 : CTA

Rapport-gratuit.com

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MEMOIRE



7. Armoires recycleurs

Vu que l'on travaille au milieu hospitalier, les armoires recycleurs représentent une partie essentielle du réseau de climatisation, en effet ces dernier alimente en air conditionné les blocs opératoires et d'autres endroits cruciaux du CHU dites zones à risques, tel que la pharmacie où sont stockés les médicaments ou encore la morgue.

Les armoires recycleurs (voir annexe 1) dont dispose le CHU offrant une plage de débit d'air allant de 1000 à 20000 m^3/h et de pression allant jusqu'à 1500 Pa. Equipée d'une batterie à eau glacée et de filtre à particule de type F9, les armoires recycleurs sont pilotées via un coffret de régulation maintenant ainsi une température dans les blocs fidèle à une consigne voulue.

Chapitre III

Bilan sur les factures

MT

1. Mode de facturation MT GENERAL

La facturation MT couvre l'ensemble des opérations effectuées, en vue de l'établissement des factures MT correspondant à une période mensuelle de consommation d'électricité. La facture est basée sur le relevé mensuel des compteurs numériques. Ces compteurs sont programmés pour mémoriser les index anciens et nouveaux.

1.1 Les éléments de la facture

Le montant à facturer à chaque client MT pour ses consommations mensuelles d'électricité, est la somme des redevances calculées en fonction des éléments suivants :

- **La consommation facturée.**
- **L'option tarifaire :** MT GENERAL.
- **La puissance souscrite :** une caractéristique du contrat de fourniture d'électricité. Il s'agit d'une indication de puissance maximale qui ne doit pas être franchie.
- **La puissance appelée :** C'est la puissance maximale demandée par le client.
- **Le facteur de puissance :** C'est le quotient de la puissance active consommée par l'installation sur la puissance apparente fournie à l'installation.
- **Les redevances de comptages.**

1.2 Tarif général MT

La tarification de la **RADEEF** est définie dans le cadre de la politique énergétique nationale, elle doit englober toutes les charges d'investissement et d'exploitations relatives à la production de l'électricité .Cette tarification actuelle présente trois postes horaires durant douze mois. Le tableau 6 montre les postes horaires pendant l'hiver et l'été.

Postes Horaires	Hiver Du 01/10 au 31/03	Eté Du 01/04 au 30/09
Heures de pointe (HP)	17h à 22h	18 h à 23h
Heures normales (HN)	07h à 17h	07h à 18h
Heures Creuses (HC)	22h à 07h	23h à 07h

Tableau 6 : les postes horaires

Le tableau 7 définit les prix de l'électricité par poste horaire.

		Du 01/01/2012 au 31/12/2012	Du 01/01/2013 au 31/12/2013	Du 01/01/2014 au 31/07/2014	Du 01/08/2014 au 31/12/2014
Prime Fixe En DH/KVA/An		334,57	334,57	334,57	337,9
Redevances de consommation RC En DH/KWh	Heures de pointes	1,075880	1,075880	1,075880	1,152630
	Heures normales	0,706230	0,706230	0,706230	0,760960
	Heures creuses	0,459570	0,459570	0,459570	0,487540

Tableau 7 : comparatif des prix de l'électricité par poste horaire

1.2.1 Redevances de Consommation (RC)

La redevance de consommation est facturée mensuellement comme suit :

$$RC = (\text{prix HP} \times \text{cons HP}) + (\text{prix HN} \times \text{cons HN}) + (\text{prix HC} \times \text{cons HC}) \quad (1)$$

- Où :
- Prix HP: Prix du KWH pendant les heures de pointes ;
 - Prix HN: Prix du KWH pendant les heures normales ;
 - Prix HC: Prix du KWH pendant les heures creuses ;
 - Cons HP: Energie active consommée pendant les heures de pointes ;
 - Cons HN: Energie active consommée pendant les heures normales ;
 - Cons HC: Energie active consommée pendant les heures creuses ;

1.2.2 Redevances de puissance (RP)

La redevance de puissance (RP) est facturée mensuellement en fonction de la puissance souscrite selon la formule suivante :

$$RP = \frac{PF}{12} \times PS \quad (2)$$

- Avec
- PF : Prime fixe annuelle ;
 - PS : Puissance souscrite ;

1.2.3 Dépassement des puissances souscrites

La puissance appelée par l'hôpital ne doit pas dépasser la puissance souscrite, au cas de dépassement de cette puissance l'hôpital paye une pénalité.

Au cours d'un mois, il est possible que la consommation mensuelle dépasse la valeur de la puissance souscrite (PS). Tout dépassement de la (PS) est passible d'une redevance dite de dépassement de puissance souscrite (RDPS) déterminée comme suit :

$$RDPS = 1.5 \times \frac{PF}{12} \times (PA - PS) \quad (3)$$

Où : PA : puissance maximale appelée pendant le mois ;

1.2.4 Majoration pour facteur de puissance inférieur à 0.8 (Maj. (cosφ))

Si au cours d'un mois de facturation, le facteur de puissance moyen mensuel est inférieur à 0.80.

Le montant total des redevances dues par le client au titre de sa consommation mensuelle sera majoré de 2%, pour chaque centième d'insuffisance du facteur de puissance constaté.

$$\text{Maj. (cos } \varphi) = 2 \times [0,8 - (\text{cos } \varphi)] \times (RC \times RP \times RDPS) \quad (4)$$

2. Analyse des factures (2012-2013-2014)

2.1 Tableaux récapitulatifs des consommations

Les trois tableaux 8-a, 8-b, 8-c représentent le récapitulatifs des consommations des trois années.

2012	Heures Normales (Kwh)	Heures Pointe (Kwh)	Heures Creuses (Kwh)	Total (kwh)	cos φ	Puissance Appelée (KVA)
Janvier	251180	114420	183940	549540	1	1240
Février	250596	113587	179651	543834	1	1220
Mars	251660	112000	180580	544240	1	1560
Avril	308400	126880	182320	676180	1	1520
Mai	344840	137560	190240	672640	1	1660
Juin	475080	191700	265340	932120	0,99	1879
Juillet	511580	209960	296640	1018180	0,99	1919
Août	504040	218700	297900	1020640	0,98	1939
Septembre	369380	147880	209180	726440	0,98	1755,1
Octobre	354440	161780	254580	770800	1	1400
Novembre	222740	104800	150280	477820	1	1180
Décembre	298000	136260	224840	659100	1	1280
Total (kwh)	4141936	2615491	1775527	8591534	-	-
Total (DH)	2918803,37	1211192,57	1926043,43	6056039,37	-	-
% en(KWH)	48%	31%	21%	100%	-	-
% en (DH)	48%	30%	22%	100%	-	-

2013	Heures Normales (KWh)	Heures Pointe (KWh)	Heures Creuses (KWh)	Total (KWh)	COS φ	Puissance Appelée (KVA)
Janvier	241900	114040	181920	537860	1	1140
Février	289640	132400	224940	646980	1	1160
Mars	228740	109180	173720	511640	1	1180,03
Avril	329020	140720	206440	676180	1	1180
Mai	292540	120640	169260	582440	1	1680
Juin	429800	174060	250860	854720	0,95	1747,37
Juillet	401360	173380	237500	812240	0,99	1898,99
Août	525040	227480	324920	1077440	0,98	2061,22
Septembre	354600	149420	207400	711420	0,99	1595,96
Octobre	360420	169220	284040	813680	0,99	1434,34
Novembre	228840	111120	174220	514180	1	1160
Décembre	259600	121400	193620	574620	1	1140,01
Total (kWh)	3941500	2628840	1743060	8313400	-	-
Total (DH)	2783605,53	1208136	1875323,38	5867064,91	-	-
% en(KWH)	47%	32%	21%	100%	-	-
% en (DH)	47%	21%	32%	100%	-	-

2014	Heures Normales (KWh)	Heures Pointe (KWh)	Heures Creuses (KWh)	Total (KWh)	COS φ	Puissance Appelée (KVA)
Janvier	247340	113600	180480	541420	1	1120
Février	227160	101520	162980	491660	1	1060
Mars	247020	113020	183680	543720	1	1040
Avril	279380	112440	162140	553960	1	1260
Mai	336120	138440	199340	673900	1	1400
Juin	313840	130860	186320	631020	1	1280
Juillet	351960	151020	215740	718720	1	1580
Août	385460	165260	218740	769460	0,99	1636,36
Septembre	358900	149840	209900	718640	0,99	1656,57
Octobre	316960	148660	241740	707360	0,99	1414,14
Novembre	240420	113440	181200	535060	1	1140
Décembre	279220	129220	204860	613300	1	1220
Total (kWh)	3583780	2347120	1567320	7498220	-	-
Total (DH)	2617498,88	1108214,56	1740466	5466179,44	-	-
% en(KWH)	48%	31%	21%	100%	-	-
% en (DH)	48%	20%	32%	100%	-	-

Tableaux 8-a, 8-b, 8-c : récapitulatifs des consommations

L'analyse de ces tableaux nous permet de déduire les conclusions suivantes :

- La consommation moyenne (2012) est de 711079 kWh/mois avec des pics à plus de 1 000 000 kWh pendant les mois de juillet et août, ainsi la puissance appelée est en moyenne de 1537 KVA.
- La consommation moyenne (2013) est de 692783 kWh/mois avec des pics à plus de 1 000 000 kWh pendant le mois d'août, ainsi la puissance appelée est en moyenne de 1448KVA.
- La consommation moyenne (2014) est de 624852 kWh/mois avec des pics qui ne dépassent pas 800 000 kWh en été, ainsi la puissance appelée est en moyenne de 1317 KVA.
- la puissance souscrite est fixée en 1200 KVA.
- Le taux d'exploitation des trois années des heures normales et le plus élevée par rapport aux heures creuses et pointes. Pour le taux de consommation on remarque un changement au niveau de ces dernières entraînant une mauvaise gestion des heures creuses et pointes.

Il est à noter qu'en été la consommation augmente du fait de la mise en marche des groupes froids pour la climatisation des bâtiments.

D'après les valeurs qu'on a prise, on peut dire que celles d'une seule année ne sont pas suffisantes pour avoir une idée claire sur le comportement d'exploitation de la puissance ; ce qui justifie notre choix de faire l'étude sur trois années.

2.2 Graphe d'évolution de la puissance appelée durant les années (2012, 2013, 2014)

La figure 16 montre l'évolution de la puissance appelée durant les trois années.

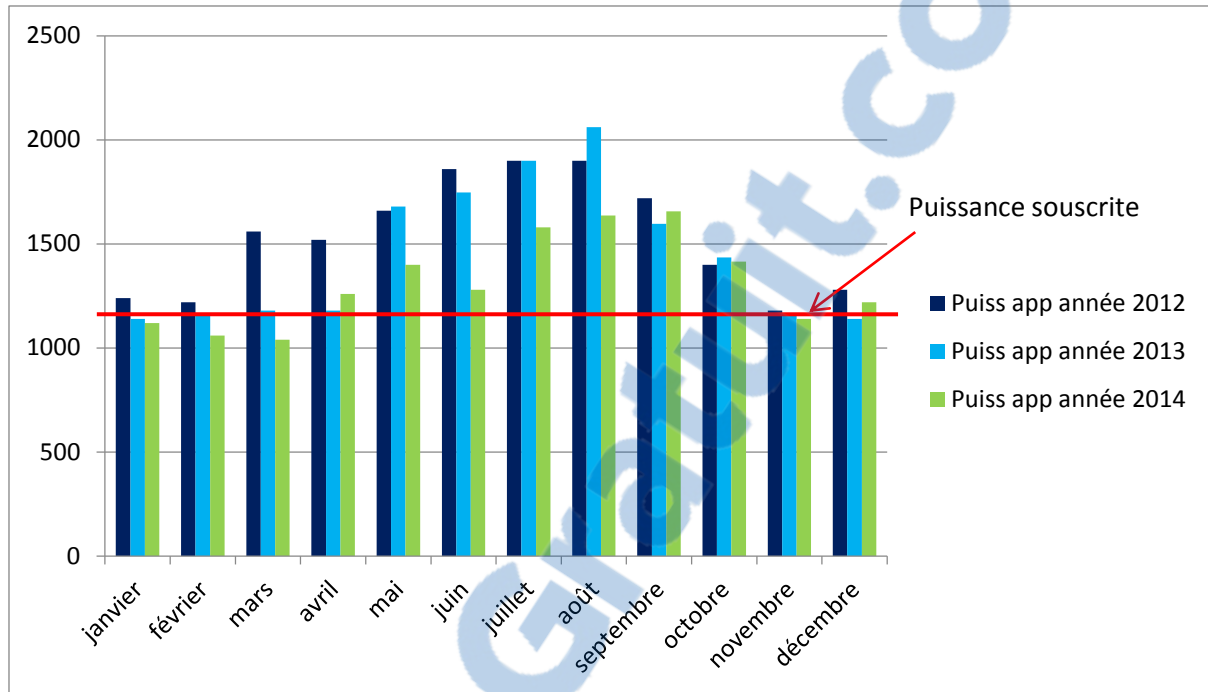


Figure 14 : Puissance Appelée(KVA) =f (mois) en (2012, 2013, 2014)

L'analyse permet de remarquer :

- Durant l'année 2012, le CHU a dépassé la puissance souscrite dans toute l'année sauf novembre impliquant le paiement de pénalités.
- Durant l'année 2013, le CHU a dépassé la puissance souscrite dans les mois : mai, juin, juillet, août, septembre et octobre impliquant le paiement de pénalités.
- Durant l'année 2014, le CHU a dépassé la puissance souscrite dans les mois : avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre et décembre impliquant le paiement de pénalités.

2.3 Analyse du facteur de puissance $\cos \varphi$

On calcule le Facteur de puissance par la relation suivante :

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (5)$$

Avec $P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \varphi \quad (6)$

$$S = \sqrt{3} \times U \times I \quad (7)$$

U : la tension entre phase et neutre

I : le courant consommé par phase

2.3.1 Conséquence d'un faible facteur de puissance

Un faible facteur de puissance cause plusieurs conséquences, à la fois pour le producteur d'énergie et le consommateur.

Producteur :

- Surdimensionnement des transformateurs, des lignes et des appareils de coupure, etc...
- Réduction de la capacité du réseau électrique.
- Augmentation des pertes en ligne, puisque proportionnelle au carré du courant appelé.

Consommateur (hôpital) :

- Pénalité.
- Investissement plus important pour le transformateur et les câbles.

2.3.2 Apport de l'amélioration du facteur de puissance

Il existe des avantages pour un bon facteur de puissance.

Producteur :

- Réduction des pertes en ligne : durée de vie des équipements

Installation :

- Réduction des pertes dans les câbles et les transformateurs.
- Optimisation des équipements existants (transformateur...), soulagement de quelques équipements.
- Investissement approprié en équipement transformateur, câble....
- la suppression de la facturation d'énergie réactive.

En pratique la présence des convertisseurs électrique de puissance, dans l'environnement des machines statiques et tournantes, produit des harmoniques, et par conséquence le facteur de puissance n'est plus directement égal à $\cos \varphi$:

$$F_p = \lambda \times \cos \varphi \quad (8)$$

Avec λ : facteur de déformation

2.3.3 Le graphe d'évolution de $\cos \varphi$ durant les trois années (2012, 2013,2014)

Le comportement de $\cos \varphi$ durant les trois années est montré dans la figure 17.

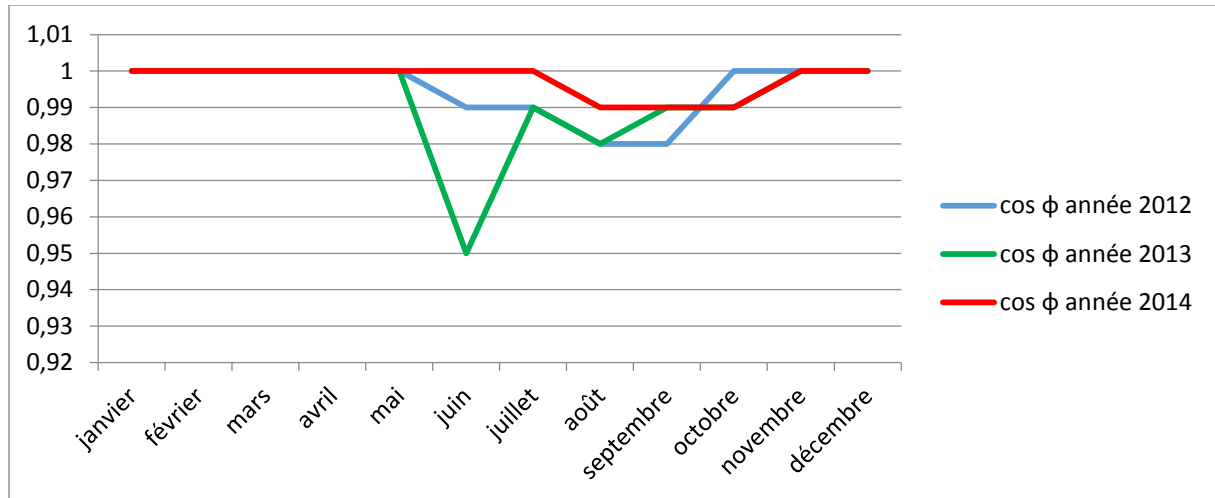


Figure 15 : $\cos \varphi = f(\text{mois})$ en (2012, 2013,2014)

On remarque que le $\cos \varphi$ est très bon ($>0,8$ d'après les normes) à l'aide des batteries condensateurs qui compense l'énergie réactive. Il n'y aura pas de pénalité de $\cos \varphi$, mais il est préférable de le maintenir à 1 pour éviter l'énergie réactive cumulée.

3. Problème au niveau de la puissance souscrite

3.1 Modification de la puissance souscrite

La modification de la puissance souscrite à condition de la garder dans une marge correcte pour éviter les pénalités (dépassement), est une action qui permet de réduire le coût de la facture d'électricité sans investissement.

On a essayé de chercher une nouvelle puissance à souscrire de sorte que les pénalités diminuent.

D'abord il faut savoir que Le distributeur d'énergie électrique **RADEEF** propose des tarifs de facturation différents suivant la consommation de l'abonné. Pour le CHU, les tarifs sont :

- **27,88 DH** : prix unitaire mensuelle d'un KVA de la puissance apparente souscrite.
- **41.88 DH** : prix unitaire mensuelle d'un KVA de la puissance apparente dans le cas du dépassement de la puissance souscrite.
- **T.V.A (14%** de la consommation d'énergie).
- Primes fixes.



Pour obtenir la nouvelle puissance souscrite optimale, on a utilisé un outil du logiciel Excel qui s'appelle **SOLVER** ; Cet outil a pour but de calculer automatiquement la valeur optimale en entrant la formule (3) qui concerne RDPS. Le gain annuel de l'année 2012 est montré dans le tableau 9.

PF (DH/KVA/an)	334,57	P. Souscrite(KVA)	Actuelle	Optimale
			1200	1363,467147
Mois	PA. Max	RDV dép. /m	Rdv.dep/m	Rdv.dep/m
Janvier	1240		1672,85	0
Février	1220		836,425	0
Mars	1560		15055,65	8219,249583
Avril	1520		13382,8	6546,399583
Mai	1660		19237,775	12401,37458
Juin	1879		28396,62875	21560,22833
Juillet	1919		30069,47875	23233,07833
Août	1939		30905,90375	24069,50333
Septembre	1755,1		23214,97588	16378,57546
Octobre	1400		8364,25	1527,849583
Novembre	1180		0	0
Décembre	1280		3345,7	0
Rdv dép. /a(DH)			174482,4371	113936,2588
RDV Totale (DH)			575966,44	570111,4621
Gain annuel (DH)				
5854,975				

Tableau 9 : puissance optimale et gain annuel(DH) pour l'année 2012

Le tableau ci-dessus présente la puissance appelée et les redevances de dépassement de chaque mois de l'année 2012. Sachant que la puissance souscrite est : 1200 KVA, d'après le calcul on a trouvé que la puissance **1363** KVA est celle qui engendre moins de pénalités. En la comparant avec 1200 KVA nous obtenons un gain de : **5855 DH/an**.

Si on applique cette puissance souscrite optimale aux années 2013 et 2014, les pertes seront de **7184 DH/an**.

Pour avoir une idée globale et précise il faut chercher une puissance souscrite optimale valable pour les années (2012, 2013,2014) comme le montre le tableau 10.

Année	mois	P.A	P.F	P.S. Actuelle 1200			P.S. Optimale 1219,999831		
				rdv fixe	rdv dép.	rdv mens	rdv fixe	rdv dép.	rdv mens
2012	janvier	1240	334,57	33457	1672,85	35129,85	34014,612	836,4320676	34851,044
	février	1220	334,57	33457	836,425	34293,43	34014,612	0,007067556	34014,619
	mars	1560	334,57	33457	15055,65	48512,65	34014,612	14219,23207	48233,844
	avril	1520	334,57	33457	13382,8	46839,8	34014,612	12546,38207	46560,994
	Mai	1660	334,57	33457	19237,775	52694,78	34014,612	18401,35707	52415,969
	Juin	1878,79	334,57	33457	27602,025	61059,03	34014,612	26765,60707	60780,219
	juillet	1919,19	334,57	33457	29274,875	62731,88	34014,612	28438,45707	62453,069
	août	1938,78	334,57	33457	29274,875	62731,88	34014,612	28438,45707	62453,069
	septembre	1755,1	334,57	33457	21747,05	55204,05	34014,612	20910,63207	54925,244
	octobre	1400	334,57	33457	8364,25	41821,25	34014,612	7527,832068	41542,444
	novembre	1180	334,57	33457	0	33457	34014,612	0	34014,612
	décembre	1280	334,57	33457	3345,7	36802,7	34014,612	2509,282068	36523,894
2013	janvier	1140	334,57	33457	0	33457	34014,612	0	34014,612
	février	1160	334,57	33457	0	33457	34014,612	0	34014,612
	mars	1180,03	334,57	33457	0	33457	34014,612	0	34014,612
	avril	1180	334,57	33457	20074,2	53531,2	34014,612	19237,78207	53252,394
	mai	1680	334,57	33457	22891,69761	56348,7	34014,612	22055,27968	56069,8916
	juin	1747,37	334,57	33457	29232,63554	62689,64	34014,612	28396,21761	62410,8296
	juillet	1898,99	334,57	33457	36017,29693	69474,3	34014,612	35180,87899	69195,4909
	août	2061,22	334,57	33457	16559,54215	50016,54	34014,612	15723,12422	49737,7362
	septembre	1595,96	334,57	33457	9800,391725	43257,39	34014,612	8963,973793	42978,5857
	octobre	1434,34	334,57	33457	0	33457	34014,612	0	34014,612
	novembre	1160	334,57	33457	0	33457	34014,612	0	34014,612
	décembre	1140,01	334,57	33457	0	33457	34014,612	0	34014,612
2014	janvier	1120	334,57	33457	0	33457	34014,612	0	34014,612
	février	1060	334,57	33457	0	33457	34014,612	0	34014,612
	mars	1040	334,57	33457	0	33457	34014,612	0	34014,612
	avril	1260	334,57	33457	2509,275	35966,28	34014,612	1672,857068	35687,469
	mai	1400	334,57	33457	8364,25	41821,25	34014,612	7527,832068	41542,444
	juin	1280	334,57	33457	3345,7	36802,7	34014,612	2509,282068	36523,894
	juillet	1580	334,57	33457	15892,075	49349,08	34014,612	15055,65707	49070,269
	août	1636,36	337,9	33790	18430,7555	52220,76	34353,1619	17586,01264	51939,1745
	septembre	1656,57	337,9	33790	19284,37538	53074,38	34353,1619	18439,63251	52792,7944
	octobre	1414,14	337,9	33790	9044,73825	42834,74	34353,1619	8199,995388	42553,1573
	novembre	1140	337,9	33790	0	33790	34353,1619	0	34353,1619
	décembre	1220	337,9	33790	844,75	34634,75	34353,1619	0,0071379	34353,169
				RDV 3 années	1588203		RDV 3 années	1587360,99	
				Gain annuel					
				280,6559618 DH					

Tableau 10 : puissance optimale et gain annuel(DH) pour les années (2012, 2013,2014)

On peut constater d'après ce tableau récapitulatif que la puissance souscrite optimale de 1220 KVA est très proche de celle choisie par le CHU donnant un faible gain de 300 DH/an. Cela montre que la puissance souscrite de 1200 KVA est une valeur optimale.

Chapitre IV

Solutions proposées

1. Action sur les transformateurs

1.1 Principe

La charge de l'installation électrique du CHU est répartie sur onze transformateurs comme le montre la figure 18.

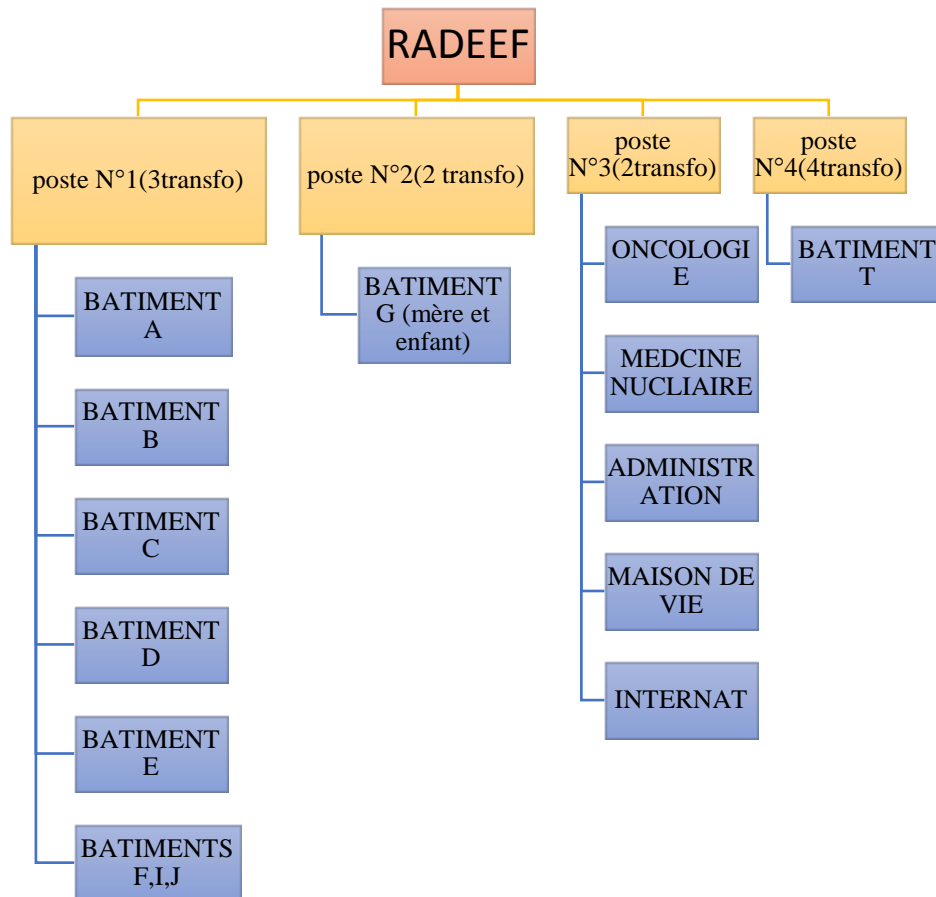


Figure 16 : Répartition des postes transformateurs

Dans cette partie on va étudier le comportement des transformateurs en se basant sur des mesures et des données qu'ont été relevées à partir de chaque poste transformateur durant une heure. On utilise le CVM-96 (voir annexe 2) qui est un instrument de mesure programmable, offrant plusieurs possibilités de fonctionnement sélectionnables dans son option SET-UP. Il mesure, calcule et affiche tous les principaux paramètres électriques de tout réseau électrique (équilibré ou non).

1.2 Tables des mesures

Le tableau 11 représente les mesures qu'on a relevées du poste 1 transformateur 1 durant une heure.

	U			I			P			Q			THD(v)		
	U1	U2	U3	I1	I2	I3	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3	L1	L2	L3
T1;10:30	396,8	394,5	396,2	295,8	279,4	293	66	60	64,8	15,8	19,4	16,8	3,1	2,8	2,6
T1;10:40	397,5	395,4	396,8	294,8	269,4	294,8	66,4	58,2	64,8	16,2	19,2	17,8	3,1	2,8	2,6
T1;10:50	396,8	394,2	395,8	296,6	298,2	310	67,2	64	69	15,8	18,6	18	2,9	2,7	2,5
T1;11:00	400	397,4	398,8	289,8	269,4	306,8	63	57	68,6	18,4	17,6	19	3,1	2,9	2,8
T1;11:10	399,6	396,7	398,4	271,6	270	308,4	61,6	59	69,4	17,8	17,2	19	3	2,7	2,6
T1;11:20	399,8	396,4	398,1	284,6	258,8	313,6	62,4	56,4	69	18	16,8	17,8	3,2	2,7	2,6
T1;11:30	400,1	397,4	399	307,6	285,4	326,2	68,6	62,2	71,6	17,8	19,8	19,6	3,3	3	2,8
MIN	396,8	394,2	395,8	271,6	258,8	293	61,6	56,4	64,8	15,8	16,8	16,8	2,9	2,7	2,5
MAX	400,1	397,4	399	307,6	298,2	326,2	68,6	64	71,6	18,4	19,8	19,6	3,3	3	2,8
MOY	398,7	396	397,6	291,5	275,8	307,5	65,03	59,54	68,17	17,11	18,37	18,29	3,1	2,8	2,643

	THD(A)			COS ϕ			P Tot	Ql	Qc	COS ϕ _tot	f
	L1	L2	L3	L1	L2	L3					
T1;10:30	10,1	9,8	8,4	0,97	0,95	0,97	189,4	52	0	0,96	50
T1;10:40	7,2	8,5	7,1	0,97	0,95	0,96	189	53,4	0	0,96	50
T1;10:50	9,3	7,3	7,3	0,97	0,95	0,96	189,2	55,4	0	0,96	50
T1;11:00	8,7	7,6	6,5	0,96	0,96	0,96	198,2	55,2	0	0,96	50
T1;11:10	8,3	8	7,9	0,95	0,95	0,96	192	55	0	0,96	50
T1;11:20	7,9	8,2	6,8	0,96	0,95	0,97	190,4	52,8	0	0,96	50
T1;11:30	8,5	8,3	7,1	0,97	0,95	0,96	207,6	57,2	0	0,96	50
MIN	7,2	7,3	6,5	0,95	0,95	0,96	189	52	0	0,96	
MAX	10,1	9,8	8,4	0,97	0,96	0,97	207,6	57,2	0	0,96	
MOY	8,571	8,243	7,3	0,964	0,951	0,963	193,685714	54,4285714	0	0,96	

Tableau 11 : les mesures au niveau des postes 1 transformateur 1

Les tableaux de mesures des autres postes transformateurs sont cités dans l'annexe 3.

1.3 Analyse des données

1.3.1 Contrôle de la qualité de l'énergie électrique

Pour faire un contrôle de qualité de l'énergie électrique on a pris en considération quatre éléments, pour lesquels ils existent des normes électriques à respecter comme le montre le tableau 12.

les éléments	norme à vérifier	
Variation de tension	(400 \pm 10%) V	
Variation de fréquence	(50 \pm 4%) Hz	
Déséquilibre des phases (tension)	\leq 2%	
THD	V	\leq 5%
	A	\leq 10%

Tableau 12 : les normes électriques pour chaque élément

Le tableau 13, illustre le respect ou non des normes par les transformateurs de chaque poste.

Poste transformateur		Variation de tension	Variation de fréquence	Déséquilibre des phases De tension	THD		Q	
					V	A	$0 \leq Q \leq 40$	$-40 \leq Q \leq 0$
1	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3	-	-	-	-	-	-	-
2	1	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓
	2	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓
4	1	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
	2	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
	3	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
	4	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓

✓ : respecté

X : non respecté

Tableau 13 : vérification des normes au niveau de chaque poste

On a calculé le déséquilibre des phases à l'aide d'une application dans Excel. Les mesures ne dépassent pas 0.5% qui est inférieure à la norme exigée 2%.

D'après le tableau 13 on peut dégager les conclusions suivantes :

- Les postes 1,2 et 4 respectent les normes :-Variation de tension -Variation de fréquence -Déséquilibre des phases ce qui signifie que la RADEEF a garanti la qualité de l'énergie électrique pour ces trois éléments.
- Le THD de tension respecte la norme exigée alors que celui du courant est important au niveau du poste 2 des transformateurs 1 et 2.
- On a pris les puissances réactives indiquées sur le tableau 13 pour diagnostiquer les batteries de compensation déjà installées aux TGBT. On note la présence d'un problème d'**insuffisance des batteries de compensation** dans le poste 4 pour les quatre transformateurs car l'énergie réactive est supérieure à 40 KVA.

1.3.2 Analyse des harmoniques

Selon le tableau 13 les charges polluantes qui causent la création d'harmoniques se situent au niveau du poste 2 des transformateurs 1et2.

Les solutions possibles pour atténuer les effets des harmoniques sont de deux natures :

- **Adaptation de l'installation du regroupement des charges polluantes :**

Pour établir un schéma unifilaire, il convient de séparer les équipements perturbateurs des autres. En pratique, on alimente les charges polluantes et non polluantes par des jeux de barres différents comme le montre la figure 19.

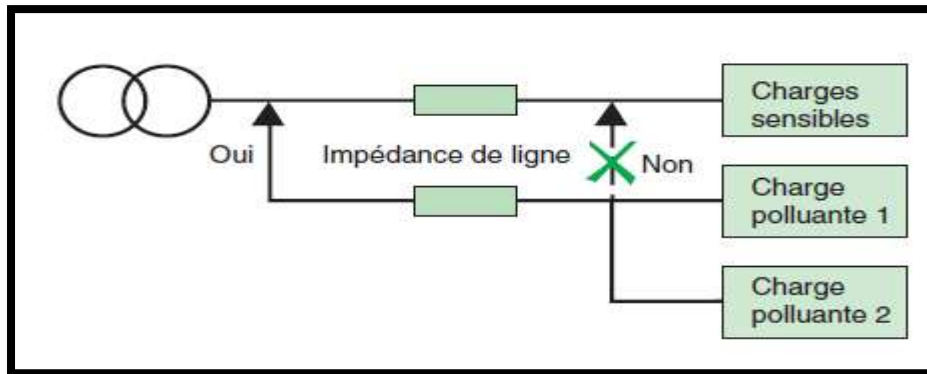


Figure 17 : Regroupement des charges non-linéaires

- **Filtrage :**

Dans le cas où les actions préventives ci-dessus sont insuffisantes, il est nécessaire d'équiper l'installation polluée de dispositif de filtrage.

Les filtres passifs constitués de bobines et de condensateurs configurés en circuits résonants accordés sur la fréquence d'un rang d'harmonique à éliminer. Le principe d'utilisation d'un filtre passif est montré dans la figure 20.

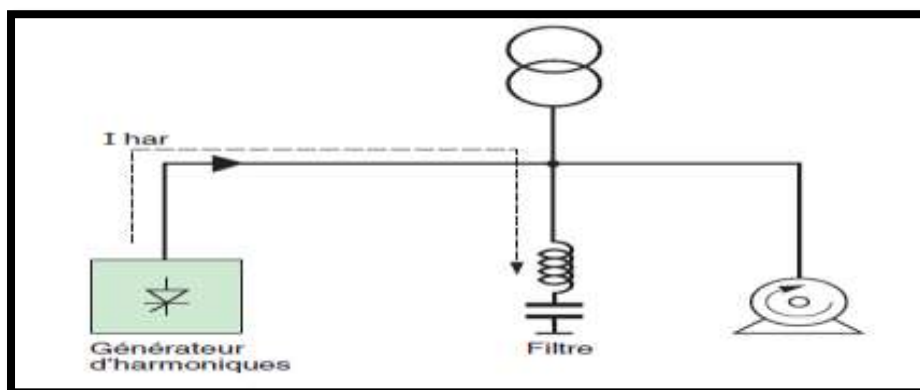


Figure 18 : Principe d'utilisation d'un filtre passif

D'après les mesures effectuées au niveau du poste 2, on a trouvé que le THD de courant est de 20%. On peut alors appliquer un **filtre passif** dans l'intervalle de fonctionnement

[10% ; 50%]. Au-delà d'un THD de 50%, il est indispensable d'utiliser les filtres actifs qui sont valables pour un THD supérieur à 50%.

1.4 Minimisation des pertes énergétiques au niveau des transformateurs

On peut aussi optimiser au niveau des transformateurs en agissant sur les pertes à vide et les pertes en charge. La figure 21 représente la plaque signalétique du transformateur.

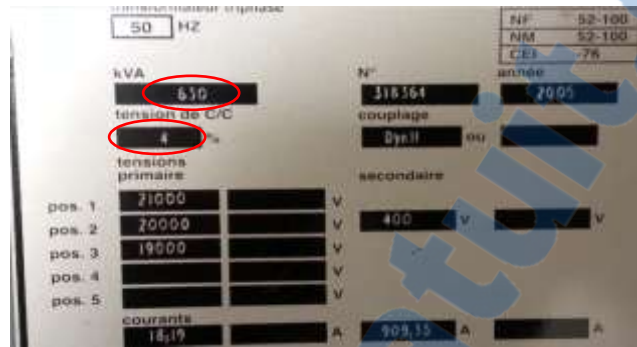


Figure 19 : plaque signalétique du transformateur

D'après la plaque signalétique du transformateur ci-dessus on peut tirer les informations suivantes :

- La puissance assignée du transformateur est de : 630 KVA.
- Pourcentage d'induction est de : 4%.

Ce transformateur est de classe C qui a pour pertes en charge 5400W et pertes à vide 860W.comme le montre le tableau 14.

Puissance évaluée (kVA)	Pertes en charge				Pertes à vide			
	À huile (HD428) jusqu'à 24kV ²			Sec (HD538) 12kV primaire	À huile (HD428) jusqu'à 24kV ²			Sec (HD538) 12kV primaire
	Liste A (W)	Liste B (W)	Liste C (W)	(W)	Liste A' (W)	Liste B' (W)	Liste C' (W)	(W)
630 / 4 % ³	6500	8400	5400	7300	1300	1030	860	1500
630 / 6 % ³	6750	8700	5600	7600	1200	940	800	1370

Tableau 14 : Pertes d'un transformateur

$$W_{à\ vide} = P_{à\ vide} \times 8760 \quad (9)$$

$P_{à\ vide}$: Correspond aux pertes à vide, exprimée en kW. Ce facteur est indiqué dans les spécifications techniques du transformateur dans le tableau 14.

8760 : correspond au nombre d'heures dans une année.

$$W_{en\ charge} = W_{à\ vide} + P_{en\ charge} \times L^2 \times 8760 \quad (10)$$

$P_{en\ charge}$: Correspond aux pertes en charge, exprimée en kW. Ce facteur est indiqué dans les spécifications techniques du transformateur dans le tableau 14.

L : correspond à la charge moyenne du transformateur, divisée par la charge maximale. Le tableau 15 montre le taux de charge au niveau de chaque transformateur.

LES POSTES		TAUX DE CHARGE
Poste 1	Transfo 1	32%
	Transfo 2	31%
	Transfo 3	31%
Poste 2	Transfo 1	12%
	Transfo 2	12%
Poste 4	Transfo 1	23%
	Transfo 2	25%
	Transfo 3	23%
	Transfo 4	24%
Poste 3	Transfo 1	19%
	Transfo 2	19%

Tableau 15 : Taux de charge au niveau de chaque transformateur

Le rendement est maximum pour un taux de charge de 40%. Quelque soit la puissance du transformateur, il existe un maximum entre le rendement et le taux de charge, en général aux alentours de 40%-50% de la charge nominale. Comme le montre la figure 22.

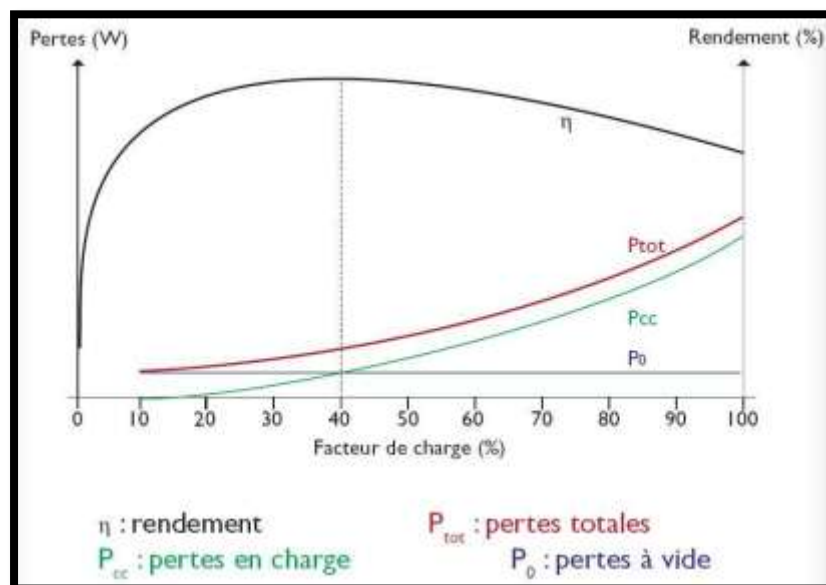


Figure 20 : Allure de rendement en fonction de la charge

Le taux des charges de nos transformateurs n'atteignent pas 40% ce qui nous permet de répartir les charges en éliminant quelques transformateurs au niveau des postes afin de minimiser les pertes et d'augmenter le rendement.

En utilisant le logiciel Excel on a calculé le gain au niveau de chaque poste en entrant les formules (9) et (10) (poste 4 par exemple) qui est cité dans le tableau 16.

Pour calculer le cout d'électricité/heure on a utilisé la formule (11)

$$\frac{\text{coût d'électricité}}{\text{heure}} = \frac{10 \times 0.70623 + 10 \times 0.45957 + 4 \times 1.07588}{24} \quad (11)$$

	actuelle	nouvelle
cout électricité/heure	0,665063333	0,665063333
charge poste	860	860
nombre transformateur	4	2
charge/transformateur	0,236289702	0,472579404
Pertes d'énergie à vide	30134,4	15067,2
Pertes d'énergie en charge	10564,4635	21128,92701
pertes	40698,8635	36196,12701
couts	27067,32182	24072,71688
	Gain(DH)	2994,604944

Tableau 16 : le gain annuel en éliminant deux transformateurs

Pour les quatre postes de transformations le gain trouvé est indiqué dans le tableau 17.

	Poste 1		Poste 2		Poste 3		Poste 4	
	actuel	nouveau	actuel	nouveau	actuel	nouveau	actuel	nouveau
Nombre transformateur	3	3	2	1	2	1	4	2
Gain(DH)	Pas de gain		4040		2800		3000	
Gain en énergie (KWh)	0		6074,45		4308,38		4502,73	
Gain total en énergie (KWh)	14885							
Gain total (DH/an)	9800							

Tableau 17 : récapitulatif des gains au niveau des transformateurs

2. Délestage par le groupe froid

2.1 Définition

Le délestage consiste à comparer automatiquement et en temps réel la puissance appelée à celle souscrite. Il commande le maintien ou la coupure momentanée de certaines lignes afin de respecter des limites établies par avance.

2.2 Principe

Le délestage au CHU se fait à partir du poste livraison là où la RADEEF alimente le CHU, au niveau du relais de protection type SEPAM qui a parmi ses multiples fonctions le délestage au cas d'un maximum de puissance appelée où la détection de situation de surcharge.

Le relais de protection SEPAM doit être configuré pour un seuil de délestage de puissance qui est 1200 KVA (34,6A) , pour donner un ordre à distance au Module télécommandé (NZM4-XR voir annexe 4) de faire déclencher le disjoncteur du groupe froid 1 qui a pour puissance apparente 675KVA (1000A) ,afin de minimiser la puissance appelée et ne pas avoir de pénalités due au dépassements.

On a donné cette proposition car le Module télécommandé (NZM4-XR) est disponible dans le CHU ; pour le mettre en marche il faut juste envoyer une commande, soit par un câblage simple, ou bien via un automate programmable pour gérer les deux ordres qui viennent l'un du groupe électrogène et l'autre du relais de protection SEPAM. Le schéma synoptique proposé de délestage est montré dans la figure 23.

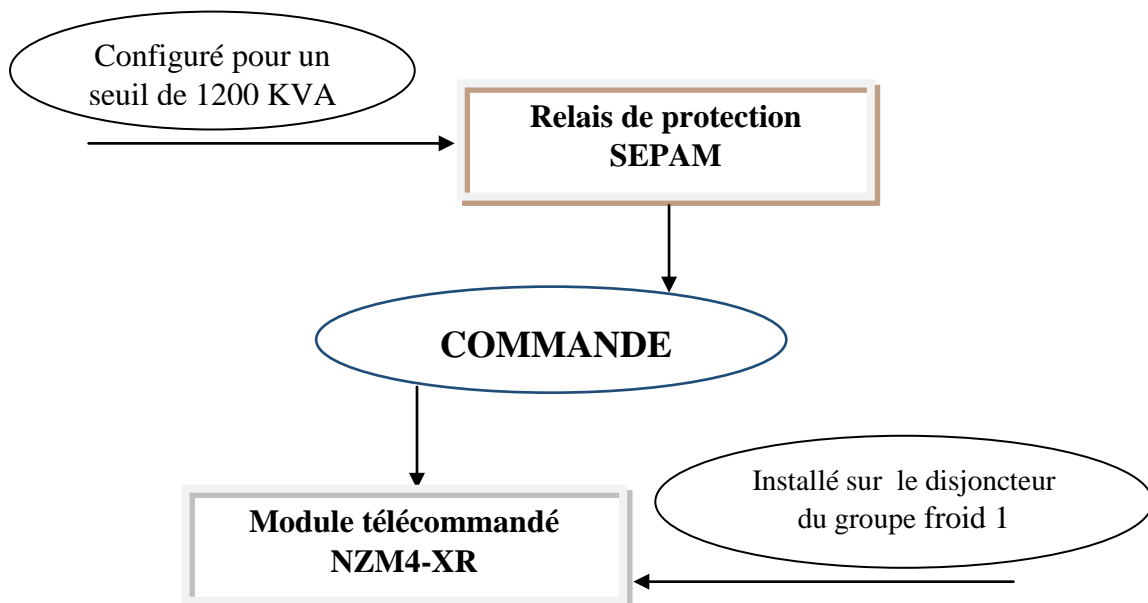


Figure 21 : schéma synoptique proposé de délestage

Si on réalise cette proposition on va gagner les redevances de dépassement des trois années comme le montre le tableau 18.

	2012	2013	2014	Total
Gain (DH)	169 794	134 575	77 715	382 085
Gain (DH)/an	127 361			

Tableau 18 : le gain annuel des redevances de dépassement

3. Répartition des heures de travail

3.1 Appareil de mesure

Dans cette partie on va étudier le comportement de la charge durant un jour de travail. Pour cela on a branché au niveau du poste de livraison un enregistreur de puissance monophasé C.A 8220 (voir annexe 5), qui est un analyseur à affichage numérique, qui mesure les valeurs efficaces, et permet d'obtenir une image instantanée des principales caractéristiques d'un réseau monophasé (tension, courant, puissance, harmonique tension/courant, etc.).

3.2 Analyse des mesures

La figure 24 représente le comportement de la charge durant un jour de travail.

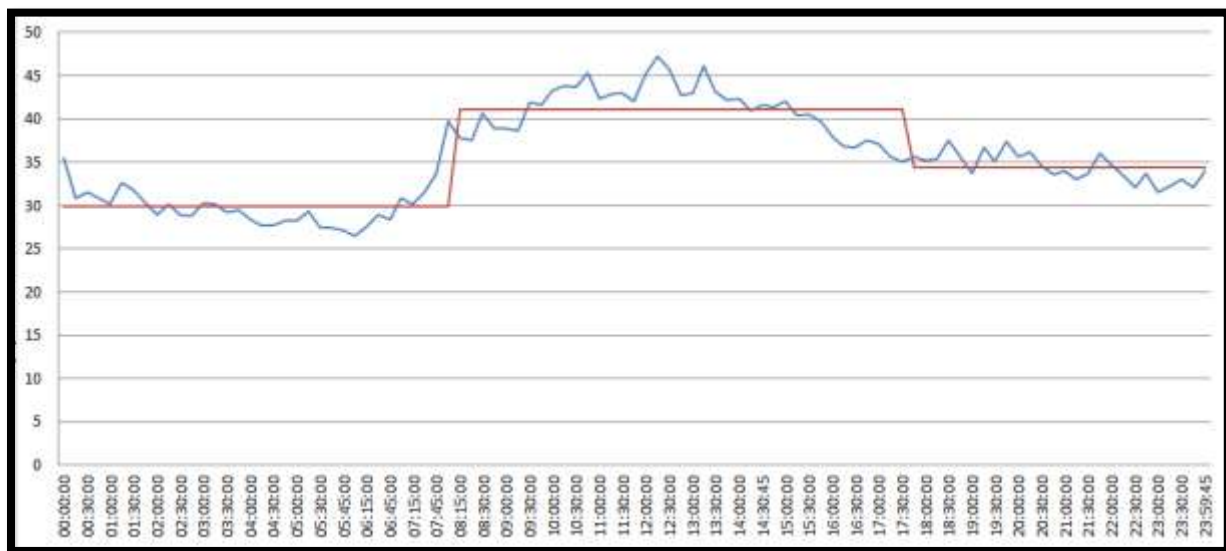


Figure 22 : allure de la charge en fonction du temps

D'après l'allure ci-dessus, on peut constater que la consommation énergétique pendant les heures creuses et pointes est inférieure par rapport à celles des heures normales.

Par conséquent on peut consommer une même énergie avec un coût différent grâce à la modification des heures de travail, en décalant des activités des heures normales vers les heures creuses ; à condition que ce décalage n'influence pas sur le déroulement du travail.

3.3 Cas d'étude possible

Prenant en compte les résultats des analyses précédentes, on a proposé de décaler les heures de travail "**Buanderie, Arrosage**" du jour vers la nuit. Les résultats de cette opération sont montrés sur le tableau 19.

Pour calculer la consommation on a utilisé la formule (12).

$$\text{consommation}(KVA) = \sqrt{3} \times \text{charge} \times U \quad (12)$$

Avec : $U=400V$.

	Buanderie	Arrosage
Heures de travail/jour	5	7
cout heures normales (DH/h)	0,706230	0,706230
cout heures creuses (DH/h)	0,459570	0,459570
Charge (A)	200	5,6
Consommation (KVA)	138,6	3,9
facture actuelle (DH/an)	178 585,8	7001,1
Facture nouvelle (DH/an)	116 212,4	4555,9
Gain (DH/an)	62 373,4	2445,2
Gain total (DH/an)	64 818,6	

Tableau 19 : récapitulatif des gains au niveau "**Buanderie, Arrosage**"

4. Optimisation énergétique au niveau de l'éclairage extérieure

Pour réduire la consommation électrique de l'éclairage artificiel, on cherchera à diminuer la puissance installée, tout en garantissant un éclairage suffisant. Le choix se portera ainsi sur le matériel (lampe, luminaire...) ayant la meilleure efficacité énergétique.

Il existe une grande variété de lampes sur le marché. Elles se différencient par leurs principes de production de lumière qui influencent leurs caractéristiques principales. On choisira une lampe en fonction de ses différentes caractéristiques techniques (l'efficacité lumineuse et la durée de vie moyenne (nombre d'heures d'utilisation)). Plus l'efficacité

lumineuse est élevée, plus la lampe présente un bon rendement lumineux. C'est à dire elle produit une lumière de grande intensité pour une puissance faible.

On a au niveau de l'éclairage externe du CHU :

- 711 lampes incandescentes de 70W. (1^{ère} Tranche : 411 ; 2^{ème} Tranche : 300)
- 18 lampes incandescentes de 150W. (2^{ème} Tranche)

Ces lampes ont pour puissance totale **52.47 KW**.

Le tableau 20 nous donne les différentes lampes de remplacement qu'on peut utiliser.

Type de lampe	Lampe de remplacement	Efficacité	Prix d'achat
Lampe incandescente classique	Lampe halogène	Gain de 30%	× 3,5
		100W>70W	
		75W>53W	
		60W>42W	
	Lampe fluocompactes	Gain de 75%	× 12
		100W>23W	
Lampe à LED	Lampe à LED	Gain de 75%	× 40
		25W>7W	
		40W>12W	

Tableau 20 : Quelques lampes efficaces pour remplacer les lampes actuelles

Cas d'étude :

On propose de remplacer les lampes incandescentes par des lampes fluocompactes, ce qui va apporter les changements et le gain indiqués au tableau 21.

Pour calculer le gain annuel on a utilisé la formule (13).

$$Gain\ annuel = 39,26 \times (4 \times 1,07588 + 5 \times 0,45957) \times 365 \quad (13)$$

$$Gain\ annuel = 94\ 596,97\ DH$$

Type de lampe	incandescentes	fluocompactes
Heures de fonctionnement	4heures de pointes de 19h à 23h	
	5heures creuses de 23h à 4h	
Consommation (KW)	52,47	13,21
Consommation énergétique(KWh)	172 363,95	43 394,85
Cout d'achat(DH)	20 502	267 354
Gain (DH/an)	94 596,97	

Tableau 21 : calcul de gain (DH/an)

D'après le calcul des couts d'achats on peut dire que le retour d'investissement sera après trois ans d'exploitation.

5. Sensibilisation

La sensibilisation du personnel est une méthode très efficace pour optimiser la consommation de l'énergie électrique à l'aide de plusieurs actions, parmi lesquelles :

- Fermer les fenêtres lors de la mise en marche des climatiseurs en maintenant la salle à une température constante.
- Eviter une grande différence entre les températures de l'extérieur et de l'intérieur.
- Eteindre les lampes en quittant les salles.

D'autre part on peut signaler la possibilité de recommandé les actions suivantes :

- Agir sur la vitesse de rotation du moteur (CTA) en utilisant les variateurs de vitesse".
- L'installation des minuteries pour l'éclairage des couloirs.
- Exploiter l'énergie solaire pour les faibles consommations.
- L'utilisation d'un réducteur-régulateur de tension d'éclairage (abaisseur de puissance) Pour les projecteurs réduit la consommation de 30%.

Conclusion

Ce stage nous a permis d'étudier le comportement de la consommation d'électricité au CHU, à travers les résultats des différentes mesures.

Au cours de ce travail nous étions chargés de proposer quelques solutions pour optimiser la consommation énergétique. Cette optimisation ne concerne pas seulement le côté financière, mais aussi l'amélioration de la qualité des installations électriques par exemple la modification de la puissance souscrite en utilisant l'outil SOLVER du logiciel EXCEL, l'amélioration du rendement des transformateurs en minimisant les pertes énergétiques et le décalage des heures de travail de quelques services.

Le CHU a jugé que notre travail a été bénéfique, il a opté pour solution le délestage par le groupe froid et le changement des lampes incandescentes existant dans le CHU par des lampes économiques.

En ce qui concerne les perspectives d'avenir, nous nous proposons d'étudier le même sujet en s'intéressant plus précisément sur les pertes au niveau de la climatisation.

Bibliographie :

- « Introduction à l'efficacité énergétique » magazine ' ELECTRA ', Fouad ELKOHEN, janvier /fevrier2014.
- Rapport « Analyse des factures d'électricité de l'hôpital AL GHASSANI » Abdelali ZINE EL ABIDINE, 2004.
- Factures d'électricité Moyenne Tension Général de la RADEEF, 2012-2013-2014.
- Cours « électronique de puissance » Pr D. Tahri 2014.

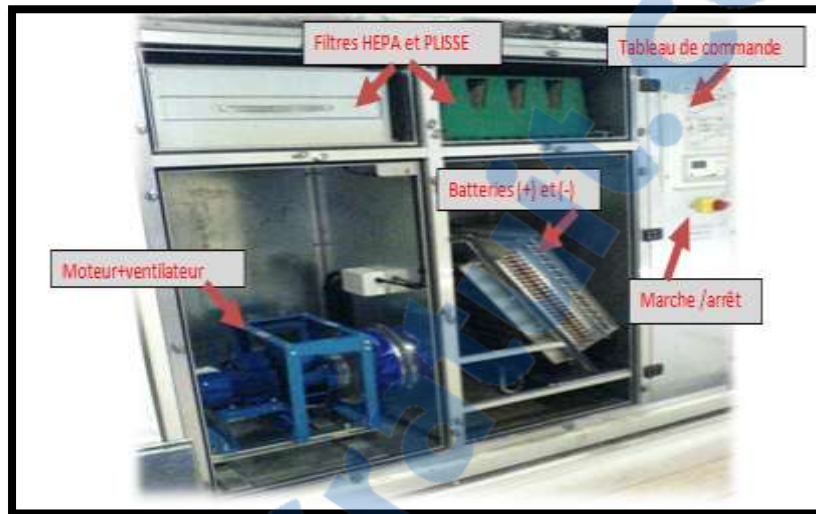
Webographie :

- <http://www.one.ma>
- <http://www.radeef.ma>
- <http://www.electrical-installation.org>
- <http://hqe.guidenr.fr>

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 :

L'armoire recycleur est montrée dans la photo suivante :



Armoire recycleur

Annexe 2 :

L'analyseur de réseau CVM-96 est montré dans la photo suivante :



CVM-96

Annexe 3 :

Les tableaux de mesures des postes transformateurs 2 et 4 sont les suivants :

Transformateur 1 du Poste 2 :

	U			I			P			Q			THD(v)		
	U1	U2	U3	I1	I2	I3	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3	L1	L2	L3
T1;10:30	400,2	394,2	396,7	101,3	131,1	94,7	17,1	19	14,1	0	8,8	6,2	3,1	2,6	2,9
T1;10:40	397	394,1	396,1	104,32	132	99	23,4	28,6	21,6	5,8	8	5,8	2,9	2,5	2,6
T1;10:50	401,6	398,8	400,4	103,8	126	95,8	22,4	28,2	21,8	0	8,2	6,4	3,2	3	2,9
T1;11:00	399,4	396,5	398,3	101	129,8	105,6	22,4	30,6	22,4				3,3	2,8	2,7
T1;11:10	404,3	401	403,2	105,8	163,6	101,2	23	30,4	21,4				3,4	2,8	2,9
T1;11:20	402,4	399,8	401,2	103,5	139,4	101							3,1	2,9	2,7
T1;11:30	401,3	398,9	400,3	107,1	130,9	103,3							3,1	3	2,6
MIN	397	394,1	396,1	101	126	94,7	17,1	19	14,1	0	8	5,8	2,9	2,5	2,6
MAX	404,3	401	403,2	107,1	163,6	105,6	23,4	30,6	22,4	5,8	8,8	6,4	3,4	3	2,9
MOY	400,88	397,61	399,45	103,83	136,11	100,08	21,66	27,36	20,26	1,93	8,33	6,13	3,15	2,8	2,75

	THD(A)			COSφ			P_Tot	QL	QC	COSφ_Tot	f
	L1	L2	L3	L1	L2	L3					
T1;10:30	15,8	12,2	16,5	0,95	0,96	0,95	49,8	14,4	0	0,95	50
T1;10:40	20,1	16,1	18,3	0,96	0,95	0,96	76	19,6	0	0,95	50
T1;10:50	16,3	12,7	15,1	0,94	0,95	0,94	72,4	15	0	0,94	50
T1;11:00	19,3	15,3	17,7	0,95	0,95	0,96	75,5		0	0,95	50
T1;11:10	19,1	19,4	16,5	0,96	0,95	0,95	75		0	0,95	50
T1;11:20	19,2	17,2	15,8	0,95	0,96	0,96			0	0,96	50
T1;11:30	19,5	16,3	16,1	0,95	0,95	0,96			0	0,95	50
MIN	15,8	12,2	15,1	0,94	0,95	0,94	49,8	14,4	0	0,94	
MAX	20,1	19,4	18,3	0,96	0,96	0,96	76	19,6	0	0,96	
MOY	18,47	15,6	15,57	0,95	0,95	0,95	69,74	16,33333333	0	0,95	

Transformateur 2 du poste 2 :

	U			I			P			Q			THD(v)		
	U1	U2	U3	I1	I2	I3	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3	L1	L2	L3
T2;10:30	398,9	396	398,1	103	130	93,4	23,2	28,6	20,6	5,6	8	5,6	2,9	2,6	2,5
T2;10:40	399,3	396,3	397,9	105	124,2	100,2	23	30,4	24,8	0	8,8	7,6	2,9	2,6	2,5
T2;10:50	401,1	398,1	400	107,6	129,8	103,2	23,8	29	22,2	5,8	8,2	6,4	3	2,6	2,6
T2;11:00	402,8	399,6	401,9	115	136,2	96	24,8	29,6	22				3,1	2,6	2,8
T2;11:10	404,1	401,2	403,2	107	140,8	103,8	23,2	31,4	21,6				3,5	2,9	2,9
T2;11:20	402,4	399,8	401,2	103	139,4	101							3,1	2,9	2,7
T2;11:30	401,3	398,9	400,3	107,1	130,9	101,1							3,1	2,8	2,6
MIN	398,9	396	397,9	103	124,2	93,4	23	28,6	20,6	0	8	5,6	2,9	2,6	2,5
MAX	404,1	401,2	403,2	115	140,8	103,8	24,8	31,4	24,8	5,8	8,8	7,6	3,5	2,9	2,9
MOY	401,41	398,55	400,37	106,81	133,04	99,81	23,6	29,8	22,24	3,8	8,33	6,53	3,08	2,71	2,65

	THD(A)			COSφ			P_Tot	QL	QC	COSφ_Tot	f
	L1	L2	L3	L1	L2	L3					
T2;10:30	14,9	13,2	16,3	0,96	0,95	0,95	76,4	19,4	0	0,96	50
T2;10:40	14,8	13,5	15,2	0,95	0,96	0,95	78	14	0	0,95	50
T2;10:50	18,1	15,1	15,9	0,96	0,95	0,95	77,6	20,4	0	0,96	50
T2;11:00	17,5	14,8	17,3	0,95	0,95	0,95	76,8		0	0,95	50
T2;11:10	17,5	14,8	17,3	0,95	0,95	0,96	76,4		0	0,95	50
T2;11:20	17	15	17,2	0,95	0,96	0,95			0	0,96	50
T2;11:30	19,5	16,3	16,1	0,95	0,96	0,95			0	0,95	50
MIN	14,8	13,2	15,2	0,95	0,95	0,95	76,4	14	0	0,95	
MAX	19,5	16,3	17,3	0,96	0,96	0,96	78	20,4	0	0,96	
MOY	17,04	14,67	16,47	0,95	0,95	0,95	77,04	17,93333333	0	0,954285714	

Transformateur 2 du poste 4 :

	U			I			P			Q			THD(v)		
	U1	U2	U3	I1	I2	I3	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3	L1	L2	L3
T2;10:30	400,1	397,8	399,4	186,8	189	187,8	38	38,2	37,8	20,6	21	21,2	2,6	2,4	2,5
T2;10:40	397,8	395,3	397,2	282,4	272,2	275,4	48,4	47,2	48,2	31,2	30,6	30,2	2,6	2,3	2,4
T2;10:50	397,6	395	397	192,4	193,4	192,2	39,6	39,6	39,4	20,8	20,8	20,8	2,6	2,4	2,5
T2;11:00	399	396,7	398,3	249,8	249,8	242,8	48,8	48,4	48	27,4	27,6	27,4	2,8	2,5	2,4
T2;11:10	399,3	396,8	398,5	224,2	223,6	224,6	44,2	43,8	44,4	27	26,6	26,6	2,7	2,5	2,4
T2;11:20	402,6	400,1	401,7	222,4	222,2	220	43,4	43	43,2	27,8	27,8	27,4	2,7	2,4	2,5
T2;11:30	401,1	398,5	399,9	225,4	220,2	224,2	43,4	42,6	43,4	26,2	27,4	27,4	2,7	2,7	2,4
MIN	397,6	395	397	186,8	189	187,8	38	38,2	37,8	20,6	20,8	20,8	2,6	2,3	2,4
MAX	402,6	400,1	401,7	282,4	272,2	275,4	48,8	48,4	48,2	31,2	30,6	30,2	2,8	2,7	2,5
MOY	399,64	397,17	398,85	226,2	224,34	223,85	43,68	43,25	43,48	25,85	25,97	25,85	2,67	2,45	2,44

	THD(A)			COS ϕ			P_Tot	QL	QC	COS ϕ _Tot	f
	L1	L2	L3	L1	L2	L3					
T2;10:30	10,1	9,8	8,4	0,97	0,95	0,97	189,4	52	0	0,96	50
T2;10:40	7,2	8,5	7,1	0,97	0,95	0,96	189	53,4	0	0,96	50
T2;10:50	9,3	7,3	7,3	0,97	0,95	0,96	189,2	55,4	0	0,96	50
T2;11:00	8,7	7,6	6,5	0,96	0,96	0,96	198,2	55,2	0	0,96	50
T2;11:10	8,3	8	7,9	0,95	0,95	0,96	192	55	0	0,96	50
T2;11:20	7,9	8,2	6,8	0,96	0,95	0,97	190,4	52,8	0	0,96	50
T2;11:30	8,5	8,3	7,1	0,97	0,95	0,96	207,6	57,2	0	0,96	50
MIN	7,2	7,3	6,5	0,95	0,95	0,96	189	52	0	0,96	
MAX	10,1	9,8	8,4	0,97	0,96	0,97	207,6	57,2	0	0,96	
MOY	8,57	8,24	7,3	0,96	0,95	0,96	193,68	54,42857143	0	0,96	

Transformateur 2 du poste 4 :

	U			I			P			Q			THD(v)		
	U1	U2	U3	I1	I2	I3	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3	L1	L2	L3
T4;10:30	399,5	397,2	398,8	198,6	199,4	203,2	39	39,2	39,8	23,4	22,8	23,8	2,6	2,5	2,4
T4;10:40	396,7	394,2	395,7	235,6	231,4	239	47	46,6	48,2	29,8	28,4	29,4	2,4	2,3	2,3
T4;10:50	396,9	394,3	395,8	219,6	216,4	223,6	42,8	42,2	43,8	26,6	25,4	26,4	2,5	2,3	2,4
T4;11:00	400,3	397,8	399,1	199,4	192,4	198,2	40	38,4	40,2	23	21,4	21,8	2,8	2,6	2,4
T4;11:10	398,4	395,7	397,5	273,6	275,6	279,8	53,6	53,8	54,6	33,1	33	33,1	2,7	2,3	2,4
T4;11:20	402,4	399,8	401,2	223,8	221	225,4	43,4	42,6	44	27,2	28	29,3	2,8	2,5	2,5
T4;11:30	401,3	398,9	400,3	207,1	203,6	208,2	36,6	35,8	37,4	28,2	26,8	27,2	2,7	2,5	2,6
MIN	396,7	394,2	395,7	198,6	192,4	198,2	36,6	35,8	37,4	23	21,4	21,8	2,4	2,3	2,3
MAX	402,4	399,8	401,2	273,6	275,6	279,8	53,6	53,8	54,6	33,1	33	33,1	2,8	2,6	2,6
MOY	399,35	396,84	398,34	222,52	219,97	225,34	43,2	42,65	44	27,32	26,54	27,28	2,64	2,42	2,42

	THD(A)			COS ϕ			P_Tot	QL	QC	COS ϕ _Tot	f
	L1	L2	L3	L1	L2	L3					
T4;10:30	6,1	5,9	5,5	0,86	0,86	0,86	120,2	70,6	0	0,86	50
T4;10:40	6,4	6,5	6,9	0,83	0,84	0,84	143	92,6	0	0,84	50
T4;10:50	6,5	6,3	6,9	0,85	0,85	0,86	128,8	78,2	0	0,85	50
T4;11:00	6,3	6,3	5,9	0,86	0,87	0,88	118,4	66,2	0	0,86	50
T4;11:10	6,4	6,4	5,8	0,85	0,86	0,85	162,4	99,2	0	0,85	50
T4;11:20	7,1	7,1	6,8	0,83	0,84	0,84	130,2	84,4	0	0,84	50
T4;11:30	8,1	8,2	7,6	0,79	0,79	0,81	109,8	82,2	0	0,8	50
MIN	6,1	5,9	5,5	0,79	0,79	0,81	109,8	66,2	0	0,8	
MAX	8,1	8,2	7,6	0,86	0,87	0,88	162,4	99,2	0	0,86	
MOY	6,7	6,67	6,48	0,83	0,84	0,84	130,4	81,91428571	0	0,842857143	

Ces tableaux de mesures représentent des échantillons tirés des postes 2 et 4.

Les cases vides dans les tables indiquent qu'il y a un problème d'affichage dans le CVM-96.

Annexe 4 :

Le (NZM4-XR) est montré dans la photo suivante :



(NZM4-XR)

Annexe 5 :

Enregistreur de puissance (C.A 8220) est montré dans la photo suivante :



(C.A 8220)