

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Fin d'Étude

L'Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued

Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Réseaux électriques

Présenté à

Dehda Boubaker

Salhi Khayreddine

Thème

**Influence des facteurs climatologiques sur la charge
au poste de transformation HT/MT GHAMRA**

Soutenu le 25/05/2016. Devant le jury composé de :

Mr Allal Abed rahim

Maitre de conférence

Président

Mr Guia Talal

Maitre de conférence

Rapporteur

Mr Maamri Oussama

Maitre de conférence

Examineur

Année Universitaire 2015/2016

Dédicace

Je dédie ce mémoire

Aux êtres les plus chers à mon

cœur, Mon Père, Ma mère, qui

ont toujours cru en moi et qui m'encouragé.

A toute ma famille

A tous mes amis

A tous mes professeurs

Boubaker

Dédicace

Je dédie ce mémoire

Aux êtres les plus chers à mon

cœur, Mon Père, Ma mère, qui

ont toujours cru en moi et qui m'encouragé.

A toute ma famille

A tous mes amis

A tous mes professeurs

Khayreddine

Remerciement

*Nous rendons grâce à **ALLAH** de nous avoir donné le courage et la patience afin de mener ce travail à terme.*

*Arrivé au terme de notre travail, nous tenons à exprimer vivement notre profonde gratitude à notre promoteur : **Mr. GUIA TALAL** pour l'aide, le suivie et l'intérêt qu'il n'a cessé de nous apporter jusqu'à l'achèvement de notre travail.*

Nous tenons également à remercier l'ensemble des membres du jury qui ont fait l'honneur de juger notre travail.

Enfin, nos chaleureux remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre formation.

Table de matière

Dédicace.....	I
Remerciement	II
Table des matière	III
Liste des figures	VI
Liste des tableaux.....	V
Liste des abréviations	IV
Annexe.....	IIIV
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

I.1 Introduction	3
I.2 Réseau électrique en sens le plus technique	3
I.3 Transport au haute tension	3
I.4 Choix du courant de transport	4
I.5 Niveaux de tensions des réseaux électriques.....	5
I.6 Topologie des réseaux électriques	5
I.7 Différentes types des réseaux électrique	7
I.7.1 Réseau de transport	8
I.7.2 Réseau de répartition	8
I.7.3 Réseau de distribution	8
I.8 Structure générale d'un réseau électrique	9
I.8 Caractéristiques des lignes	10
I.8.2 Définition	10

I.8.3 Types de lignes	10
I.8.4 Lignes aériennes et conducteurs.....	10
I.8.5 Lignes souterraines et câbles	12
I.9 Conclusion	13

Chapitre II : Poste de transformation THT-HT-MT

II.1 Introduction	15
II.2 Structure des postes	15
II.3 Types des postes	17
II.3.1 Poste extérieur	17
II.3.2 Poste intérieur	17
II.3.2.a Poste à isolement dans le gaz (GIS).....	17
II.3.2.b Poste isolé à l'air.....	18
II.4 Rôle principal des postes de transformation	18
II.5 Appareillages d'un poste de transformation	18
II.5.1 Jeux de barre.....	19
II.5.2 Disjoncteurs	19
II.5.2.1 Principe de fonctionnement en présence d'un disjoncteur à relais	19
II.5.3 Transformateur de puissance	20
II.5.3.a Tension de court-circuit	20
II.5.3.b Circuit magnétique	21
II.5.3.c Composants associés au transformateur de puissance	21
II.5.3.d Changeur de prise	22
II.5.3.e Conservateur	22
II.5.3.f Relais Bucholz.....	22

II.5.4 Sectionneurs.....	23
II.5.5 Sectionneurs de mise à la terre	25
II.5.6 Les parafoudres.....	25
II.5.7 Transformateurs de mesure.....	26
II.5.7.1 Transformateur de courant.....	26
II.5.7.2 Transformateur de tension.....	26
II.5.8 Circuit bouchon	27
II.6 Equipement de protection.....	28
II.7 Conclusion	29
 Chapitre III : Influence des facteurs climatologiques sur la charge électrique	
III.1 Introduction	30
III.2 Description de la poste de source 220/30KV GHAMRA	30
III.3 Caractéristiques des transformateurs de la poste source	31
III.3.a Partie d'haute tension HT.....	31
III.3.b Partie de la moyenne tension MT	31
III.4 Différentes notions et formules de calcul utilisés	31
III.4.1 Calcul de la puissance appelée	31
III.4.1.a Puissance instantanée	31
III.4.1.b- Puissance apparente	32
III.4.1.c Puissance active.....	32
III.4.1.d Puissance réactive	32
III.5 Calcul des pertes de la puissance dans le réseau	33
III-6-Calcul des pertes de puissance relatives	34
III-7- Calcul de la chute de tension	34
III-7- Calcul des courants transités	34

III-8- Stylisation du réseau.....	34
III-9-Influence des facteurs climatologiques sur la charge.....	35
III.9.1 Variations de la charge	35
III.10 Modélisation et estimation	38
III.10.1 Modélisation mesurable de la charge en fonction de l'indice de chaleur ...	38
III.10.1.1 Etude les courbes comme des variables du modèle	39
III.10.1.2 Estimation et diagnostic du modèle	40
III.10.1.2.a Estimation du modèle	40
III.10.1.2.b Diagnostic du modèle	41
III.10.1.3 Comparaison du modèle estimée et original	42
III.10.1.4 Analyse électrique du modèle	42
III.10.2 Modélisation mesurable de la charge en fonction de la température	42
III.10.2.1 Etude les courbes comme des variables du modèle	43
III.10.2.2 Estimation et diagnostic du modèle	46
III.10.2.2.a Estimation du modèle	46
III.10.2.2.b Diagnostic du modèle	46
III.10.2.3 Comparaison du modèle estimée et original.....	47
III.10.2.4 Analyse électrique du modèle	48
III.10.3 Modélisation mesurable de la charge en fonction de l'humidité	48
III.10.3.1 Etude les courbes comme des variables du modèle	48
III.10.3.2 Estimation et diagnostic du modèle	51
III.10.3.2.a Estimation du modèle	51

III.10.3.2.b Diagnostic du modèle	52
III.10.3.3 Comparaison du modèle estimée et original.....	52
III.10.3.4 Analyse électrique du modèle	53
III.10.4 Modélisation mesurable de la charge en fonction de la vitesse du vent	53
III.10.4.1 Etude les courbes comme des variables du modèle	54
III.10.4.2 Estimation et diagnostic du modèle	56
III.10.4.2.a Estimation du modèle	56
III.10.4.2.b Diagnostic du modèle	56
III.10.5 Modélisation mesurable de la charge en fonction du courant	57
III.10.5.1 Etude les courbes comme des variables du modèle	57
III.10.5.2 Estimation et diagnostic du modèle	60
III.10.5.2.a Estimation du modèle	60
III.10.5.2.b Diagnostic du modèle	60
III.10.5.3 Comparaison du modèle estimée et original.....	61
III.10.5.4 Analyse électrique du modèle	61
III.10.6 Modélisation mesurable de la charge en fonction du point de rosée	61
III.10.6.1 Etude les courbes comme des variables du modèle	62
III.10.6.2 Estimation et diagnostic du modèle	64
III.10.6.2.a Estimation du modèle	64
III.10.6.2.b Diagnostic du modèle.....	65
III.10.6.3 Comparaison du modèle estimée et original.....	66

III.10.7 Modélisation mesurable de la charge en fonction de tous les facteurs précédents.....	66
III.10.7.2 Estimation et diagnostic du modèle	67
III.10.7.2.a Estimation du modèle	67
III.10.7.2.b Diagnostic du modèle	67
III.10.7.3 Comparaison du modèle estimée et original.....	68
III.8 Conclusion.....	69
Conclusion générale	70
Bibliographie	

Liste des Figures

Fig. I.1 - Pertes lors du transport de l'énergie électrique.....	3
Fig. I.2 - Transformateur élévateur	4
Fig. I.3 -Tableau illustrant les différences entre le régime alternatif et le continu....	4
Fig. I.4- Hiérarchisation d'un réseau électrique.....	3
Fig. I.5.a- Réseaux électriques pour une structure maillée.....	5
Fig. I.5.b- Réseaux électriques pour une structure bouclée.....	7
Fig. I.5.c- Réseaux électriques pour une structure radiale.....	7
Fig. I.5.d- Réseaux électriques pour une structure arborescente.....	7
Fig. I.6- Structure générale d'un réseau électrique.....	9
Fig. I.7.1-Pylône métallique, ligne 220KV.....	11
Fig. I.7.2 -Poteau en béton ligne 60 KV.....	11
Fig. .I.7.3- Poteau en bois ligne 20 KV.....	11
Fig. I.8.5- Câble unipolaire.....	12
Fig. II.1 -Schéma Unifilaire avec simple jeu de barre haute tension.....	16
Fig. II.3.1 -Ensemble des appareils HT est installé à l'extérieur du poste.....	17
Fig. II.3.2.a- Ensemble des appareils HT est installé à l'extérieur du poste.....	17
Fig. II.3.2.b -Poste isolé à l'air.....	18
Fig. II.5.2.1- Commande d'ouverture d'un disjoncteur à relais.....	19
Fig. II.5.2.a -Disjoncteur 400 kV.....	20
Fig. II.5.2.b- Disjoncteur 220kV.....	20
Fig. II.5. 3-Composants d'un transformateur de puissance.....	21
Fig. II.5.3.1- Vue de face d'un transformateur de puissance 220/63 kV (100MVA).....	23
Fig. II.5.3.1 -Vue arrière d'un transformateur de puissance.....	23
Fig. II.5.4.1-Sectionneur ouvert.....	24
Fig. II.5.4.2 - Sectionneur fermé.....	24
Fig. II.5.4.2 - Sectionneur ligne.....	24
Fig. II.5.5- Sectionneur de mise à la terre.....	25
Fig. II. 5.6 - Parafoudre 400 KV.....	25
Fig. II.5.7.1-Transformateur de courant.....	26

Fig. II.5.8.1- Circuit composé d'une self de spires et d'un condensateur	26
Fig. II.5.8.2 -Circuit bouchon.....	27
Fig. II.6:Cellule contient disjoncteur.....	27
Fig. III.3.9.1. a - Changements de la charge par jour dans l'été 2013.....	28
Fig..III.3.9.1. b- Changements de la charge par jour dans l'été 2014.....	36
Fig. III.3.9.1.c- Changements de la charge par jour dans l'été 2015.....	37
Fig III.3.9.2. d-Changements de la charge par jour dans l'hiver 2014.....	37
Fig III.3.9.2- Changements de la charge par jour dans l'hiver2015.....	38
Fig. III.10. a-Variations de l'indice de la chaleur par jour pris en été 2013.....	39
Fig. III.10. b-Variations de l'indice de la chaleur par jour pris en été 2014.....	39
Fig. III.10.c-Variations de l'indice de la chaleur par jour pris en été 2015.....	40
Fig. III.10.2.1.a- Variations de température par jour pris en été 2013.....	43
Fig. III.10.2.1.b- Variations de température par jour pris en été 2014.....	44
Fig. III.10.2.1.c- Variations de température par jour pris en été 2015.....	44
Fig. III.10.2.2.a Variations de température par jour pris en hiver 2015.....	45
Fig. III.10.2.2- b- Variations de température par jour pris en hiver 2016.....	45
Figure III.10.2.3 Résultat obtenus par EvIEWS pour P en fonction du température	47
Fig. III.10.3.a- Variations de l'humidité par jour pris en été 2013.....	49
4Fig. III.10.3.b- Variations de l'humidité par jour pris en été 2014.....	49
Fig. III.10.3.c- Variations de l'humidité par jour pris en été 2015.....	49
Fig. III.10.3.a- Variations de l'humidité par jour pris en hiver 2015.....	50
Fig. III.10.3.b- Variations de l'humidité par jour pris en hiver 2016.....	51
Figure III.10.3.3 Résultat obtenus par EvIEWS pour P en fonction du l'humidité	52
Fig. III.10.4.a- Variations de la vitesse de vent par jour pris en été 2013.....	54
Fig. III.10.4.b- Variations de la vitesse de vent par jour pris en été 2015.....	54
Fig. III.10.4 - Variations de la vitesse de vent par jour pris en hiver 2016.....	55
Fig. .10.5.1.a - Variations de la courant par jour pris en été 2013.....	57
Fig. III.10.5.1.b - Variations de la courant par jour pris en été 2014.....	58
Fig. III.10.5.1.c - Variations de la courant par jour pris en été 2015.....	58
Fig. III.10.5.1.a- Variations de la courant pris en hiver 2015.....	59
Fig. III.10.5.1.b- Variations de la courant par jour pris en hiver 2016.....	59
Figure III.10.5.3.Résultat obtenus par EvIEWS pour P en fonction du courant.....	61
Fig. III.10.6.a- Variations de la point de rosée par jour pris en été 2013.....	62
Fig. III.10.6.b- Variations de la point de rosée par jour pris en été 2014.....	63

Fig. III.10.6.c- Variations de la point de rosée par jour pris en été 2015.....	63
Fig. III.10.6.a- Variations de la courant par jour pris en hiver 2015.....	64
Figure III.10.6.3 Résultat obtenus par Eviews pour P en fonction du point de rosée	66
Figure III.10.7.3 Résultat obtenus par Eviews pour P en fonction du tous les facteurs.....	68

Liste des tableaux

Tab1	Illustrant les différences entre le régime alternatif et le continu.....	4
Tab 2	Représente les résistances et les réactances linéiques ainsi que les limites thermiques des conducteurs utilisés par groupe SONELGAZ.....	34
Tab 3	Résultat obtenus par Eviews pour P en fonction de l'indice de chaleur.....	41
Tab 4	Résultat obtenus par Eviews pour P en fonction de l'indice de la température.....	41
Tab5	Résultat obtenus par Eviews pour P en fonction de l'humidité.....	41
Tab 6	Résultat obtenus par Eviews pour P en fonction de la vitesse de vent.....	41
Tab7	Résultat obtenus par Eviews pour P en fonction de l'indice du courant.....	41
Tab 8	Résultat obtenus par Eviews pour P en fonction du point de rosée.....	41
Tab9	Résultat obtenus par Eviews pour P en fonction de tous les facteurs.....	41

Liste des abréviations

HT: haute tension
THT: très haute tension.
MT: moyenne tension.
BT: base tension.
TC: transformateur de courant.
TT: transformateur de tension.
CC: court circuit
P: la puissance active.
Q: la puissance réactive.
S: la puissance apparente.
P: la charge ou puissance électrique.
CH: indice de chaleur.
T: température.
VV: vitesse de vent.
Hum: humidité.
PR: point de rosée.
R: la résistance électrique.
X: la réactance électrique.
 V_{eff} : la tension effective
 I_{eff} : le courant effective
I: le courant.
V: la tension simple.
U: la tension composé.
 Φ : angle du déphasage entre la tension et le courant.
f: la fréquence.
CC: courant continue.
AC: courant alternative .
 R^2 : Coefficient de termination
Ft: valeur tabulaire pris le tableau du teste student.
Tt: valeur tabulaire pris le tableau de test Fisher.
Ts: teste statistique.

Le Problématique:

L'objectif des réseaux de distribution acheminement l'électricité des réseaux de transport ou de répartition jusqu'au consommateur à travers le poste de transformation HT/MT.

Ce système est constitué une véritable introduction au thème de la distribution d'électricité, les notions de gestion de réseau sont présentées ainsi que les principales problématiques aux quelles (celui-ci) nous devons faire face, comme les facteurs climatiques.

Les règles de développement et d'exploitation des réseaux sont également détaillées, maintien de la qualité au renforcement du réseau en passant par le raccord des nouveaux utilisateurs.

The Problematic:

Distribution grids are designed to transmit electricity to a transmission or distribution grids to consumers through transformer post.

This system constituted is a true introduction to the topic distribution of electricity ,the concept of grid manager is presented and the main problems which we face it, such as climatic factors.

The rules of development and operation of networks are also detailed, maintaining quality at strengthening the grid through the connection of new users.

الإشكالية :

شبكات نقل الكهرباء تعمل على نقل الكهرباء وتوزيع الطاقة بهدف إيصالها إلى المستهلك ويتم ذلك عن طريق محطات التحويل الكهربائية التي تقوم بخفض التوتر العالي إلى التوتر المتوسط ليتم إيصالها أخيرا إلى الزبائن بغية الاستهلاك.

هذا النظام أو التركيبة تجعلنا نتطرق إلى نقطة مهمة وهي توزيع الكهرباء وفي هذه المرحلة نواجه مشاكل عديدة أثناء توزيع الطاقة الكهربائية ومن بينها نذكر العوامل المناخية والتي بدورها تؤثر سلبا على الطلب الطاقة الكهربائية. يتم تطوير الشبكات الكهربائية وذلك لحفظ وتدعيم استغلال الطاقة الكهربائية وربطها بمستخدمين جدد.

Résumée :

Le rôle principal du poste de transformation HT/MT est abaissée la haute tension (HT) arrivée au centrale de production à une tension moyenne (MT) et cette dernière se transforme encore en basse tension (BT) à l'aide d'un autre poste de transformation MT/BT (basse tension) pour assurer une bonne qualité de service et la continuité au consommateur ,mais tous les étapes précédentes soumis à quelques facteurs influent sur la charge.

Parmi les principaux facteurs d'influence de la demande à l'électricité. Il y a des facteurs climatologiques provoquent des variations à la demande d'électricité. Lorsque le besoin de chauffage est en conséquent, la quantité d'électricité consommée croît fortement. . Pendant l'hivers rigoureux, la quantité d'électricité augmente sensiblement. Et en été la demande d'électricité augmente aussi à cause les besoin de refroidissement , donc l'impact des facteurs climatiques doit prendre en compte.

Ces facteurs peuvent influencer en ensemble ou chaque élément influe tout seul

Abstract:

The main role of the HV / MV transformer station is lowered the high voltage (HV) arrived in production center of electricity to medium voltage (MT) and it still turns based voltage (LV) was using another transformer station MV / LV (low voltage) to ensure good quality service and continuity into the uses, but all the previous steps subject to several factors affect the load.

Among the major factors influence in demand of electricity ,there are the climatic factors cause variations in demand for electricity. When the need for heating is therefore the amount of electricity consumed increases greatly. Thus, during the rigorous winters, the amount of electricity increased significantly. And in summer demand for electricity also increases because the need for cooling, so the impact of climatic factors must be considered.

These factors may affect in whole or each element influences only.

الملخص:

تلعب محطات التحويل دورا كبيرا في تحويل التوتر العالي القادم من مركز إنتاج الكهرباء إلى توتر متوسط ، وهذا الأخير يتم تحويله إلى توتر منخفض بواسطة محطة ثانية صغيرة لأجل تقديم خدمة جيدة استمرارية التمرين بالطاقة، لكن هناك عوامل تؤثر على المراحل السابقة ، ومن بينها نجد العوامل المناخية والتي تؤثر في التغيرات على طلب الطاقة الكهربائية ، لأن الحاجة للتدفئة في الشتاء و كذلك الحاجة إلى التبريد أو البرودة في فصل الصيف تعمل على زيادة الطلب للطاقة الكهربائية. لهذا وجب الأخذ بعين الاعتبار تأثير هاته العوامل على كمية الكهرباء المطلوبة. هاته العوامل قد تؤثر جميعها دفعة واحدة أو قد يؤثر كل عنصر منها لوحده.

Mots clés : réseau électrique, poste de transformation, la charge, facteurs climatologiques.

Key Words: electric grid, post of transformation, the load, climatological factors.

العوامل المناخية. الكلمات الدلالية (المفتاحية): شبكة كهربائية ، محطة تحويل، الحمل الكهربائي

INTRODUCTION GENERALE

Situé à la jonction des réseaux de transport et distribution, le poste HT/MT joue un rôle important pour la régie de distribution d'électricité. Ce rôle est appelé à évoluer de façon significative dans un futur proche.

Les réseaux en eux-mêmes peuvent être en phase de développement, d'optimisation ou de réingénierie, obligeant ainsi les décideurs à sélectionner de façon pertinente les équipements à fournir.

L'environnement qui joue un rôle croissant en orientant les spécifications de ce même équipement, croissance de la population urbaine, contraintes dues à la pollution, confort de l'utilisateur.

Et bien sûr la dérégulation en cours des marchés de la distribution de l'électricité qui apporte des nouveaux comportements comme de renforcer l'efficacité des réseaux et d'augmenter les services aux consommateurs.

D'une façon générale, ceci amènera les constructeurs, dans les années à venir, à concevoir une palette élargie de produits et services servant les mêmes fonctions mais bien différenciées selon les usages souhaités par les responsables des régies électriques.

Les constructeurs sont conscients à l'évolution et proposent les dernières tendances de l'offre des postes HT.

Dans notre travail, nous consistons à étudier l'état d'un poste HT/MT installé aux niveaux des réseaux algériens qui alimentent une région située à El Oued avec 12 départs en MT.

Notre travail comporte trois chapitres, les deux premiers chapitres sont très nécessaires et importants à mise en rail, notre travail qui étudie le comportement, le type du transformateur HT/MT et leur performance en charge et les présentations et des explications théoriques sont abordés dans ces chapitres.

En dernier chapitre, on a introduit une nouvelle étude statistique pour la charge appelée au transformateur liée aux conditions géoclimatiques de la zone où le transformateur est installé, cette étude nous permettra de faire un approvisionnement de la charge et de quoi à faire pour solliciter les problèmes de cette zone étudiée, le but de ce travail est d'avoir une charge électro-climatique.

Chapitre I

Généralités sur les réseaux électriques

I.1 Introduction :

Les réseaux électriques sont l'ensemble d'infrastructures permettant l'acheminement de l'énergie électrique à partir des centrales de génération puis par des transformateurs en passant par des lignes électriques de différents niveaux de tension connectées entre elles dans des postes électriques.

Le réseau électrique assure la gestion de l'ensemble production, transport, distribution et consommation tout en assurant la stabilité de cet ensemble. A l'exploitation, certaines grandeurs électriques doivent être surveillées pour assurer une bonne exploitation.

I.2 Réseau électrique en sens le plus technique [1]:

Une exploitation et une conception convenable d'un certain nombre de fonctions et de comportements dont la définition, la maîtrise, et la mise en œuvre sont essentiellement obligatoires, permettent la distinction du réseau. Ensuite le réseau physique est formé d'un ensemble constitué d'abord d'ouvrages et de matériels, dont la qualité conditionne grandement celle du réseau, tel que les lignes aériennes, souterraines, postes, appareillages, parafoudres, transformateurs,....etc.

Enfin le réseau électrique a besoin d'un système nerveux pour la protection des personnes, ouvrages et des matériels, ce qu'on désigne par l'ensemble d'automatismes de transmission

I.3 Transport au haute tension [2]:

Le transport d'énergie électrique à travers des lignes qui sont des charges influant sur le niveau de tension qui sera chuté au niveau de la charge (**Figure I.1**).

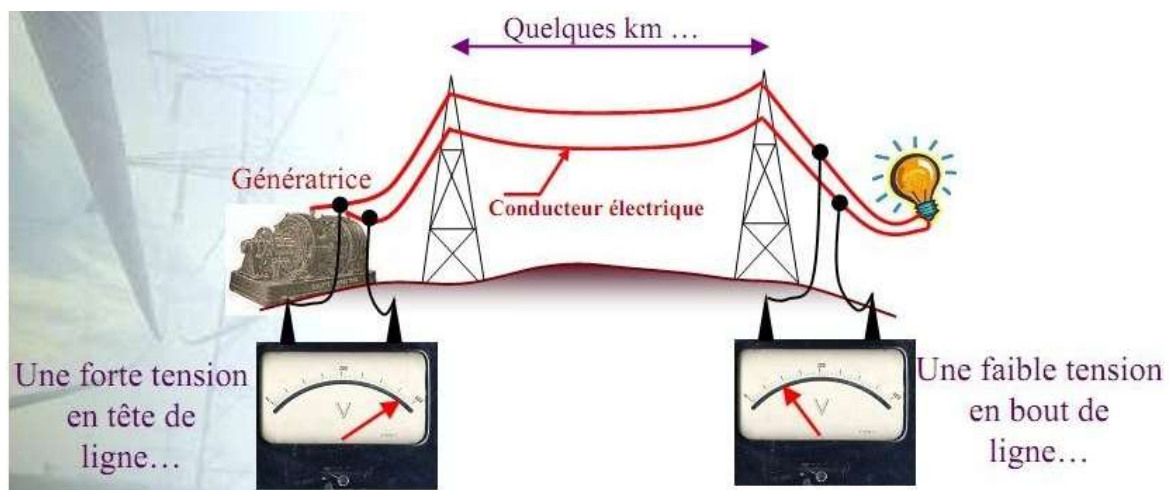


Figure I.1: les pertes lors du transport de l'énergie électrique.[2]

L'énergie électrique sort des centrales avec une tension de quelques **kV (5 à 12 kV)**, le transport se fait à travers des transformateurs élévateurs (Figure I.2) avec des grandes puissances.

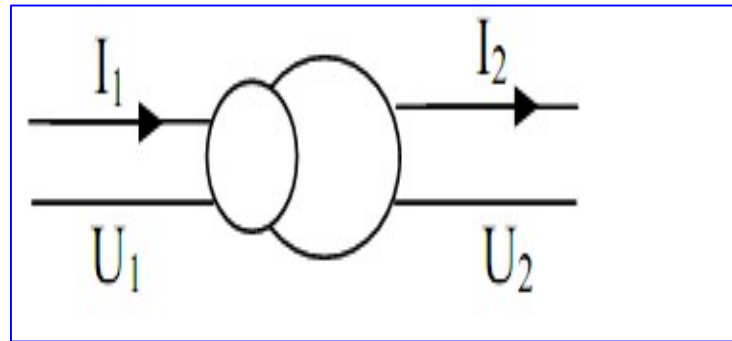


Figure I.2: Transformateur élévateur [2]:

La conservation de puissance entre le primaire et le secondaire nous mène à:

$$P_1 = P_2 \quad \text{donc} : I_2 = U_1 * \frac{I_1}{U_2} \dots \dots \dots (I. 1)$$

Alors il suffit juste d'augmenter la tension au secondaire pour avoir un faible courant de sortie qui va alors faire diminuer les pertes joules sachant que selon la loi de la puissance triphasée:

$$P = 3 * R * I^2 \dots \dots \dots (I. 2)$$

I.4 Choix du courant de transport [2]:

Le transport de l'énergie électrique doit impérativement passer par de la haute tension qui nécessite des transformateurs qui fonctionnent en alternatif d'où le choix du courant en alternatif.

Le tableau suivant illustre le bon choix :

	Régime alternatif	Régime continu
Avantages	* Permet l'utilisation de transformateur pour Elever et abaisser la tension. * Facilite la coupure des courants par le passage naturel par zéro 2 fois par période c'est à dire 100 fois par seconde. (50Hz) * Production directe par les alternateurs.	* Pas d'effet réactif, le facteur de puissance est unitaire (en dehors de déformations). * Facilite l'interconnexion des réseaux, il suffit d'avoir partout la même tension. * Pas d'effet de peau des câbles et des lignes * Sont plus simples et moins chers.
Inconvénients	* Implique des effets inductifs et capacitifs pénalisants. * Difficulté d'interconnexion de plusieurs réseaux car il faut garantir l'identité de la tension, de la fréquence et de la phase (couplage). * Implique un effet «de peau » d'où la nécessité de câbles et lignes adaptés et donc plus chers.	* Difficulté de couper les courants continus, d'où des dispositifs de coupure plus performants et plus chers. * Terminaisons très coûteuses. * Impossibilité de produire ou d'élever la tension dans le domaine des très hautes tensions d'où des pertes importantes sur les lignes.

Figure I.3 Tableau illustrant les différences entre le régime alternatif et le continu.

I.5 Niveaux de tensions des réseaux électriques :

Les réseaux électriques sont hiérarchisés d'une façon générale, la plupart des pays mettent en œuvre comme suite:

- Un réseau de transport THT 220 800 KV.
- Un réseau de répartition HT 60170 KV.
- Un réseau de distribution MT 5 36 KV.
- Un réseau de livraison de l'abonné BT 400/230 V.

Cette échelle c'est-à-dire, les niveaux de tensions utilisés varient considérablement d'un pays à l'autre en fonction des paramètres liés à l'historique électrotechnique du pays, ses ressources énergétiques, sa surface et finalement des critères technico-économiques (**Figure I.5**).

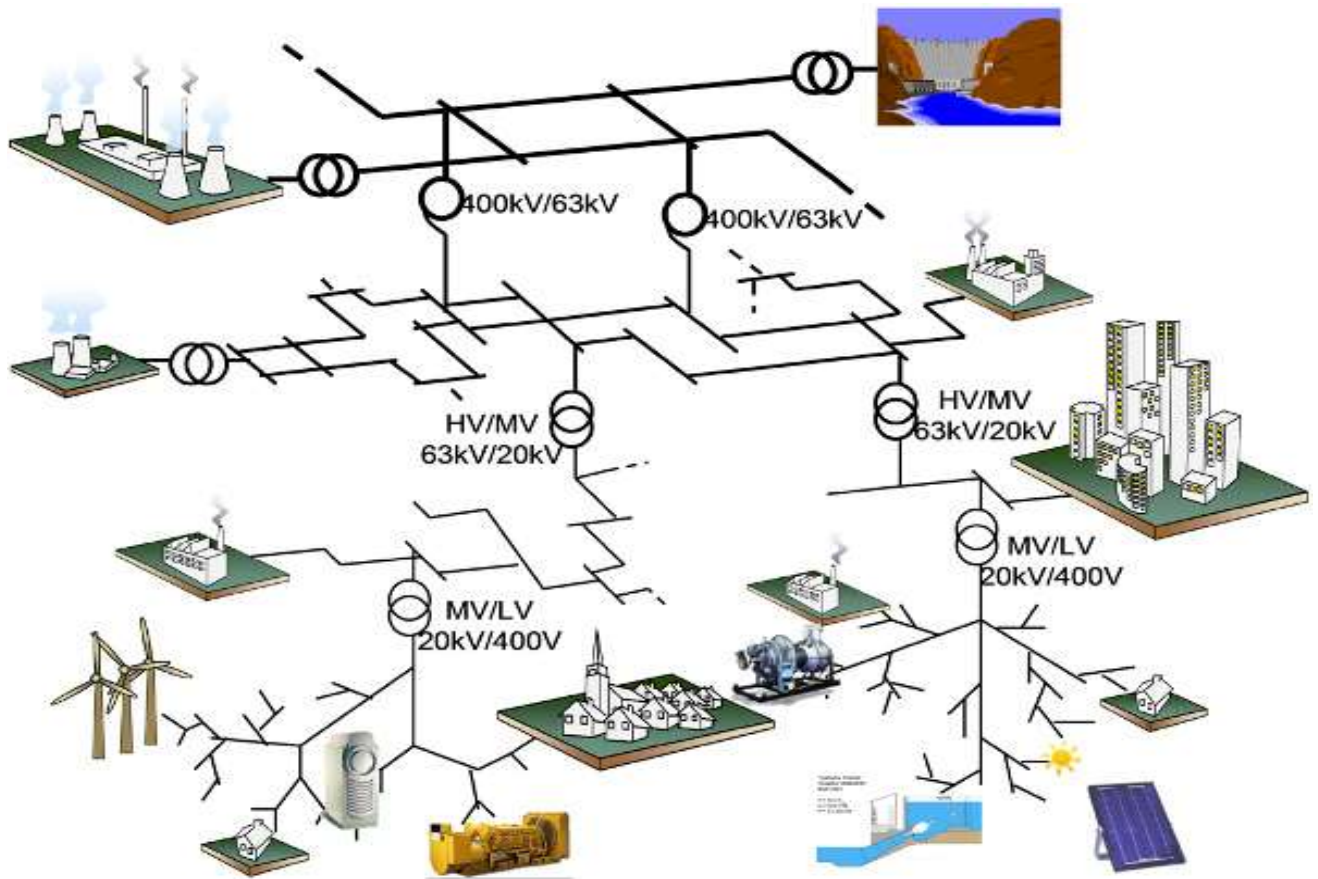


Figure I.5 Hiérarchisation d'un réseau électrique[2]

I.6 Topologie des réseaux électriques[4]:

Les réseaux de transport d'énergie et l'interconnexion sont constitués d'ouvrages capables de forts transit.

Les réseaux de transport d'énergie sont constitués d'ouvrages capables de forts transits et maillés. Les liaisons forment des boucles, réalisant ainsi une structure semblable aux mailles d'un filet (**Figure I.6.a**).

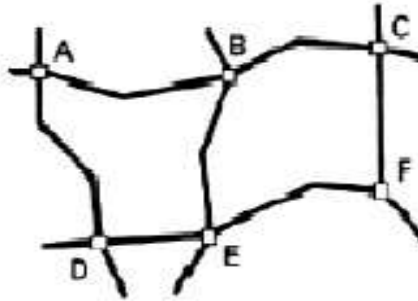


Figure I.6.a Réseaux électriques pour une structure maillée.[4]

Les réseaux de répartition qu'ils alimentent ont fréquemment une structure bouclée et peuvent alors être exploités soit en boucle fermée, le réseau est dit bouclé soit en boucle ouverte le réseau est alors dit débouclé (**figure I.6.b**)

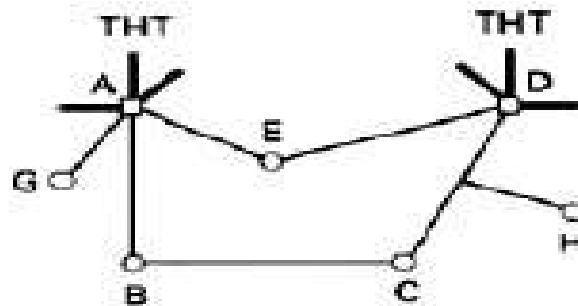


Figure I.6.b Réseaux électriques pour une structure bouclée.[4]

Ces réseaux de répartition à caractère régional fournissent l'énergie aux réseaux de distribution qui sont des réseaux à moyenne tension assurant l'alimentation d'un grand nombre d'utilisateurs soit directement, soit après transformation en basse tension. Leur configuration et leur mode d'exploitation sont variables. On peut trouver, selon les pays, des réseaux maillés

exploités débouclés, des réseaux à structure radiale (**figure I.6.c**) ou des réseaux à structure arborescente (**figure I.6.d**).

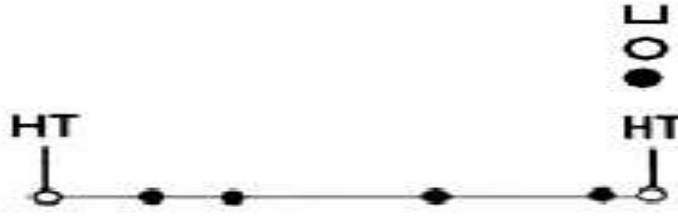


Figure I.6.c réseaux électriques pour une structure bouclée.[4]

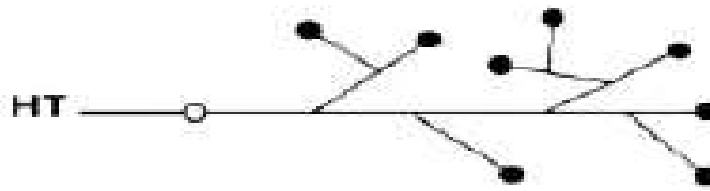


Figure I.6.d Réseaux électriques pour une structure arborescente.[4]

D'une façon générale ce sont les caractéristiques des sources de production, les besoins des utilisateurs et l'expérience d'exploitation qui ajoutés à des considérations économiques conduisent à choisir la structure topologique des réseaux.

Chaque type de structure possède des spécificités et des modes d'exploitation très différents. Les grands réseaux d'énergie utilisent tous ces types de structure. Dans les niveaux de tension les plus élevés, on utilise la structure maillée : c'est le réseau de transport.

Dans les niveaux de tension inférieurs, la structure bouclée est utilisée en parallèle de la structure maillée : c'est le réseau de répartition. Enfin, pour les plus bas niveaux de tension, la structure arborescente est quasiment exclusivement utilisée : c'est le réseau de distribution.

I.7. Différentes types des réseaux électrique [3]:

A partir des différents paramètres et topologies des réseaux ,on distingue les types suivantes:

I.7.1 Réseau de transport :

Les réseaux de transport sont à haute tension HT (de 50 kV à 400 kV) et pour transporter l'énergie des grands centres de production vers les régions consommatrices d'électricité. Les grandes puissances transitées imposent des lignes électriques de forte capacité de transit, ainsi qu'une structure maillée (ou interconnectée). Les réseaux maillés garantissent une très bonne sécurité d'alimentation, car la perte de n'importe quel élément (ligne électrique, transformateur ou groupe de production).

I.7.2 Réseau de répartition :

Les réseaux de répartition sont à haute tension (de l'ordre de 30 à 150 kV) et ont pour but d'assurer à l'échelle régionale la fourniture d'électricité. L'énergie y est injectée essentiellement par le réseau de transport via des transformateurs mais également par des centrales électriques de moyennes puissances (inférieures à environ 100 MW). Les réseaux de répartition sont distribués de manière assez homogène sur le territoire d'une région.

Ils ont une structure à la fois maillée et bouclée suivant les régions considérées. Contrairement aux réseaux de transport qui sont toujours bouclés, les réseaux de répartition peuvent être exploités bouclés ou débouclés selon les transits sur le réseau (débouclé signifie qu'un disjoncteur est ouvert sur l'artère, limitant ainsi les capacités de secours. Les problèmes de report de charge se posent également pour le réseau de répartition sa conduite est donc assurée en coordination avec celle du réseau de transport et nécessite également des moyens de simulation en temps réel.

I.7.3 Réseau de distribution :

Les réseaux de distribution ont pour but d'alimenter l'ensemble des consommateurs. Il existe deux sous niveaux de tension :

- Les réseaux moyenne tension MT de 3 à 50 KV.
- Les réseaux basse tension BT de 110 à 600 V, sur lesquels sont raccordés les utilisateurs domestiques.

Contrairement aux réseaux de transport et répartition, les réseaux de distribution présentent une grande diversité de solutions techniques à la fois selon les pays concernés, ainsi que selon la densité de population.

Les réseaux à moyenne tension MT ont de façon très majoritaire une structure arborescente, qui autorise des protections simples et peu coûteuses, à partir d'un poste source (lui-même alimenté par le réseau de répartition), l'électricité parcourt une artère (ou ossature) sur laquelle sont reliées directement des branches de dérivation au bout des quelles se trouvent les postes

MT/BT de distribution publique qui alimentent les réseaux basse tension (BT) sur lesquels sont raccordés les plus petits consommateurs.

La structure arborescente de ces réseaux implique qu'un défaut sur une ligne électrique MT entraînera forcément la coupure des clients alimentés par cette ligne, même si des possibilités de secours plus ou moins rapides existent.

Les ossatures des réseaux à moyenne tension MT européens ne sont constituées que des 3 phases. En Amérique du Nord, le fil de neutre est également distribué (3 phases + 1 neutre). Les dérivations MT quand à elles peuvent être constituées de 1 fil (cas de l'Australie où le retour de courant s'effectue par la terre) à 4 fils (cas des États-Unis), ou encore systématiquement 3 fils (les 3 phases) comme le réseau français.

Les réseaux MT aériens sont majoritaires en zone rurale, où la structure arborescente prédomine largement. Par contre en zone urbaine les contraintes d'encombrement, d'esthétique et de sécurité conduisent à une utilisation massive des câbles souterrains. Les réseaux souterrains étant soumis potentiellement à de longues indisponibilités en cas d'avarie (plusieurs dizaines d'heures), il est fait appel à des structures en double dérivation ou à des structures radiales débouclées munies d'appareils automatiques de réalimentation, permettant une meilleure sécurité d'alimentation.

Les réseaux BT résultent de la structure des réseaux MT : en Amérique du Nord les réseaux monophasés sont courants (1 neutre + 1 phase), tandis qu'en Europe la distribution triphasée avec fil de neutre est très majoritaire (1 neutre + 3 phases). La structure arborescente est là aussi de loin la plus répandue, car elle est au fois simple, bon marché, et permet une exploitation facile.

I.8 Structure générale d'un réseau électrique [4]:

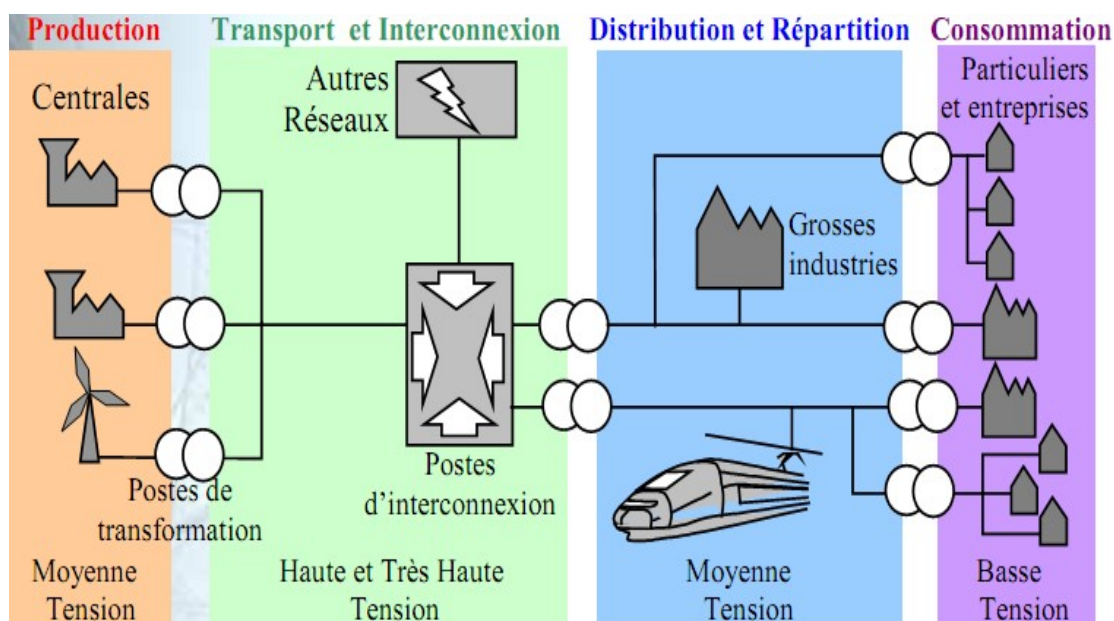


Figure I.8 Structure générale d'un réseau électrique.[4]

I.8 Caractéristiques des lignes[5]:

I.8.1 Rôle des lignes électriques:

Le transport d'énergie électrique du producteur (centrale électrique) au consommateur (ville, quartier, maison, ensemble industriel) se fait à l'aide de lignes électriques.

I.8.2 Définition :

une ligne électrique est un ensemble des conducteurs, d'isolants et d'éléments accessoires destinés au transport de l'énergie électrique, généralement les conducteurs sont en Aluminium, en Cuivre, en Aldrey et en Bronze.

Les isolants ont une partie solide (porcelaine, verre, papier, matière plastique) combinée avec un gaz (air SF₆). Ou un liquide (huile).

I.8.3 Types de lignes:

Les lignes électriques peuvent être classées en plusieurs critères:

- * situation dans l'espace : lignes aériennes ,lignes souterraines (câbles)
- * classe de tension : lignes à basse tension (<1 kV) et lignes à haute tension
- * nature de la tension : continue , alternative ,monophasée ou triphasé

I.8.4 Lignes aériennes et conducteurs:

Les lignes aériennes sont constituées par des conducteurs de phase fixes par des isolateurs sur des pylônes métalliques ,des poteaux en béton ou en bois (**figures:8.1.a,8.2.b,8.3.c**).

L'air assure l'isolement entre conducteurs et par rapport à la terre . Les isolateurs fixent les distances entre conducteurs. Ils sont en porcelaine, en verre ou en matière synthétique.

Le conducteur de garde (G) relie à la terre à chaque pylône, sert essentiellement protéger les conducteurs de phase contre les coups de foudre. Le métal des conducteurs des lignes aériennes est écroui (dur). Ces conducteurs sont généralement constitués de brins toronnés, ce qui assure la souplesse nécessaire au conducteur appelé à être enroulé et déroulé pendant la fabrication. Les conducteurs en Aluminium, Cuivre ou Aldrey ont souvent une âme d'acier qui assure la résistance mécanique.



Figure I.8.1 Pylône métallique, ligne 220KV[5]



Figure I.8.2 Poteau en béton ligne 60 kV[5]



Figure I.8.3 Poteau en bois ligne 20 KV[5]

I.8.5 lignes souterraines et câbles [5]:

Les lignes souterraines sont constituées par un ou plusieurs câbles unipolaires ou par un câble multipolaire .

Un câble unipolaire (figure I.8.5) comprend un conducteur de phase central en cuivre ou en aluminium entouré par un isolant (papier imprégné à l'huile, gaz sous pression, polyéthylène), une gaine métallique ,une protection contre l'humidité et les agressions mécaniques et chimique.

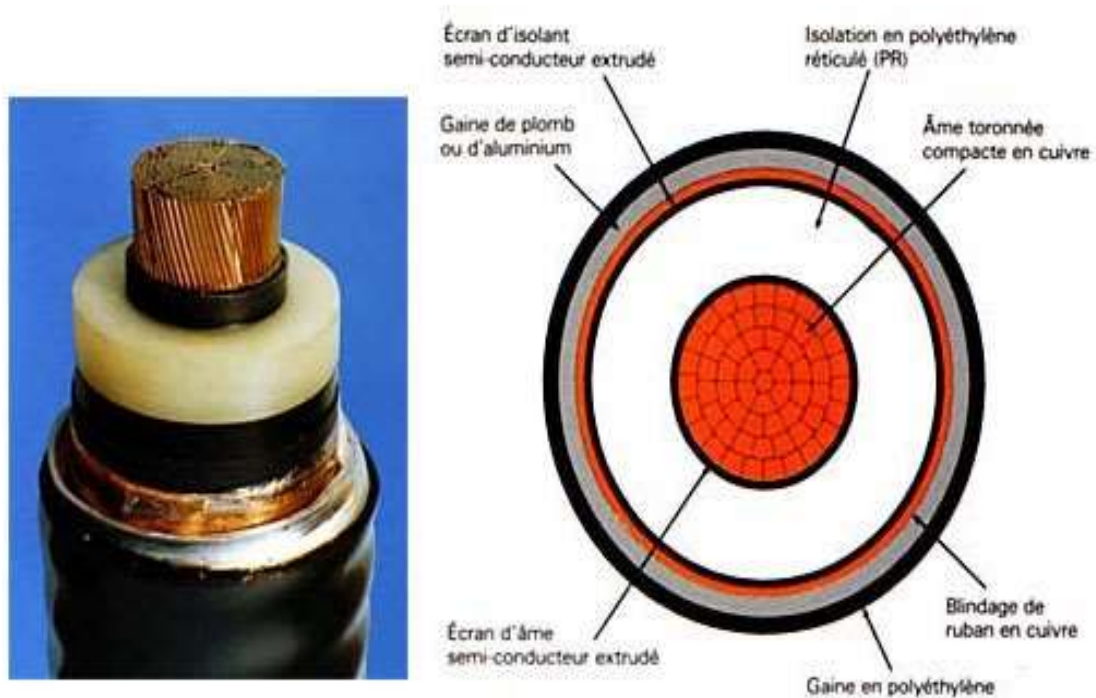


Figure I.8.5 Câble unipolaire [5]

I.9 Conclusion

Avant la consommation d'énergie électrique, cette dernière passe par trois étapes sont :

- Production d'énergie électrique au niveau des centrales de production.
- Transport l'énergie électrique par les lignes électriques.
- Distribution : l'énergie obtenue doit être transformée pour l'utilisation domestique.

La société responsable de la distribution l'électricité doit assurer une bonne qualité de service d'une part et d'autre part la continuité.

Mais en pratique, on ne peut pas obtenir une qualité parfaite qui suppose une fourniture continue à tension et à fréquence constante mais on doit toujours chercher à la rapprocher le plus possible.

En résumé l'exploitant du réseau de distribution doit mettre à sa disposition des moyens destinés à réduire aussi bien le nombre que la durée des interruptions ainsi que le maintien de la tension voisine de sa valeur nominale.

L'étude de ces moyens permet obtenir une bonne qualité de service nécessite la connaissance du fonctionnement du réseau de distribution en état sain et pour cela il faut installer les postes de transformation HT/MT qui on veut étudier dans le chapitre suivant.

Chapitre II

Postes de transformation THT-HT-MT

II.1 Introduction:

Comme il a été mentionné, le réseau électrique ne peut en aucun cas exister s'il ne contient pas des postes de transformation et d'interconnexion qui sont considérés les nœuds du réseau maillé ou aboutissent les lignes de transport de l'énergie.

A l'intérieur de chaque centrale, un transformateur élévateur est nécessairement installé afin d'avoir une tension élevée essentielle la distance qu'on va parcourir pour le cheminement.

A la sortie de chaque centrale des postes d'évacuations sont installés et comme leur nom l'indique ils permettent d'évacuer l'énergie de la centrale à la ligne de transport.

La haute tension doit être encore une fois abaissée par des postes de transformation, (dont leur constitution est semblable à ceux installés à la sortie des centrales) situés près des grands centres de consommation.

II.2 Structure des postes [7]:

L'ensemble des appareils de coupure ou d'isolement (disjoncteurs et sectionneurs), ainsi que l'appareillage de mesure et de protection propre à une liaison, sont regroupés dans une travée.

Outre les jeux de barres, un poste comporte donc autant de travées que de liaisons qui y sont raccordées.

Le plus souvent un poste comporte un ou deux, voire trois jeux de barres. Chaque liaison peut être reliée à l'un ou l'autre de ces jeux de barres. Il est ainsi possible de constituer des nœuds que l'on peut éventuellement relier entre eux par l'intermédiaire d'une liaison courte, comportant des organes de coupure et d'isolement (disjoncteurs et sectionneurs) et appelée couplage.

Un deuxième jeu de barres se justifie non seulement parce qu'il permet une meilleure exploitation du réseau, mais aussi parce qu'il est pratiquement indispensable à la sécurité de fonctionnement du réseau.

La défaillance d'un jeu de barres rend en effet indisponible l'ensemble des liaisons qui y sont raccordées, et revêt donc un caractère particulièrement grave pour le fonctionnement du réseau si l'on ne dispose pas d'un second jeu de barres utilisable en secours. Il est par ailleurs nécessaire, à moins d'accepter de se priver de la totalité d'un poste, donc de l'ensemble des liaisons qui y sont raccordées de disposer de deux jeux de barres pour les soumettre alternativement aux opérations d'entretien indispensables.

Voir le schémas ci -dessous (**figure II.1**) qui donne une vue simplifiée sur le poste :

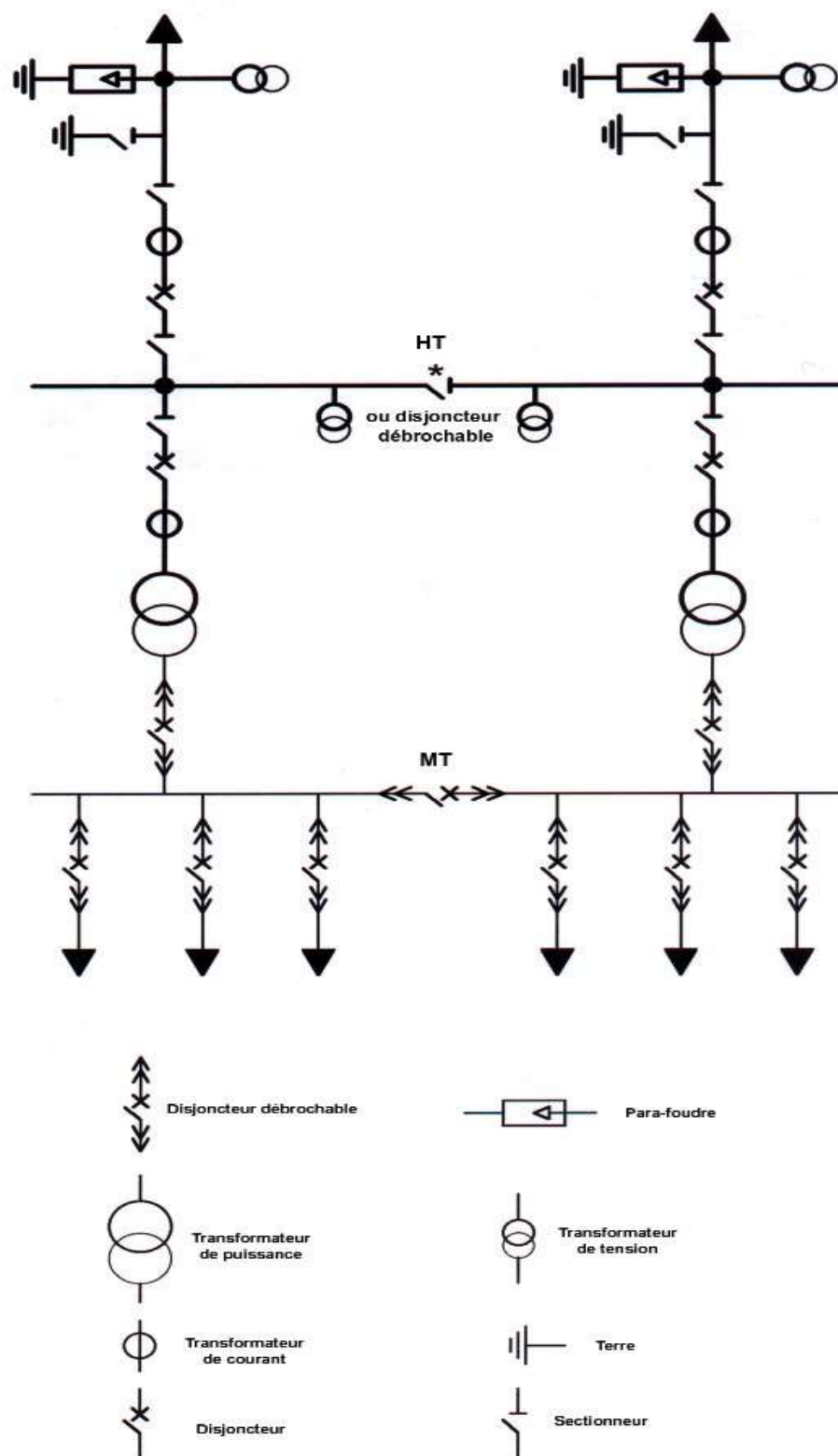


Figure II.1 Schéma Unifilaire avec simple jeu de barre haute tension [7]

II.3 Types des postes [8]:

Les postes peuvent être très différents entre eux dans le domaine d'installation des équipements électriques. Il existe 3 grandes familles d'installation des postes HT/ MT.

II.3.1 Poste extérieur :

L'ensemble des appareils HT est installé à l'extérieur comme indiquée au schémas suivante:



Figure II.3.1 [8]

II.3.2 Poste intérieur:

II.3.2.a Poste à isolement dans le gaz (GIS):

Les connexions inter-appareils sont isolées dans le gaz. généralement ce dernier installé dans les bâtiments (figure II.3.2.a).

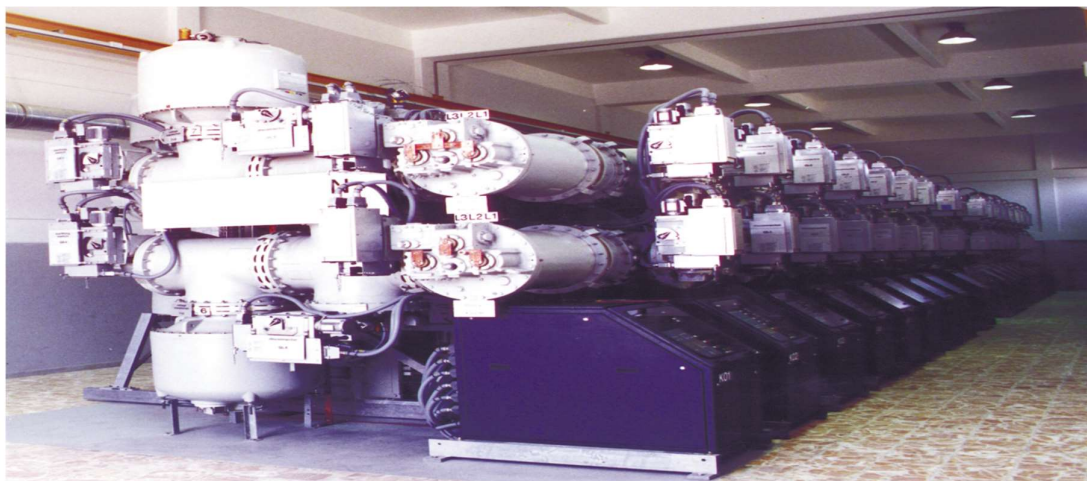


Figure II.3.2.a [8]

II.3.2.b Poste isolé à l'air

L'ensemble des appareils est installé à l'intérieur d'un bâtiment, les connexions inter-appareils sont à isolement dans l'air comme indiqué au figure ci –dessous:



Figure III.3.2.b [8]

II.4 Rôle principal des postes de transformation :

- * l'aiguillage des lignes de même tension entre elles.
- * l'évacuation de l'énergie des sources de production vers le réseau.
- * la liaison entre des réseaux de tensions différentes.

Ces actions sont assurés par un appareillage HT qui permet de:

- * contrôler le courant et la tension (TC, TT)
- * Etablir et interrompre le courant (disjoncteur).
- * Assurer la continuité de l'isolement d'un circuit(sectionneur)
- * Modifier la tension en la abaissant.

II.5 Appareillages d'un poste de transformation:

On constate 3 travées principales:

Travée ligne

Travée transformateur

Travée couplage

Chaque travée est composée généralement l'appareillage suivant:

- Disjoncteur.
- Sectionneur Parafoudre.
- Réactance de compensation.
- Sectionneur de mise à la terre.
- Transformateurs de puissance.
- Transformateurs de mesure.

II. 5.1 Jeux de barres:

Ouvrages électriques triphasés permettant de relier entre eux les départs de même tension et de matérialiser le nœud.

Dans cette section de jeux de barres ,on distingue aussi des cellules de couplage des jeux de barres, Ces cellules sont composées des: disjoncteurs, sectionneurs et des réducteurs de mesures, la fonction des cellules de couplage est de relier deux jeux de barres quelconques du poste.

II.5.2 Les disjoncteurs:

Tout en protégeant les installations qui sont placées après eux, ils interrompent les courants importants soit automatiquement après un défaut (court-circuit) soit manuellement.

Il y a plusieurs types de disjoncteurs:

A l'huile

A air comprimé

Au SF6

A vide

La coupure se fait après que le courant dépasse la valeur indiquée sur la plaque signalétique ,ou bien par l'intervention d'un relais (**figures II.5.2.a et II.5.2.b**) .

II.5.2.1 Principe de fonctionnement en présence d'un disjoncteur à relais:

Quand le courant dépasse une certaine valeur dans la ligne la bobine du relais est alimentée par le courant secondaire d'un transformateur de courant par effet inductif on aura la fermeture de C1,C2 (qui s'attirent par effet magnétique) puis la fermeture du circuit de la bobine de déclenchement qui tire avec elle les trois contacts mis sur la ligne (**figure II.5.2.1**).

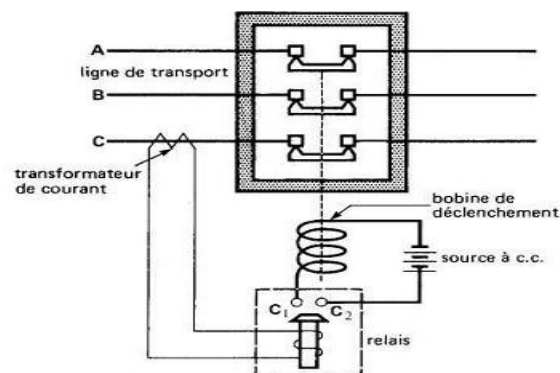


Figure II.5.2.1 Commande d'ouverture d'un disjoncteur à relais.[8]



Figure II.5.2.a disjoncteur 400 Kv [8]



Figure II.5.2.b: disjoncteur 220Kv [8]

II.5.3 Transformateur de puissance:

Abaissier la tension disponibles lors que le poste est destiné pour la transformation. On peut trouver pour une ligne triphasée un seul transformateur triphasé ou bien un (01) transformateur monophasé pour chaque phase de la ligne mais il se trouve que celui triphasé est plus léger, moins couteux et un très bon rendement comparé aux trois transformateurs monophasés unis (voir les figures ci dessous (II.5.3) ,(II.5.3.1) et (II.5.32)).

II.5.3.a Tension de court-circuit:

Elle est déterminée pour dimensionner les disjoncteurs qui doivent interrompre les courant de court-circuit qui sont élevés. Exprimée en pourcentage, c'est une tension à la borne du primaire lorsque le secondaire est en court-circuit.

II.5.3.b Circuit magnétique :

Le rôle du noyau magnétique est de guider le flux qui doit être d'une grande densité pour de meilleures performances du transformateur, On a les circuits magnétiques suivants: trois colonnes, cinq colonnes (trois bobinées au centre les deux restantes non d'une section moindre qu'au précédentes, cuirassé à 7 branches).

II.5.3.c Composants associés au transformateur de puissance :

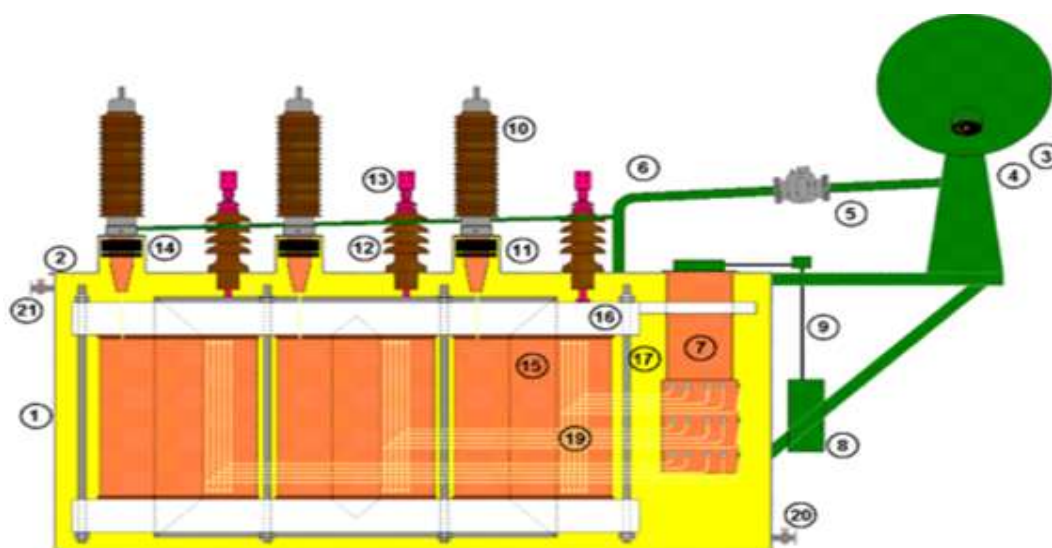


Figure II.5. 3: Composants d'un transformateur de puissance [8]

- | | |
|---|--|
| 1. Cuve | 2.Couvercle |
| 3. Conservateur | 4. Indicateur de niveau d'huile |
| 5.Relais Bucholz | 6.Tuyau d'huile |
| 7.Changeur de prises | 8.Moteur électrique du changeur de prises |
| 9. Transmission mécanique du changeur de prises | 10.Connexion du primaire |
| 11.Traversée | 12. Connexion du secondaire |
| 13. Contact du secondaire | 14. Transformateur de courant |
| 15. Enroulements | 16. Noyau magnétique |
| 17. Élément mécanique maintenant le noyau magnétique et les enroulements ensemble exerçant une force de compression | |
| 18. (non représenté) | 19. Connexion du changeur de prises aux enroulements |
| 20. Robinet d'huile | 21. Robinet d'air |

- Il y a aussi quelques éléments importants:

II.5.3.d Changeur de prise :

Le changeur de prises permet au transformateur de faire varier son rapport de conversion en jouant sur la valeur de l'inductance des enroulements

(au primaire ou au secondaire) Cela permet de régler le niveau de tension du réseau électrique.

Ils est institué en général sur le côté du transformateur et dispose d'une cuve d'huile séparée. Les arcs électriques se produisant lors de la commutation des prises de composent en effet l'huile et nuisent aux propriétés diélectriques de celle-ci, il est donc nécessaire de ne pas la mélanger avec l'huile saine.

II.5.3.e Conservateur:

Le conservateur est un réservoir d'huile surplombant le transformateur, la température de l'huile n'étant pas constante elle dépend de la température extérieure et de la charge du transformateur, elle se dilate plus ou moins selon les circonstances. Ainsi une augmentation de la température de 100 Kelvin entraîne une augmentation du volume d'huile de l'ordre de 7 à 10 %. Il est donc nécessaire en cas de forte température de stocker le surplus, dans les cas des transformateurs dit « respirant » ce rôle est rempli par le conservateur. Ce cylindre métallique peut être séparé en deux parties distinctes à l'aide d'une membrane de caoutchouc, dit « diaphragme », d'un côté l'huile du transformateur, de l'autre de l'air sec (de l'humidité pourrait avec le temps traverser la membrane et dégrader les propriétés diélectriques de l'huile). Parfois l'huile est directement en contact avec l'air. Celui-ci est rendu sec grâce à un dessiccateur se trouvant entre la poche d'air et l'extérieur. L'huile peut donc monter ou descendre dans le conservateur sans être en contact avec l'air.

Des solutions alternatives au conservateur existent. On peut par exemple remplir le sommet du transformateur d'un gaz neutre pour l'huile. On peut également concevoir les radiateurs de refroidissement de manière à ce qu'ils adaptent leur taille en fonction de la température, comme le fait Alstom pour des transformateurs de moyenne puissance 10 à 136 MVA. On parle alors de transformateur « hermétique ». Ce système est répandu pour les transformateurs de distribution.

II.5.3.f Relais Bucholz :

Un relais Bucholz est un mécanisme se déclenchant quand une trop grande quantité de gaz est produite dans le transformateur, témoignant d'une décharge électrique dans l'huile.

Il est placé entre la cuve d'huile et le conservateur, si le relais se déclenche le transformateur . Il ne se déclenche cependant que quand le défaut est déjà assez prononcé*



Figure II.5.3.1 Vue de face d'un transformateur de puissance 220/63 kV (100MVA) [8]



Figure II.5.3.1 Vue arrière d'un transformateur de puissance [8]

II.5.4 Sectionneurs :

Ils ne permettent d'ouvrir le circuit qu'en cas de l'absence de tout courant pour :

- Isolation des disjoncteurs ou des lignes du réseau pour l'entretien.
- Ils ont un rôle d'aiguillage. Voir les figures ci-dessous : (5.4.1), (5.4.1)) et (5.4.2).

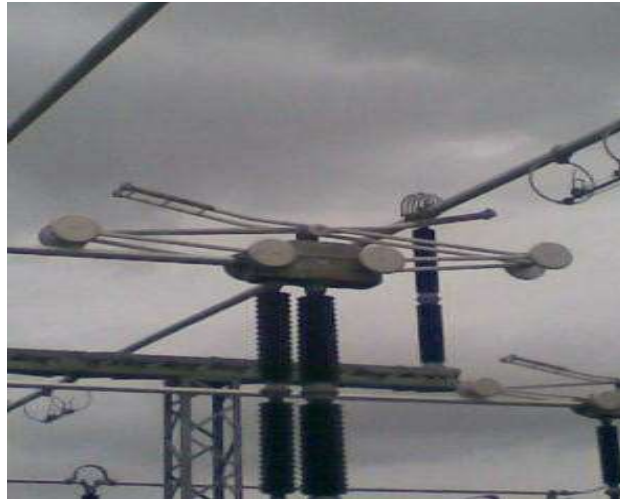


Figure II.5.4.1.: sectionneur ouvert [12]



Figure II.5.4.2 Sectionneur fermé [12]



Figure II.5.4.2 Sectionneur ligne [12]

II.5.5 Sectionneurs de mise à la terre :

Sont des interrupteurs de sécurité qui isolent le circuit en empêchant toute apparition de tension on sur une ligne pendant l'entretien grâce à la mise à la terre.



Figure II.5.5 Sectionneur de mise à la terre [12]

II.5.6 Les parafoudres :

Protègent, contre les surtensions dues aux foudres, choc de coupures, les transformateurs et la machine électriques.



Figure 5.6 Parafoudre 400 KV [12]

II.5.7 Transformateurs de mesure :

Ces appareils de grande précision, sont installés sur des charpentes en acier galvanisé fixées sur des massifs par l'intermédiaire de crosses de scellement, leur montage et leur démontage s'opèrent au moyen de grues.

Ils permettent même de localiser un défaut sur la ligne, en cas par exemple, d'une chute d'un arbre sur la ligne.

II.5.7.1 Transformateur de courant :

Ils comportent deux enroulements secondaires, l'un pour la mesure, l'autre pour la protection, montés sur circuit magnétiques.

Aux niveaux de tension 220 KV ces transformateurs comportent trois enroulements secondaires, l'un pour la mesure et les 2 autres pour la protection.

Ils sont utilisés pour ramener la très grande valeur de l'intensité du courant dans la ligne HT à une valeur mesurable en montant le primaire du TI en série avec la ligne dans laquelle on veut avoir l'intensité du courant, pour la sécurité, il faut toujours raccorder un fil du secondaire à la masse.

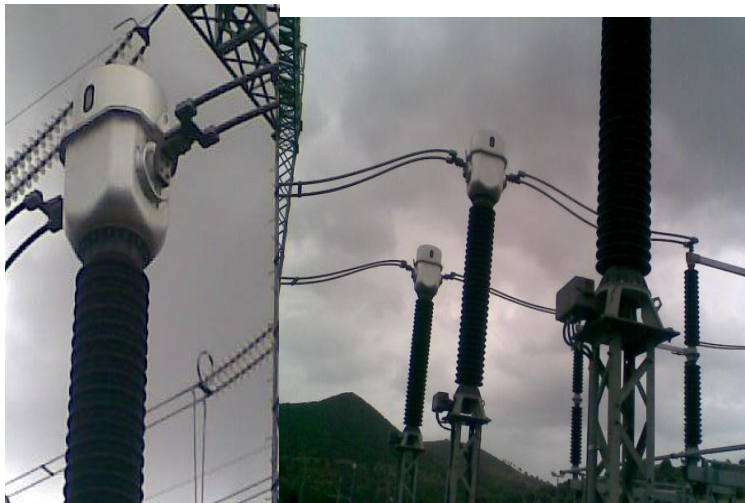


Figure II.5.1 Transformateur de courant [12]

II.5.7.2 Transformateur de tension :

De type monophasé, avec un bon choix du rapport de la transformation un passage de la HT et parfois de la THT à la BT est rendu possible car le TT délivre en son secondaire une tension qui varie entre 0 et 150 V ce qui permet l'utilisation des appareils de mesure usuels en basse tension tel que les voltmètres, wattmètre...

Ils ont aussi un rôle de protection, pour une bonne protection du personnel exploitant, le TT est installé entre une ligne et le neutre et l'enroulement secondaire du TT est raccorder à la masse.

Le raccordement à la masse est impérativement obligatoire car dans le cas contraire il s'effectue une connexion invisible entre les enroulements HT et BT du TT ce qui va induire une forte tension au secondaire, ainsi l'instrument de mesure est non isolé, ce qui est risqué pour l'utilisateur.

II.5.8 Circuit bouchon :

Les lignes ne sont pas seulement porteuses de puissances (50Hz) mais aussi d'autres signaux de commande (130Hz) et de système téléphonique et dans certains pays au fait passer même l'internet à haut débit.

Pour séparer correctement la puissance (50Hz) d'autres signaux, on utilise un classique circuit bouchon mais légèrement de taille supérieure à ceux déjà étudiés dans les laboratoires de TP connus sous le nom : circuits raisonnants parallèles les figures (II.5.8.1 et II.5.8.2).

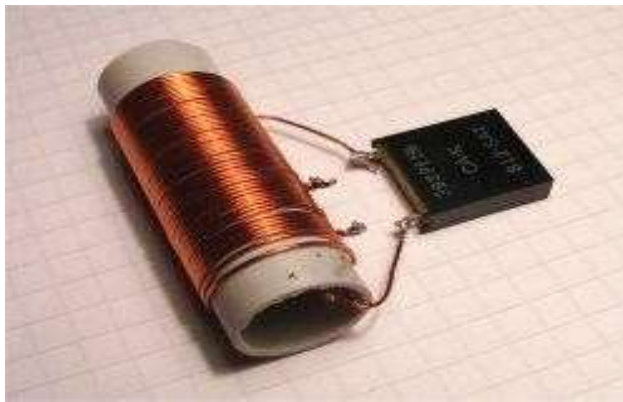


Figure II.5.8.1 Circuit composé d'une self de spires et d'un condensateur de 392 pF [12]:

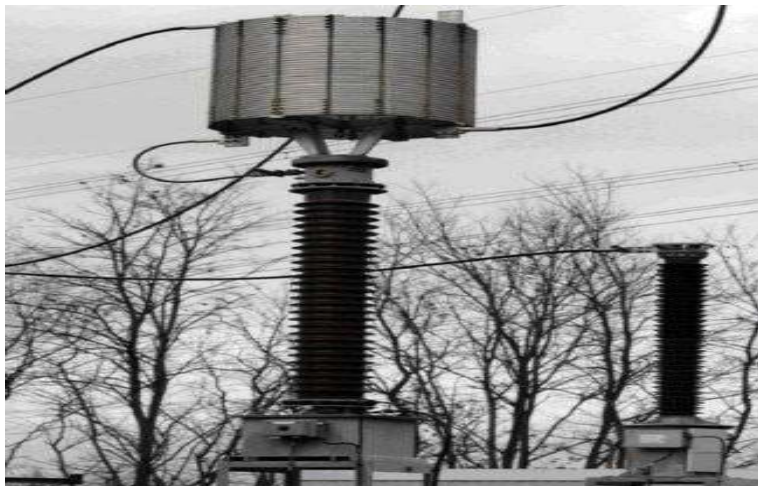


Figure II.5.8.2 Circuit bouchon.[12]

II.6 Equipement de protection:

L' équipement de protection a pour principales missions la détection des défauts du réseau par surveillance de divers paramètres (courant, tension...) ,et l'émission de l'ordre d'ouverture au disjoncteur en cas de situation anormale.

L'équipement de protection est généralement spécialisé pour réaliser la protection d'un des différents composants d'un poste de distribution électrique tels que : arrivée, départ ligne, moteur ou transformateur.

En Moyenne tension, ces matériels sont intégrés dans la cellule qui contient le disjoncteur (**figure II.6**), les contraintes d'environnement sont alors sévères (température, vibration, perturbations électromagnétiques).

Les équipements de protection sont réalisés soit en technologie électromécanique c'est la plus ancienne, ou bien en technologie électronique. (dite statique) analogique ou numérique.

Un équipement de protection numérique à microprocesseur peut effectuer en plus de sa mission principale de protection des fonctions d'automatisme, de mesure, d'auto- surveillance et de communication.

Un tel équipement s'insère alors naturellement dans des systèmes de contrôle-commande assurant des fonctions d'automatismes, consignation d'états et synoptique



Figure II.6 Cellule contient disjoncteur [8]

II.7 Conclusion

L'objectif de ce chapitre est connaître les différents équipements contribuant à la sûreté des équipements de protection d'un poste de transformation HT/MT, et pour la continuité de la fourniture d'énergie pour les zones industrielles et les besoins des assemblés urbaines par le distributeur d'électricité. Un déclenchement intempestif dû à la protection peut générer des pertes et dégâts financiers considérable à la société.

Les équipements de protection des réseaux moyenne et haute tension assurent une fonction de sûreté primordiale. Ils doivent garantir la protection des matériels et des personnes tout en assurant la disponibilité de l'énergie, leurs dysfonctionnements peuvent infliger aux exploitants des pertes financières élevées. Il est donc essentiel qu'ils répondent à de hautes exigences de fiabilité, sécurité, disponibilité et maintenance.

Pour éviter ces problèmes les équipements de protection doivent remplir certaines caractéristiques techniques et industrielles dont les plus significatives sont :

- * bien protéger les réseaux et les équipements MT et HT, grâce à des programmes ou des logiciels adaptés aux diverses fonctions de protection.
- * être simples à mettre en œuvre, à exploiter et à maintenir.
- * être fiables dans un environnement sévère.
- * être capables de s'auto-surveiller.
- * posséder une position de repli sûre.

Grâce au travail des fiabilistes et des qualitiiciens en cours de conception, les équipements de protection numérique, actuellement sur le marché, répondent à ces exigences.

Aujourd'hui, tirant parti du développement des communications numériques et de la supervision, la fonctionnalité des équipements de protection s'étend dans le domaine du contrôle-commande pour une gestion optimisée de la distribution électrique.

Chapitre III

**Influence des facteurs climatologiques
sur la charge électrique**

III.1 Introduction :

L'énergie électrique élevée qu'il est transporté par les lignes de transport nécessite d'abaisser la tension pour abaisser la perte électrique et dans ce cas, on doit installer des postes électriques pour faire ce travail, ces derniers se fonctionnent généralement au même principe et ça à partir de transformer la haute tension de norme THT ou HT à la norme MT et de structure assimilé généralement.

Dans ce chapitre, on veut étudier une poste électrique qui transforme la tension 220KV à 30KV ce poste se situe dans la région de GHAMRA, 25 Km Nord Est de la wilaya d'El oued.

On veut étudier aussi l'influence des facteurs climatologiques sur la charge électrique. Cette étude permet de donner une estimation du modèle entre l'état actuelle et l'état estimée et à partir les résultats, on déduit l'impact du chaque facteur.

III.2. Description de la poste de source 220/30KV GHAMRA [1] :

Le poste de transformation 220/30 KV de Ghamra se situe environ 25 Km au Nord-Est du chef-lieu.

Elle est alimentée par quatre arrivées :

- De centrale thermique HASSI MESSAOUD.
- La ligne 220KV LABRAG.
- La ligne 220KV BISKRA.
- La ligne 220KV OUED EL ALLEND.

Ce poste source couvre le besoin des abonnés de 12 communes : Guemar, Taghzout, Ourmes, Réguiba, Debila, Sidi Aoun, Hamadine, Magrane, Hassani Abdelkrim, Trifaoui, Hassi Khalifa et Taleb Larbi.

Par 14 départs sont :

- Départ n°01 : H01 oued el maleh.
- Départ n°2 : H02 Magrane.
- Départ n°3 : H03 Sidi Aoun.
- Départ n°4 : H04 hamaissa.
- Départ n°5 : H05 Debila.
- Départ n°6 : H06 Hassani Abdelkarim.
- Départ n°07 : H07 Trifaoui.
- Départ n°08 : H08 Ourmes.
- Départ n°09 : H09 Taghzout.
- Départ n°10 : H10 Aéroport.
- Départ n°11 : H11 Arafidji.
- Départ n°12 : H12 Réguiba
- Départ n°13 : H13Hobba
- Départ n°14 : H14 Taleb Larbi.

III.3. Caractéristiques des transformateurs de la poste source [1]:

III.3.a. Partie d'haute tension HT :

- Nombre des transformateurs : 02
- Puissance installée : (2*120) MVA
- Couplage Y/ Δ /Y (220KV vers 60 et 30KV)
- Fréquence : 50hz

III.3.b. Partie de la moyenne tension MT :

- Nombre des transformateurs : 02.
- Puissance installée :(45*2) MVA.
- Couplage Y/ Δ /Y.
- Fréquence : 50hz.
- Nombre des départs : 14 départs.

III.4. Différentes notions et formules de calculs utilisés [2]:

III.4.1 Calcul de la puissance appelée :

III.4.1.a La puissance instantanée :

C'est la puissance consommée par un récepteur monophasé alimenté par une tension sinusoïdale et qui peut se mettre sous la forme :

$$P = \underbrace{V.I.\cos(1-\cos 2\omega t)}_A - \underbrace{V.I.\sin\phi.\sin 2\omega t}_{B} \dots\dots (III.1)$$

Si le courant et la tension sont sous la forme :

$$I(t) = I_m \sin(\omega t + \phi) \dots\dots\dots (III.2)$$

$$V(t) = V_m \sin \omega t \dots\dots\dots (III.3)$$

V(t) et I(t) sont la tension et le courant du récepteur.

La valeur moyenne de composante (A) est appelée puissance active elle s'exprime :

$$P = (V_{eff} I_{eff} \cos \phi) \text{ en watt } \dots\dots\dots (III.4)$$

La composante (B) caractérise un échange de puissance fluctuante, de valeur moyenne nulle, entre le récepteur et le réseau, cette composante est appelée puissance réactive et elle exprimée en voltampère réactive.

$$Q = (V_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \sin \varphi) \text{ en VAR} \dots \dots \dots \text{(III. 5).}$$

III.4.1.b-Puissance apparente :

Cette puissance est définie comme le produit des valeurs efficaces de la tension et du courant et elle s'exprime en voltampère :

$$(S = (V_{\text{eff}} I_{\text{eff}}) \text{ en VA}) \dots \dots \dots \text{(III. 6)}$$

Elle ne se conserve pas et elle est utilisée pour le dimensionnement des matériels.

Il existe entre P, Q et S les relations suivantes :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots \dots \dots \text{(III. 7)}$$

III.4.1.c Puissance active :

La puissance active P est une composante constante égale à la valeur moyenne de la composante (A) de la puissance instantanée P(t), cette composante représente la puissance développée par l'alternateur si celle-ci débiterait sur une résistance pure.

La puissance active P effectue le travail utile, elle se transforme en énergie mécanique (moteur) et en énergie calorifique (chaleur pour éléments résistif).

En système triphasé équilibré en régime permanent (cas général) la puissance active P est donnée par l'expression suivante :

$$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi \dots \dots \dots \text{(III.8)}$$

III.4.1.d Puissance réactive :

Elle est utile lorsqu'il existe un déphasage entre la tension et le courant qui traverse le récepteur c'est -à- dire lorsque celui -ci comporte des inductances ou des condensateurs en régime sinusoïdale, elle caractérise l'existence d'une composante de courant qui ne donne lieu à aucun échange de puissance moyenne mais qui occasionne des pertes et des chutes de tension en cas

d'excès. Dans le cas considéré d'un régime sinusoïdal, les puissances réactives produites et consommées se conservent au même titre que les puissances actives. En système triphasé équilibré en régime permanent (cas général) la puissance réactive est donnée par l'expression suivante :

$$Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi \dots \dots \dots (III. 9).$$

III.5. Calcul des pertes de la puissance dans le réseau [2]:

Les pertes de puissance sont inversement proportionnelles au carré de la tension et proportionnelle à l'impédance. En conséquence, on aura l'intérêt à effectuer le transport avec une tension élevée afin de diminuer :

- L'intensité de courant.
- Les pertes de la puissance.
- Les chutes de tension.

Les pertes de puissance active et le consommer par les éléments de réseau dans les lignes triphasées sont données par les relations :

$$- \Delta P = 3I^2.R \text{ (W)} \dots \dots \dots (III.10)$$

$$- \Delta Q = 3I^2.X \text{ (VAR)} \dots \dots \dots (III.11)$$

Avec :

- X : réactance de l'élément considéré.
- R : résistance de l'élément considéré.
- I : Le courant traversant cet élément

$$S = P + jQ \dots \dots \dots (III.13)$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} \dots \dots \dots (III.12)$$

- U_n : La tension composée.

Les relations (III .10) ,(III.11) et (III .12) deviennent :

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} . R \text{ (w)} \dots \dots \dots (III. 14)$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} . X \text{ (VAR)} \dots \dots \dots (III. 15)$$

III.6. Calcul des pertes de puissance relatives [3]:

Les pertes de puissance relatives c'est le pourcentage des pertes des puissances active et réactive par rapport à la puissance totale (active, réactive) qui est transitée dans le tronçon et qui se calcule par la relation suivante :

$$\Delta Q = \frac{\Delta Q_j}{Q_j} . 100$$

$$\Delta P = \frac{\Delta P_j}{P_j} . 100$$

III-7- Calcul de la chute de tension :

Tous les paramètres des lignes R_i et X_i représentent respectivement les résistances et les réactances linéaires du tronçon. Les résistances et les réactances r_i , x_i sont données par :

$$r_i = R_i . L_i ; \quad x_i = X_i . L_i \quad \text{en } (\Omega/\text{km})$$

Le tableau suivant représente les résistances et les réactances linéiques ainsi que les limites thermiques des conducteurs utilisés par groupe SONELGAZ.

Matière	Section en (mm^2)	R (ohm/km)	X (ohm/km)	Limite thermique
Almélec	34.4	0.958	0.35	140
	93.3	0.357	0.35	270
	54.6	0.603	0.35	190
AL	120	0.253	0.35	198
Cuivre	95	0.194	0.35	250
Souterrain Cuivre	70	0.269	0.35	230

Tableau III-1 Représente les résistances et les réactances linéiques ainsi que les limites thermiques des conducteurs utilisés par groupe SONELGAZ

III.7- Calcul des courants transités (3) :

Vu à l'importance de la valeur du courant qui transmise les tronçons. Nous devons de calculer au niveau de chaque tronçon se basant sur la formule suivante :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} \dots \dots \dots \text{(III. 13)}$$

- I: courant transite par le tronçon.
- S: puissance transite par le tronçon.
- U: la tension au niveau de tronçon.

III-8- Stylisation du réseau(4):

Généralement, le nombre des éléments du réseau à étudier est très grand, ce qui rend presque impossible de retenir la totalité de ces éléments. Pour ça, il faut analyser attentivement les

caractéristiques électriques du réseau et essayer de réduire sa taille par une méthode nommée la stylisation, elle est basée sur :

- Elimination des dérivations sans importances et les ramenée à leur point d'origine.
- Maintenir les dérivations longues pouvant causer des chutes de tension.
- Maintenir les nœuds représentant des consommations importantes.

Les pointes importantes qui sont déjà maintenus, on peut les réduire en un seul nœud situé dans le centre de gravité des charges et calculé par la formule suivante :

$$X_a = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot D_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \dots \dots \dots (III. 14)$$

- P_i : la charge du poste.
- D_i : la distance entre le poste et le repère que nous choisissons.
- A : numéro du nœud.
- n : nombre de poste contenus dans le nœud a .

III-9-Influence des facteurs climatologiques sur la charge :

Certains facteurs climatiques provoquent les variations de la demande d'électricité. Lorsque le besoin de chauffage est augmenté, la quantité d'électricité consommée croît fortement. Ainsi, pendant les hivers rigoureux, la quantité d'électricité augmente sensiblement, tandis qu'elle baisse pendant les hivers plus chauds. Lors de l'interprétation de l'évolution annuelle de la consommation d'électricité, l'impact des facteurs climatiques doit être pris en compte. Toutefois, les aléas météorologiques annuels ne sont pas pertinents lorsque l'on observe les tendances de la consommation électrique à long terme.

Parmi ces facteurs on trouve les facteurs suivantes: la température, l'humidité, la vitesse du vent...etc.

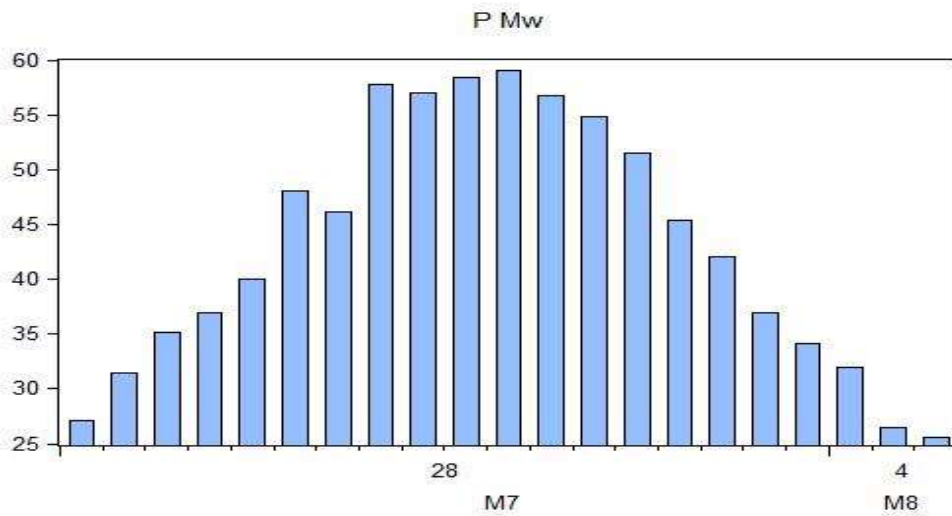
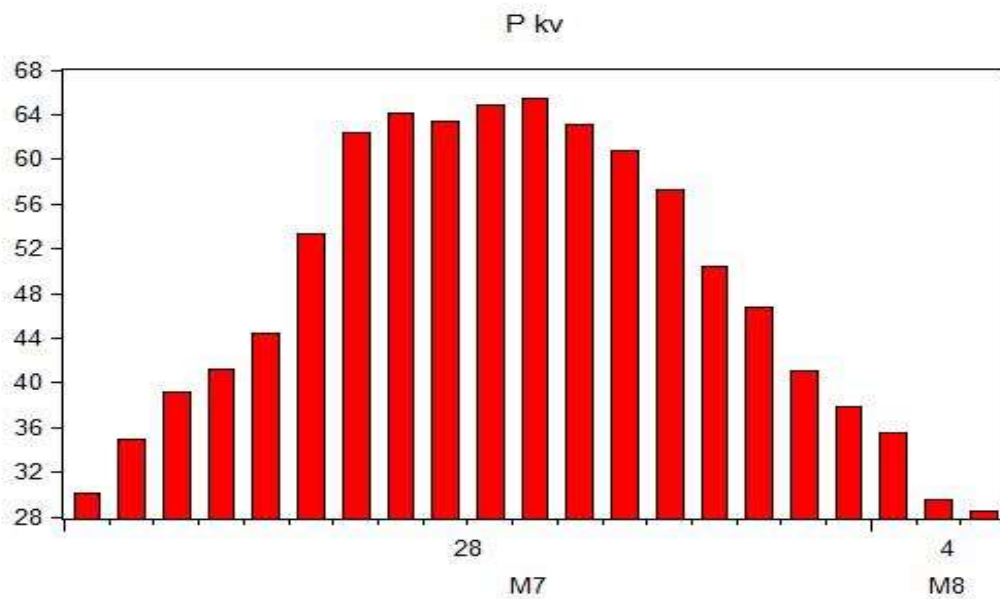
III.9.1 Variations de la charge :

Dans nos jours quotidiennes la demande à la charge augmente d'un jour à l'autre, la consommation d'énergie électrique varie selon les changements du météo (les saisons froides et chaudes).

On veut étudier dans cette partie les variations de la charge électrique dans deux différentes saisons (été 2013,2014 et 2015) et en hiver (2015 et 2016).

a- En été:

Les courbes ci-dessous représentent les changements de la charge par jour dans les années 2013, 2014 et 2015 comme les indiquées dans les figures a, b et c successivement.

**Figure a****Figure b**

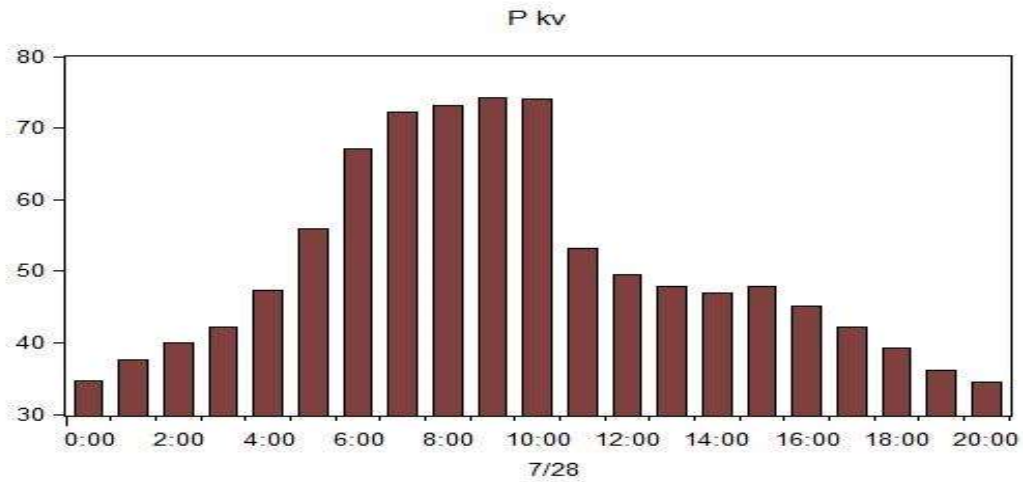


Figure c

On remarque à partir les graphes ci –dessus que la demande à la charge croit en premiers heures du jour jusqu'à atteint des valeurs maximales en conséquent l'utilisation des moyens du refroidissement, et va baisser dans la soirée jusqu'à atteint des valeurs minimales, parce que la consommation diminue dans cette période.

b- En hiver: les courbes ci-dessous représentent les changements de la charge par les heures du jour dans deux années différentes 2015 et 2016, les figures a, b successivement.

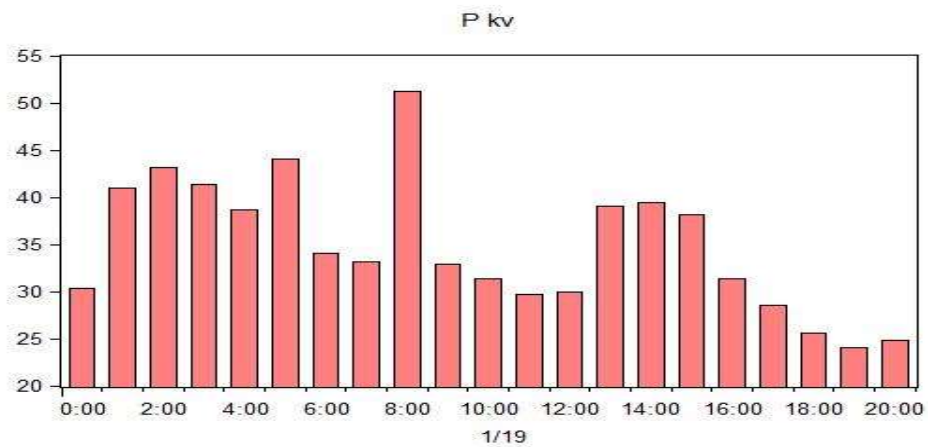


Figure a

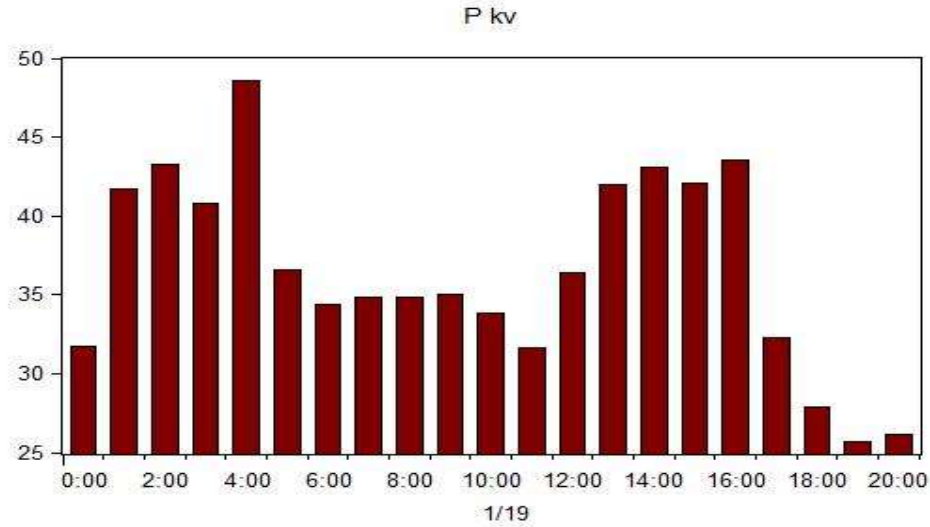


Figure b

la charge électrique inscrit des valeurs considérables en période matinée et après le coucher du soleil, dans ces deux périodes précédentes les besoins des clients à l'échauffement augmentent parce que ces périodes sont très froide.

III.10 Modélisation et estimation :

Dans ce partie des études tous les courbes et les figures obtenues à l'aide logicielle Eviews.

III.10.1 Modélisation mesurable de la charge en fonction de l'indice de chaleur :

On veut faire dans cette étape l'estimation de l'équation de la régression simple et linéaire qui concerne la charge comme une variable dépendante et l'indice de chaleur comme un variable indépendant et on a l'équation suivante qui représente la relation entre la puissance et la chaleur:

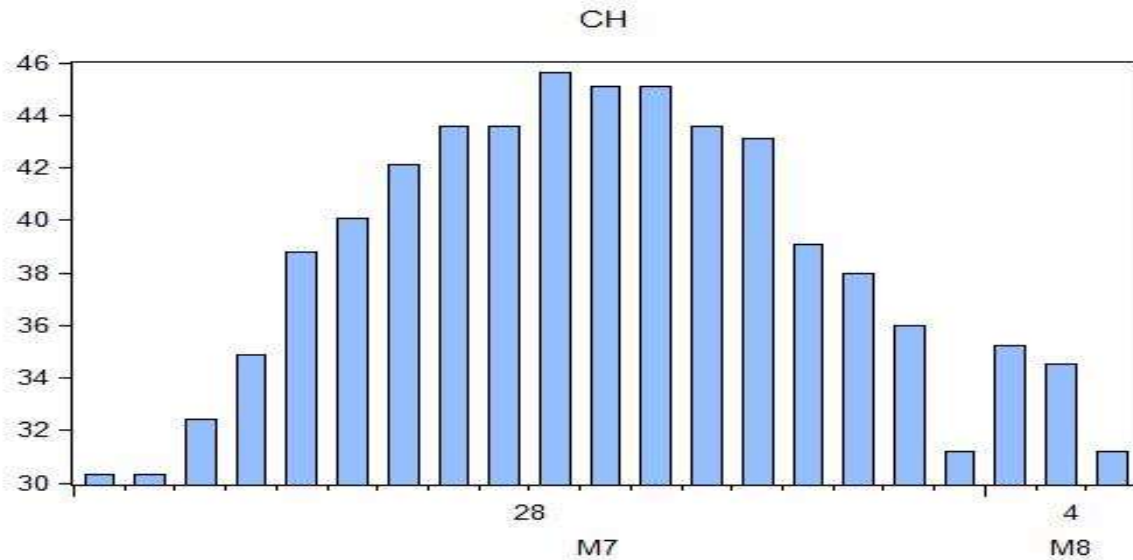
$$P \text{ (MW)} = C_1 + \beta * CH \dots \dots \dots \text{III. 10. 1}$$

Tel que : -P: la charge demandé.

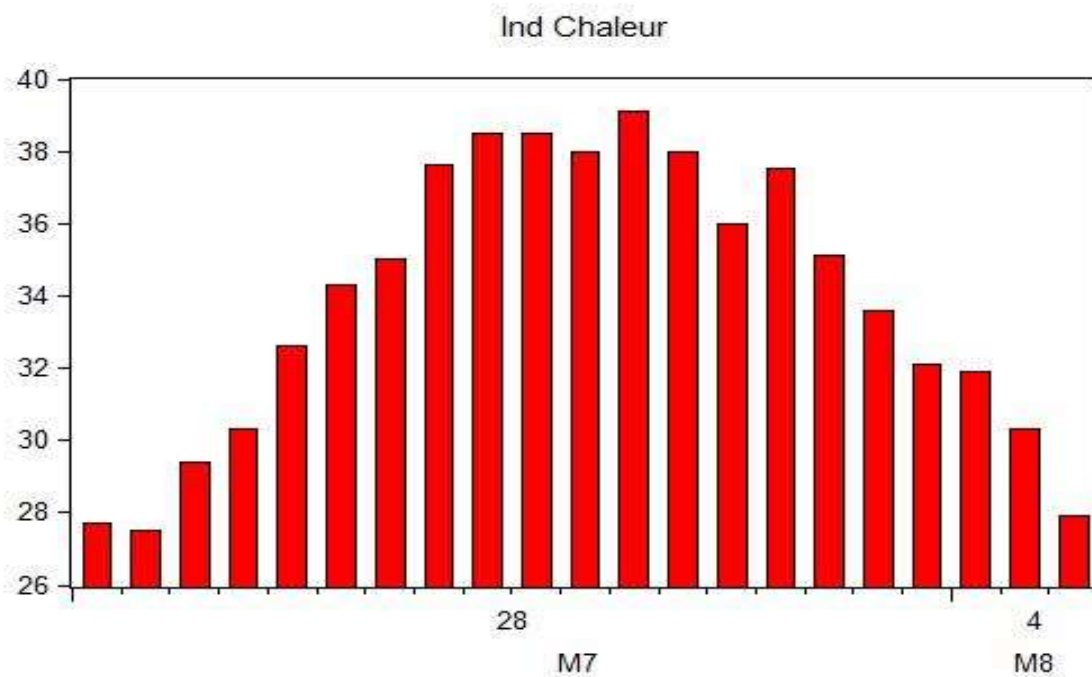
- β : le coefficient de régression entre la charge et l'indice de la chaleur.
- CH: indice de la chaleur.
- C_1 : constant.

III.10.1.1 Étude les courbes comme des variables du modèle :

Les graphes ci-dessous représentent les variations de l'indice de la chaleur pris en été 2013, 2014 et 2015 (figures a, b et c) successivement.



Graphe a



Graphe b

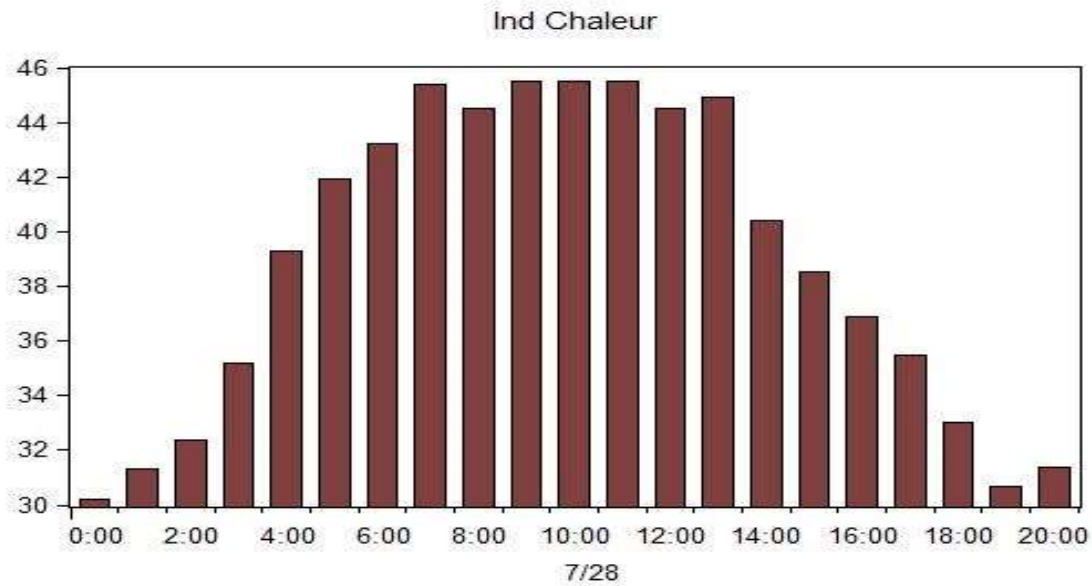


Figure c

Figure III.10.1.1

Les courbes obtenues en **figure III.10.1.1** qui concernent les variations de l'indice de la chaleur dans ces jours presque congruents dans les trois ans étudiés, en période nocturne ce dernier inscrit des valeurs minimales mais à la période diurne augmente jusqu'à atteint des valeurs considérables.

III.10.1.2 Estimation et diagnostic du modèle :

III.10.1.2.a Estimation du modèle :

La **figure III.10.1.2.a** représente les résultats d'estimation du modèle : la puissance moyenne et l'indice de la chaleur :

Dependent Variable: PMOY				
Method: Least Squares				
Date: 04/29/16 Time: 12:45				
Sample: 8/02/2016 06:00 8/09/2016 08:00				
Included observations: 21				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-36.18171	6.492757	-5.572627	0.0000
ICH_MOY	2.277693	0.175651	12.96715	0.0000
R-squared	0.898475	Mean dependent var		47.22524
Adjusted R-squared	0.893132	S.D. dependent var		12.40427
S.E. of regression	4.055039	Akaike info criterion		5.728190
Sum squared resid	312.4235	Schwarz criterion		5.827669
Log likelihood	-58.14600	Hannan-Quinn criter.		5.749780
F-statistic	168.1469	Durbin-Watson stat		0.948939
Prob(F-statistic)	0.000000			

Figure III.10.1.2.a : Résultat obtenu par Eviews

Selon la figure ci-dessus le modèle soit comme suite :

$$P(MW) = -36.18171 + 2.277693 \cdot Ch \quad \text{avec} \quad n=21 \text{ observations}$$

III.10.1.2.b Diagnostic du modèle :

Dans cette partie on veut effectuer les tests statistiques suivants :

*Test de la significativité globale du modèle:

- A partir la figure précédente (figure III.10.1.2.a) on trouve $F_C = 168.14 > F_t = 2.086$ (d'après le tableau du teste student à 5%), alors, notre modèle a une significativité globale et admis statistiquement à 5%.

- Ce modèle a une haute estimation parce que la valeur du coefficient de détermination R^2 est **0.8984**, alors la charge **P(MW)** signifie **89.84%** par la chaleur et **10.16%** signifie par autres variables n'incorporent pas à ce modèle.

* Test de la significativité des coefficients :

On remarque selon ce modèle que le teste de la significativité statistique de la charge $|t_c| = 5.57 > t_t = 4.35$ (d'après le tableau de teste Fisher).

Et au coefficient une significativité statistique à 5%, et significativité statistique de l'indice de chaleur $|t_c| = 12.96 > t_t = 4.35$ (d'après le tableau de test Fisher). et au coefficient une significativité statistique à 5%.

III.10.1.3 Comparaison du modèle estimée et original.

La figure III.10.1.3 représente les trois courbes : actuelle, estimée et le reste.

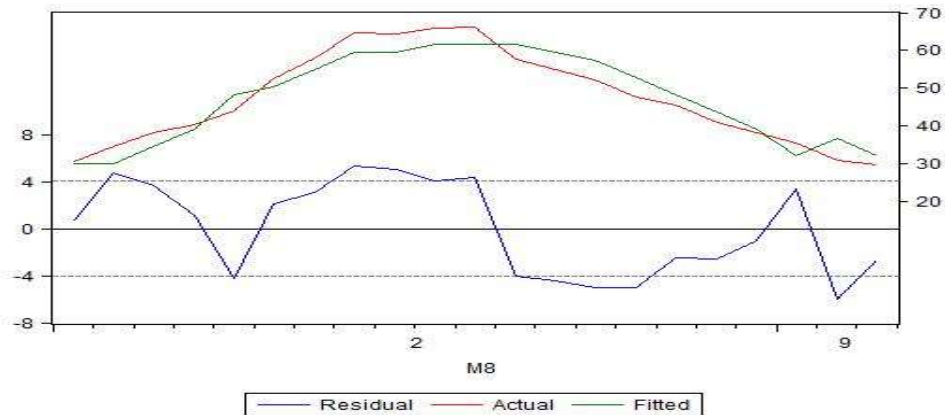


Figure III.10.1.3 : Résultat obtenu par Eviews

A partir la figure ci-dessus, on observe que la courbe estimée de la charge (**P**) est congruente relativement avec la courbe actuelle de **P**, et ça confirme que le modèle estimé est salulaire.

III.10.1.4 Analyse électrique du modèle :

L'étude statistique confirme la validité de notre modèle.

En façon électrique, on remarque que l'indice de chaleur augmente par une seul(**01**) unité et la charge **P** augmente aussi par **2.27** unités.

III.10.2 Modélisation mesurable de la charge en fonction de la température :

On fait dans cette étape l'estimation de l'équation de la régression simple et linéaire qui concerne la charge comme une variable dépendante et la température comme une variable indépendante pour cela l'équation suivante qui représente la relation entre la puissance et la température :

$$P(MW) = C_2 + \beta * T \dots \dots \dots \text{III. 10. 2}$$

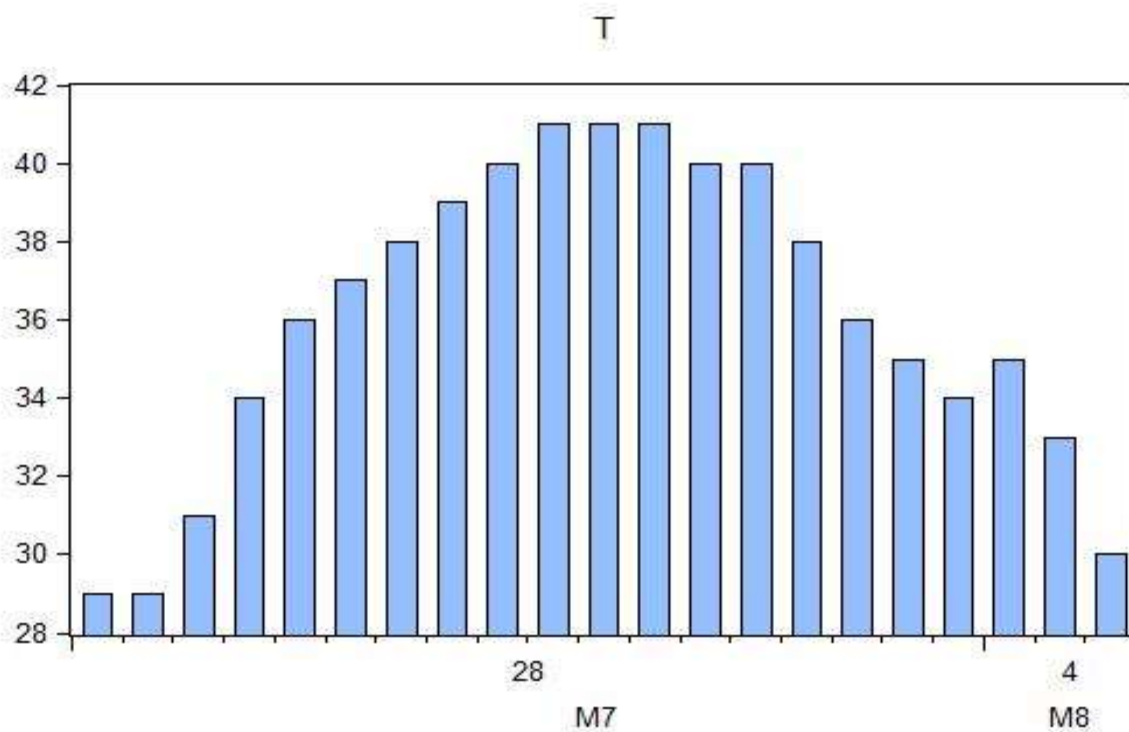
Tel que :

- P : la charge demandée.
- β : le coefficient de régression entre la charge et la température.
- C_2 : constante.
- T : la température.

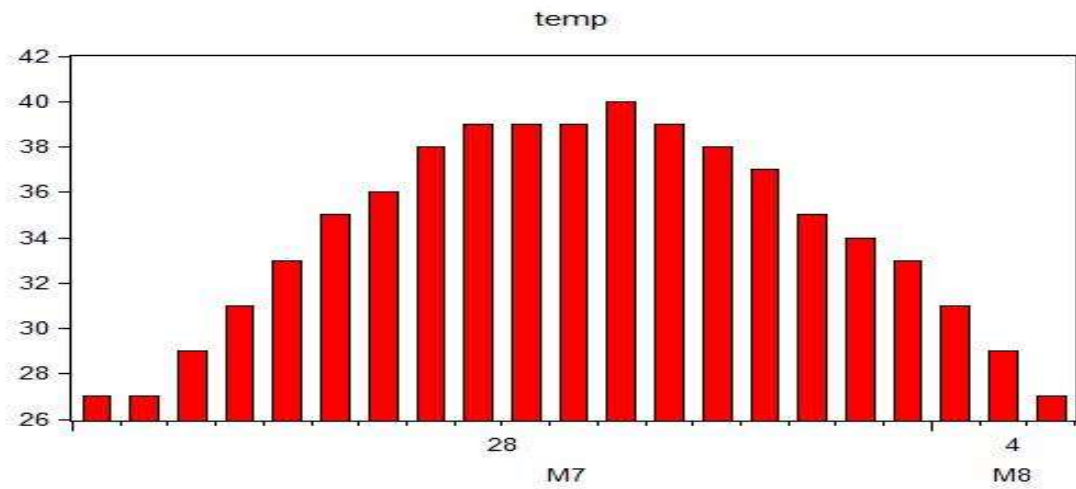
III.10.2.1 Etude les courbes comme des variables du modèle :

a-En été

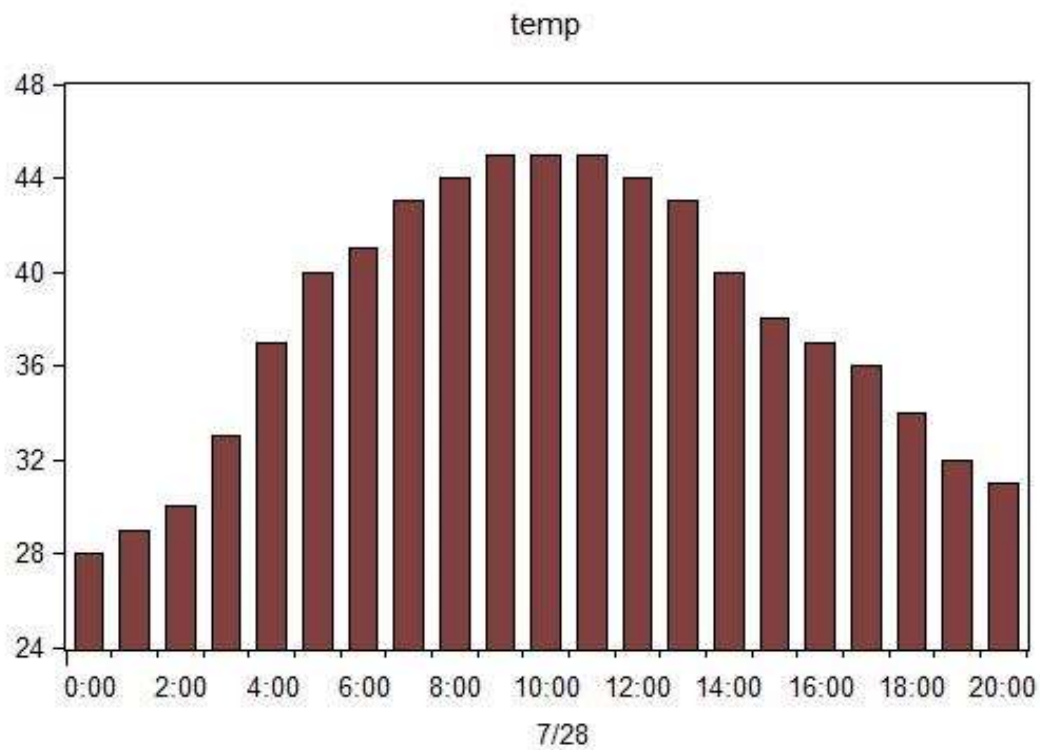
Les graphes ci-dessous représentent les variations de la température pris en été 2013,2014 et 2015 (figure a, b et c) successivement.



Graphe a



Graphe b



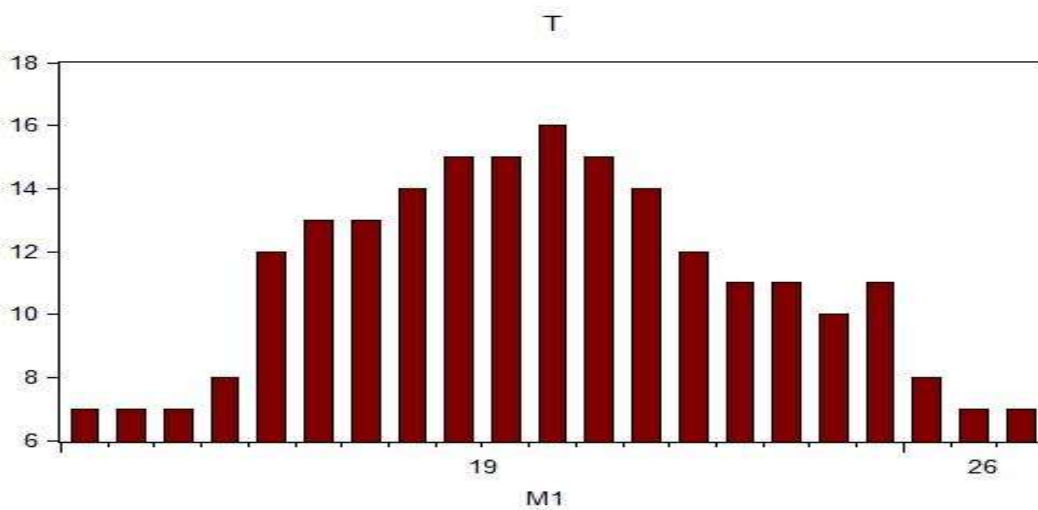
Graphe c

Figure III.10.2.1

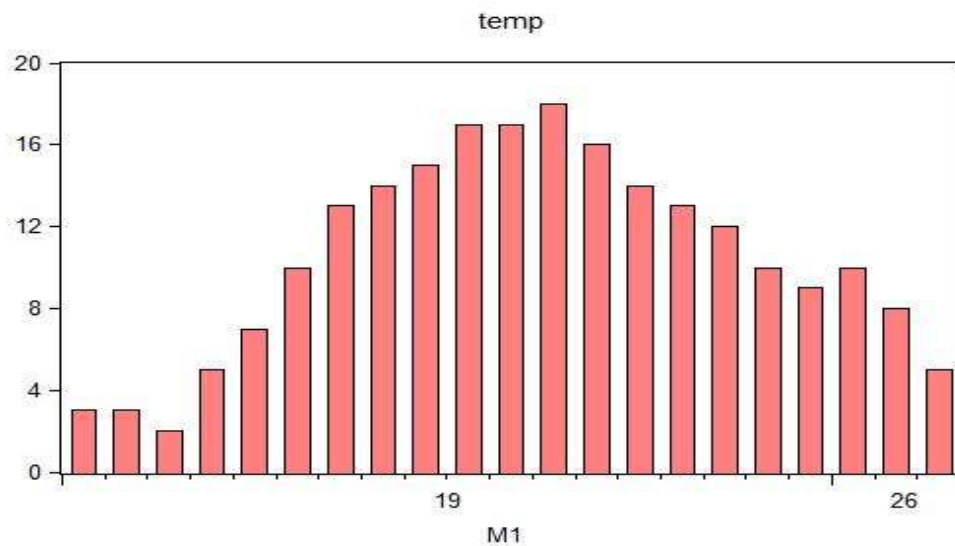
On remarque à partir la **figure III.10.2.1**, le soleil commence à se lever, la température s'accroît progressivement dans la période de 6:00^h à 8:00^h jusqu'à 32°C. A midi la température atteint une valeur maximale entre 40 °C et 46°C, et après 14 :00 la température commence de diminuer progressivement quand le soleil se cache, et atteint des valeurs minimales à minuit.

b- En hiver

Les graphes de la figure III.10.2.1 représentent les variations de la température en fonction des heures de la journée 19/01 pour les années 2015et 2016 (**figures a et b**) successivement.



Graphe a



graphe b

A partir des deux figures ci-dessus, on observe que la température inscrit des valeurs faibles à cause de l'absence des rayonnements du soleil et augmente progressivement jusqu'à inscrire des valeurs maximales à midi, et ça revient aux rayonnements du soleil qui permettent d'augmenter les valeurs de la température, et quand le soleil cache les valeurs de la température descendent aussi.

III.10.1.2 Estimation et diagnostic du modèle :

III.10.1.2.a Estimation du modèle :

La **figure III.10.2.2.a** représente les résultats d'estimation du modèle : puissance moyenne et la température :

Dependent Variable: PMOY				
Method: Least Squares				
Date: 04/29/16 Time: 12:47				
Sample: 8/02/2016 06:00 8/09/2016 08:00				
Included observations: 21				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-39.58517	8.335853	-4.748784	0.0001
T_MOY	2.430691	0.231492	10.50011	0.0000
R-squared	0.853001	Mean dependent var		47.22524
Adjusted R-squared	0.845264	S.D. dependent var		12.40427
S.E. of regression	4.879407	Akaike info criterion		6.098317
Sum squared resid	452.3637	Schwarz criterion		6.197796
Log likelihood	-62.03233	Hannan-Quinn criter.		6.119907
F-statistic	110.2523	Durbin-Watson stat		0.483396
Prob(F-statistic)	0.000000			

Figure III.10.2.2.a : Résultat obtenu par Eviews

Selon la figure ci-dessus le modèle soit comme suite :

$$P(MW) = -39.5851 + 2.4306 * T$$

III.10.2.2.b Diagnostic du modèle :

Dans cette partie on veut effectuer les tests statistiques suivants :

***Test Significativité globale du modèle:**

A partir la figure précédente (figure III.10.2.2.a) ,on trouve $F_C = 110.25 > F_t = 2.086$ (d'après le tableau de test student), alors, notre modèle a une significativité globale et admis statistiquement au 5%.

Ce modèle a une haute estimation parce que la valeur du coefficient de détermination R^2 est **0.8530**, alors la charge **P(MW)** signifie 85.30% et 14.70% signifie par autres variables n'incorporent pas au modèle.

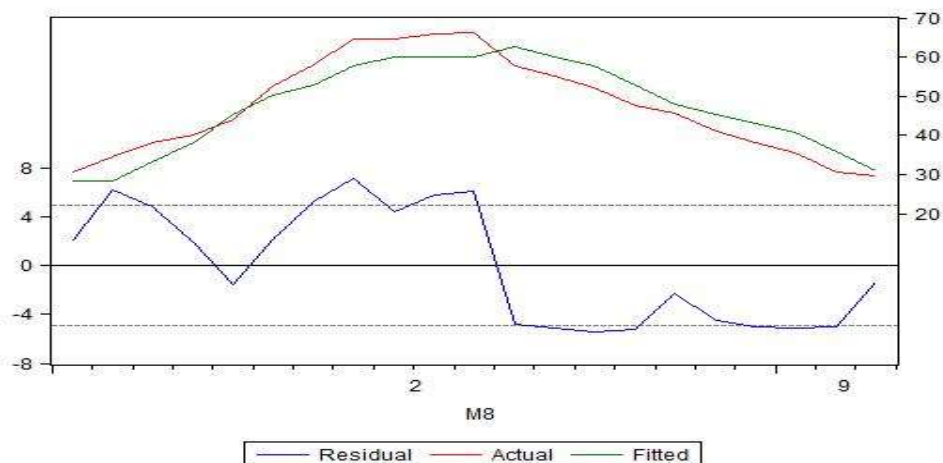
*** Test de la significativité des coefficients :**

On remarque selon ce modèle que le teste de la significativité statistique de la charge $|t_c| = 4.74 > t_t = 4.31$ (d'après le tableau de test Fisher).

Et au coefficient une significativité statistique à 5%, et significativité statistique de la chaleur $|t_c| = 10.50 > t_t = 4.31$ (d'après le tableau de test Fisher). Et au coefficient une significativité statistique à 5%.

III.10.2.3 Comparaison du modèle estimée et original.

La figure III.10.2.3 représente les trois courbes : actuelle, estimée et le reste.



La figure III.10.2.3 : Résultat obtenu par Eviews

A partir la figure ci-dessus ,on observe que la courbe estimée de la charge (**P**) est presque congruente avec la courbe actuelle (effective) du **P**, et ça confirme que le modèle estimé est salubre aussi.

III.10.1.4 Analyse électrique du modèle :

L'étude statistique confirme la validité de notre modèle.

En façon électrique, on remarque que la température augmente par une seule unité, la charge **P** augmente aussi par 2.43unités.

III.10.3 Modélisation mesurable de la charge en fonction de l'humidité :

On fait dans cette étape l'estimation de l'équation de la régression simple et linéaire qui concerne la charge comme une variable dépendante et l'humidité comme un variable indépendant pour cela l'équation suivante qui représente la relation entre la puissance et l'humidité:

$$P(MW) = C_3 + \beta * hum + \dots \dots \dots \text{III. 10. 3}$$

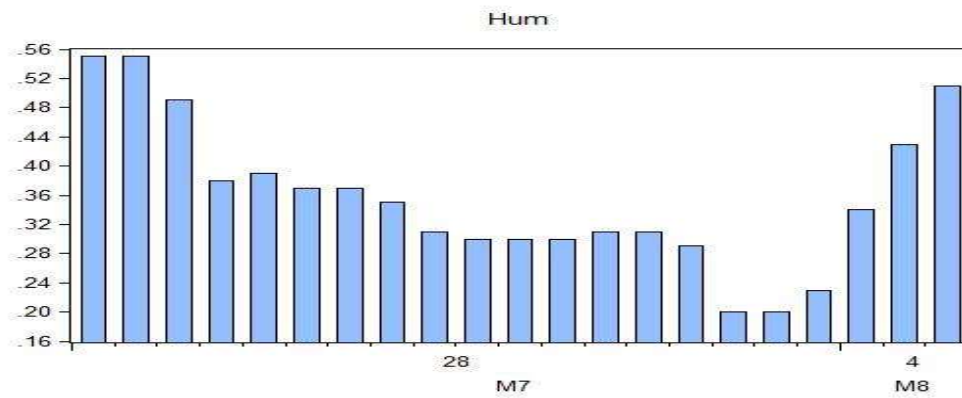
Tel que :

- **P** : la charge demandée
- **β** : le coefficient de régression entre la charge et la température.
- **hum** : l'humidité.
- **C_3** : constante.

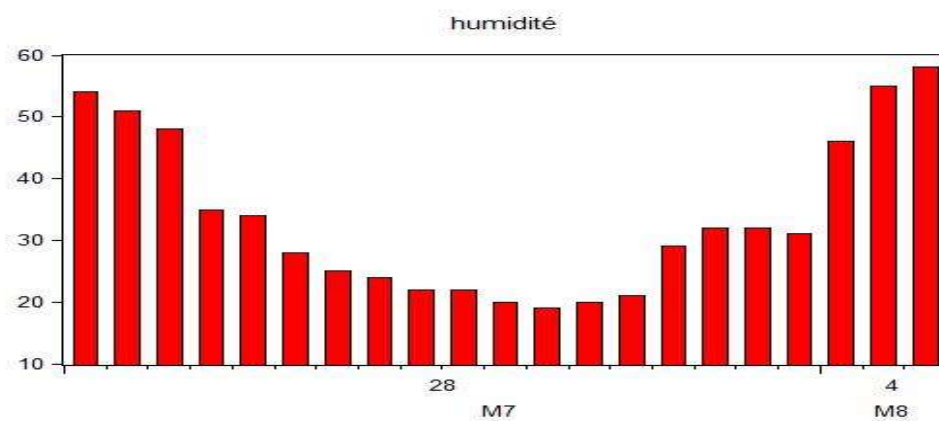
III.10.3.1 Etude les courbes comme des variables du modèle :

a-En été :

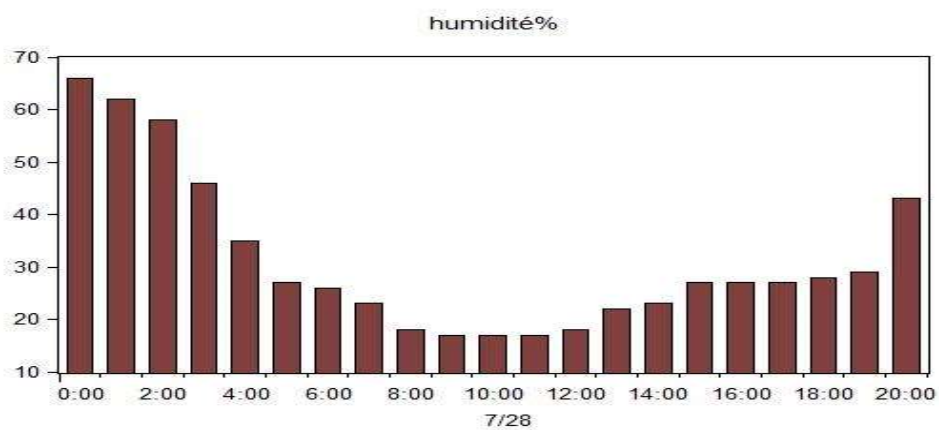
Les graphes ci-dessous représentent les variations de l'humidité pris en été 2013,2014 et 2015, les figures a, b et c successivement.



Graphe a



Graphe b



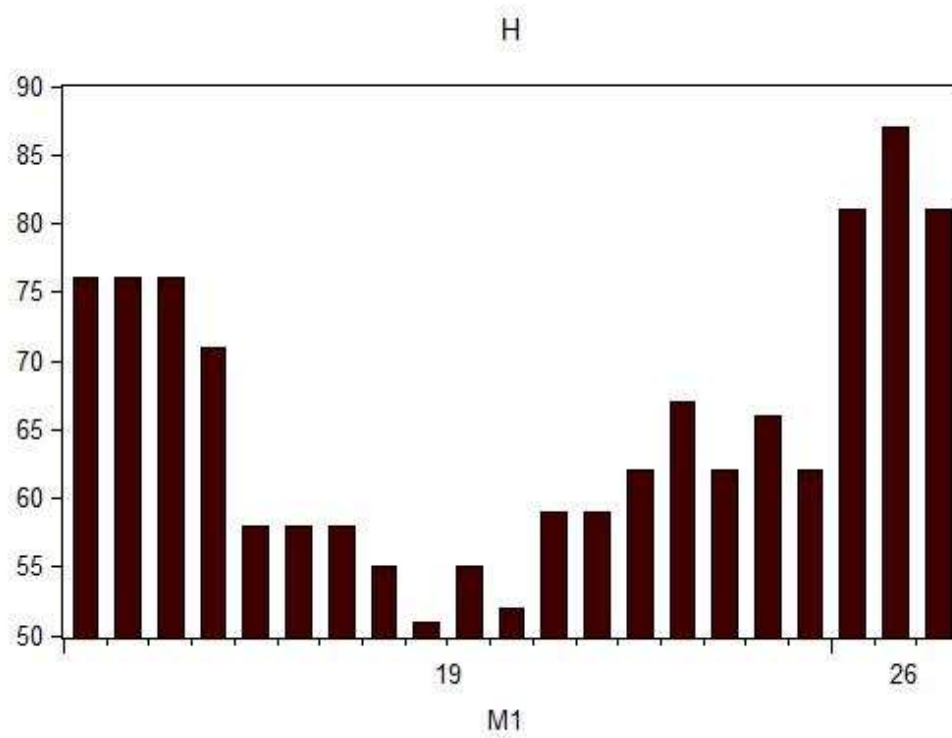
Graphe c

Dans les trois graphes ci –dessus on remarque que les variations de l’humidité en fonction du temps. On dit que l’humidité inscrit des grandes valeurs dans la période matinée et déduit lentement jusqu’à atteint des valeurs minimales en midi.

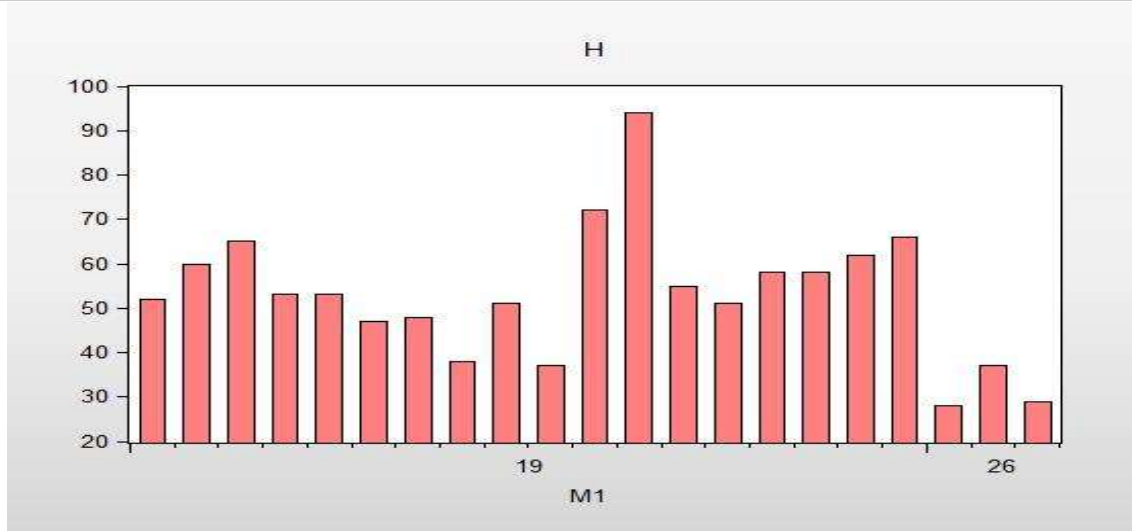
Quand le soleil se lever et en présence les rayones de soleil, l’humidité diminue progressivement et inscrit une valeur minimale en midi, et après la cochée du soleil on remarque que l’humidité augmente aussi et atteint des valeurs maximales.

En hiver :

Les graphes de la figure III.10.3 représentent les variations de l’humidité aux heures d’un jour qui concernent les années 2015 et 2016(figure a et b) successivement.



Graphe a



Graphe b

Figure III.10.3

On lit à partir les graphes qui représentent les changements de l'humidité en hiver. L'humidité prend des valeurs maximales et minimales en périodes différentes dans le jour pour cela on peut dire que les changements du météo par exemple la pluie ou la vitesse du vent influent fatalement aux valeurs de l'humidité.

III.10.3.2 Estimation et diagnostic du modèle :

III.10.3.2.a Estimation du modèle :

La **figure III.10.3.2.a** représente les résultats d'estimation du modèle : la charge moyenne et l'humidité.

Dependent Variable: PMOY				
Method: Least Squares				
Date: 04/29/16 Time: 12:42				
Sample: 8/02/2016 06:00 8/09/2016 08:00				
Included observations: 21				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	74.54498	5.339335	13.96147	0.0000
HUM_MOY	-0.823120	0.152068	-5.412823	0.0000
R-squared	0.606614	Mean dependent var		47.22524
Adjusted R-squared	0.585910	S.D. dependent var		12.40427
S.E. of regression	7.982130	Akaike info criterion		7.082680
Sum squared resid	1210.573	Schwarz criterion		7.182159
Log likelihood	-72.36814	Hannan-Quinn criter.		7.104270
F-statistic	29.29865	Durbin-Watson stat		0.259955
Prob(F-statistic)	0.000032			

Figure III.10.3.2.a : Résultat obtenu par Eviews

Selon la figure ci-dessus le modèle soit comme suit :

$$P(MW) = 74.54 - 0.82 * Hum$$

III.10.3.2.b diagnostic du modèle :

Dans cette partie ,on veut effectuer les tests statistiques suivants :

*Test de la significativité globale du modèle:

A partir la figure précédente (**figure III.10.3.2.a**) ,on trouve que $F_C = 29.29 > F_i = 2.086$, alors, notre modèle a une significativité globale et admis statistiquement à 5%.

Ce module a une moyenne estimation parce que la valeur du coefficient de détermination R^2 est **0.6066**, alors la charge $P(MW)$ signifie **60.66%** et **39.34%** signifie par autres variables n'incorporent pas au modèle.

* Test de la significativité des coefficients :

On remarque selon ce modèle que le teste de la significativité statistique de la charge : $|t_c| = 13.96 > t_c = 4.35$, et au coefficient une significativité statistique à 5%. Significativité statistique de l'humidité $|t_c| = 5.41 > t_c = 4.35$, et au coefficient une significativité statistique à 5%.

III.10.3.3 Comparaison du modèle estimée et l'originale.

La **figure III.10.3.3** représente les trois courbes : actuelle, estimée et le reste.

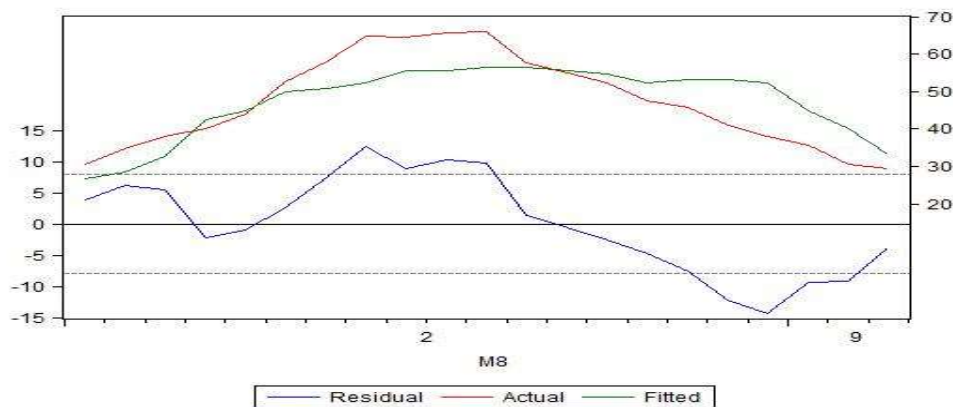


Figure III.10.3.3 : Résultat obtenu par Eviews

A partir la figure ci-dessus ,on observe qu'il y a une petite différence entre la courbe estimée de la charge (**P**) et la courbe actuelle (effectif) du **P**, dans ce cas ,on dit que le modèle estimée est salutaire relativement.

III.10.3.4 Analyse électrique du modèle :

En façon électrique, on remarque que l'humidité augmente par une seule unité et la charge **P** augmente aussi par 0.82 unités.

III.10.4 Modélisation mesurable de la charge en fonction de la vitesse du vent :

Le vent est un écoulement d'air qui tend à équilibrer des zones de pression différentes dans l'atmosphère. Les variations dans la distribution des pressions et des températures sont dues essentiellement à une distribution inégale de l'énergie solaire sur l'ensemble du globe terrestre, et aux différences dans les propriétés thermiques des surfaces des continents et des océans. Lorsque les températures de l'environnement deviennent.

Les vents qui prédominent à la ville d'El-oued se différencient dans les saisons comme suivant :

-En hiver : vent dominant Nord (vents froids).

- En été: elles proviennent du Sud (vents chauds et secs. Avec les vitesses moyennes à environ 3.5m/s entre, la période des vents poussiéreux s'échelonne entre le mois de Mars et Mai.

On fait dans cette étape l'estimation de l'équation de la régression simple et linéaire qui concerne la charge comme une variable dépendante et la vitesse de vent comme une variable indépendante pour cela l'équation suivante qui représente la relation entre la charge et la vitesse de vent :

Tel que :

- **P** : la charge demandée.
- **β** : le coefficient de régression entre la charge et la vitesse de vent.
- **vv** : la vitesse du vent
- **C4**: constante.

III.10.4.1 Etude les courbes comme des variables du modèle :

a-En été

Les graphes ci-dessous représentent les variations de la vitesse de vent pris en été 2013 et 2015 figure a et b successivement.

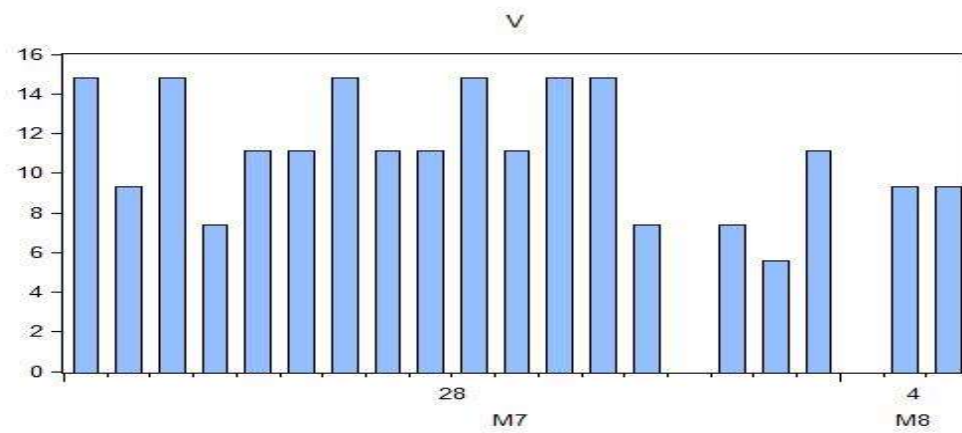


Figure a

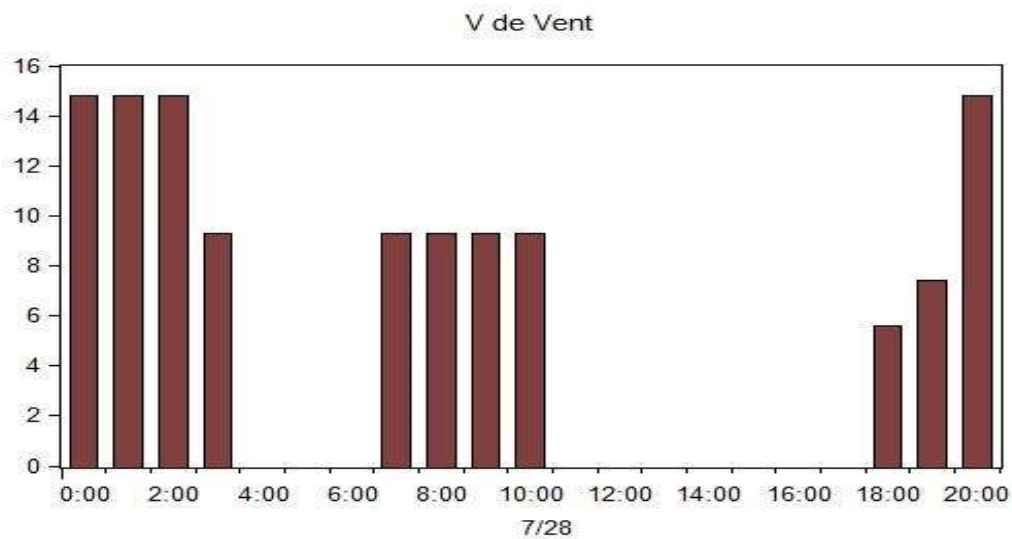


Figure b

Figure III.10.4

On remarque à partir les courbes ci-dessus que la vitesse de vent varie en périodes différentes du jour, dans des périodes on inscrit des valeurs maximales (vents volants) en conséquent des vents provient au Sud et sont des vents chauds et secs, et dans autre périodes on enregistre des valeurs inférieurs (vents calmes).

En hiver

La courbe suivante (figure III.10.4) représente la vitesse de vent par jour.

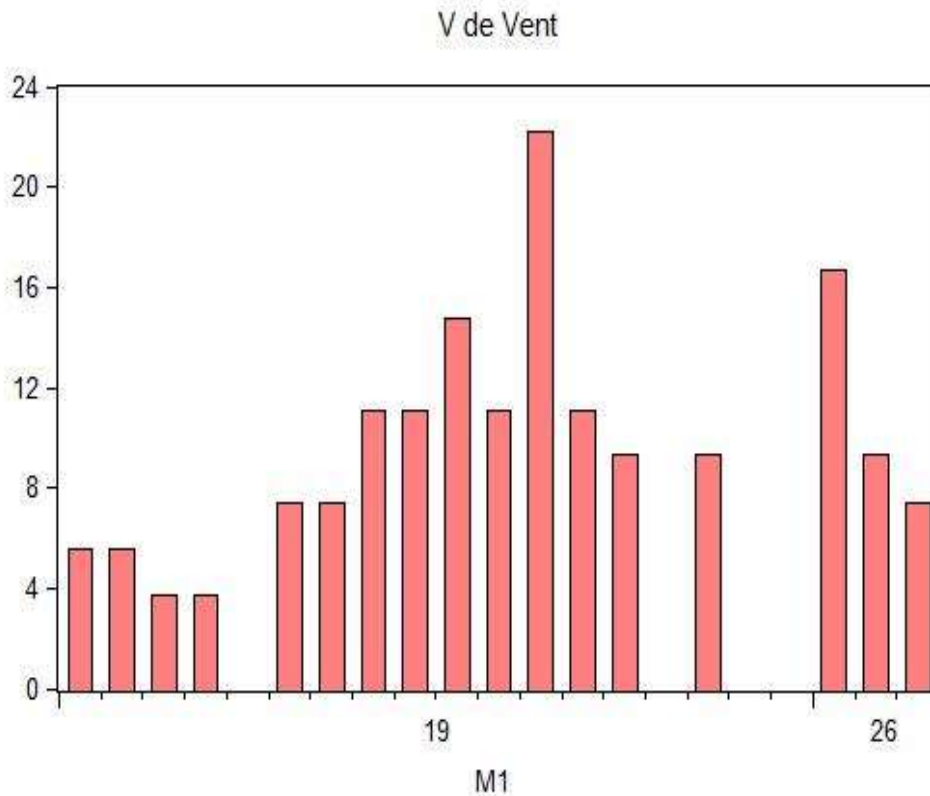


Figure III.10.4

On remarque à partir la courbe ci-dessus que la vitesse de vent varie en période différentes du jour, dans des périodes on inscrit des valeurs maximales (vents volants) en conséquent des vent provient au Nord et sont vents froids, et dans autre périodes de la journée, on enregistre des valeurs inférieurs (vents calmes).

III.10.4.2 Estimation et diagnostic du modèle :

III.10.4.2.a Estimation du modèle :

La figure III.10.4.2.a représente les résultats d'estimation du modèle : la charge moyenne et la vitesse de vent.

Dependent Variable: PMOY				
Method: Least Squares				
Date: 04/29/16 Time: 12:50				
Sample: 8/02/2016 06:00 8/09/2016 08:00				
Included observations: 21				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	49.75781	7.098363	7.009759	0.0000
VENT_MOY	-0.305305	0.788063	-0.387412	0.7028
R-squared	0.007837	Mean dependent var		47.22524
Adjusted R-squared	-0.044382	S.D. dependent var		12.40427
S.E. of regression	12.67654	Akaike info criterion		8.007777
Sum squared resid	3053.201	Schwarz criterion		8.107255
Log likelihood	-82.08165	Hannan-Quinn criter.		8.029366
F-statistic	0.150088	Durbin-Watson stat		0.132918
Prob(F-statistic)	0.702757			

Figure III.10.4.2.a : Résultat obtenu par Eviews

Selon la figure ci-dessus le modèle soit comme suite :

$$P(MW) = 49.75 - 0.30 * V$$

III.10.4.2.b diagnostic du modèle :

Dans cette partie on veut effectuer les tests statistiques suivants :

***Test de la significativité globale du modèle:**

A partir la figure précédente (figure III.10.4.2.a) on trouve $F_C = 0.15 < F_t = 2.086$, alors notre modèle a une significativité globale et refusé statistiquement.

Dans ce modèle la vitesse du vent n'a aucune influence parce que le coefficient de détermination R^2 est **0.007837**, alors la charge **P(MW)** signifie **0.78%** et **99.22%** signifie par autres variables n'incorporent pas au modèle.

III.10.5 Modélisation mesurable de la charge en fonction du courant :

On fait dans cette étape l'estimation de l'équation de la régression simple et linéaire qui concerne la charge comme une variable dépendante et le courant comme un variable indépendant pour cela l'équation suivante qui représente la relation entre la charge et le courant comme suit :

$$P \text{ (MW)} = C_5 + \beta * I \dots \dots \dots \text{III.10.5}$$

Tel que :

- **P** : la charge demandée.
- **β** : le coefficient de régression entre la charge et le courant.
- **I** : le courant.
- **C₅**: constante.

III.10.5.1 Etude les courbes comme des variables du modèle :

a- En été: Les graphes ci-dessous représentent les variations du courant en été 2013 et 2015 figures a, b et c successivement **figure III.5.1**

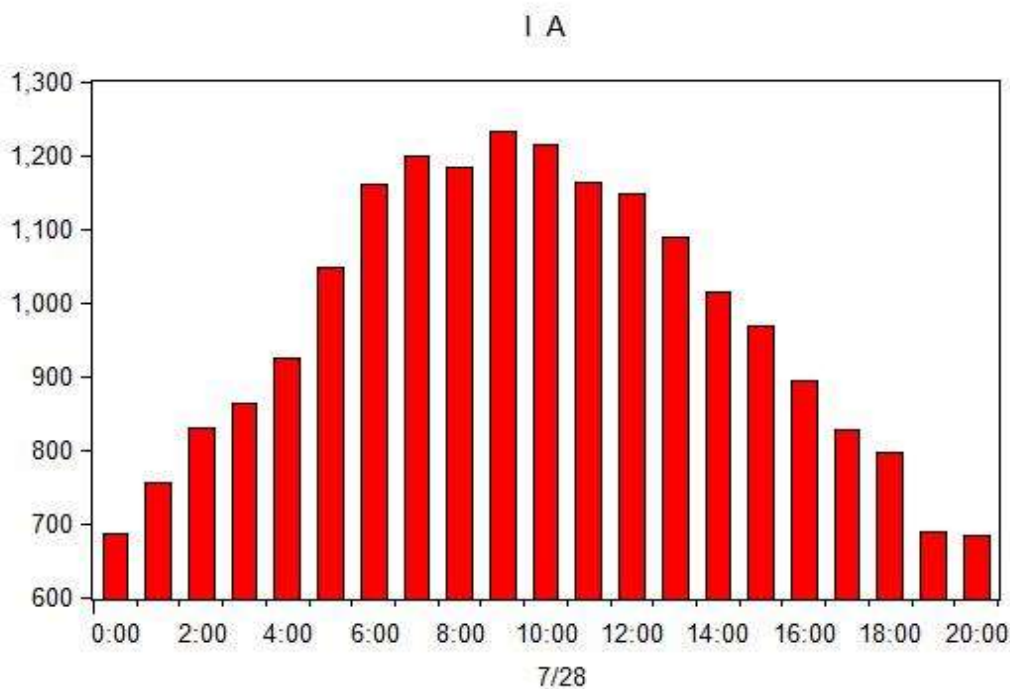


Figure a

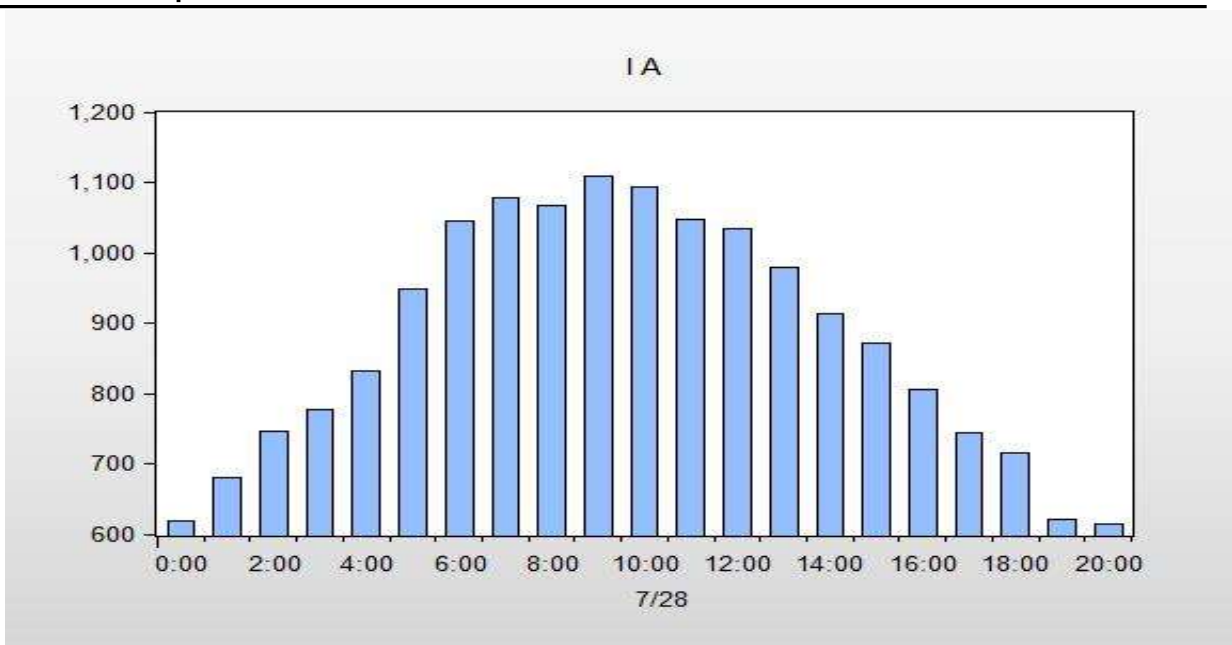


Figure b

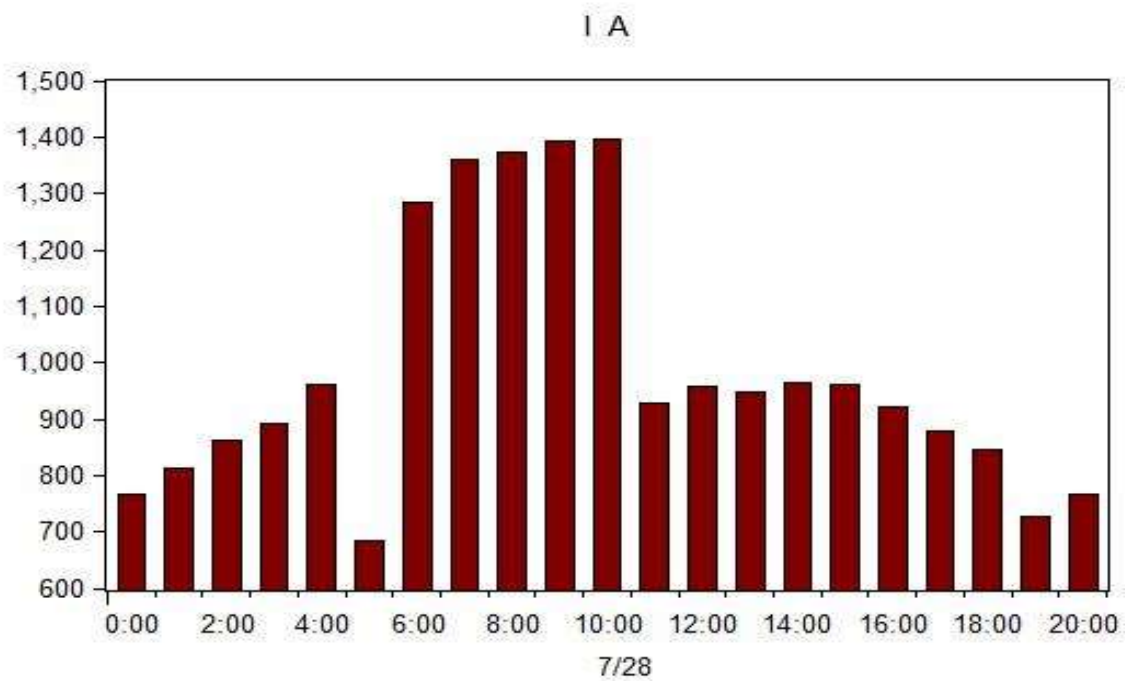


Figure c

Figure III.5.1

On remarque à partir les graphes ci –dessus que la demande au courant depuis les premiers heures du jour jusqu'à atteint des valeurs maximales en midi, en conséquent l'utilisation des moyens du refroidissement ,et abaisse dans la soirée jusqu'à atteint des valeurs minimales, parce que tous les entreprises publiques et tous les administrations (Commune, Daïra,.....etc) ont terminées les heures du travail d'un part et d'autre part la consommation domicile diminue aussi et ça permet de moindre la demande au courant.

a- En hiver: les courbes ci-dessous représentent les changements du courant par les heures du jour dans deux années différentes 2015 et 2016, les figures a, b successivement.

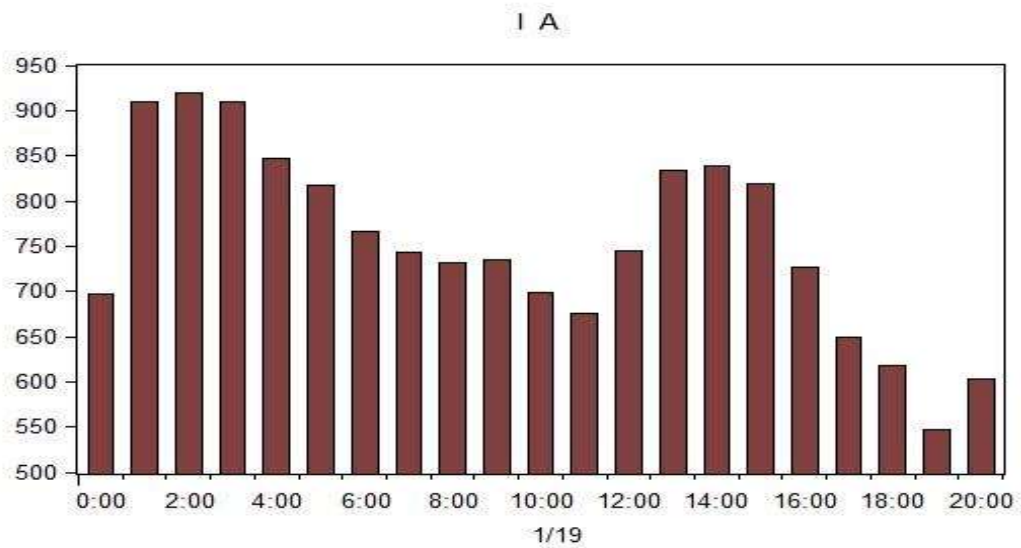


Figure a

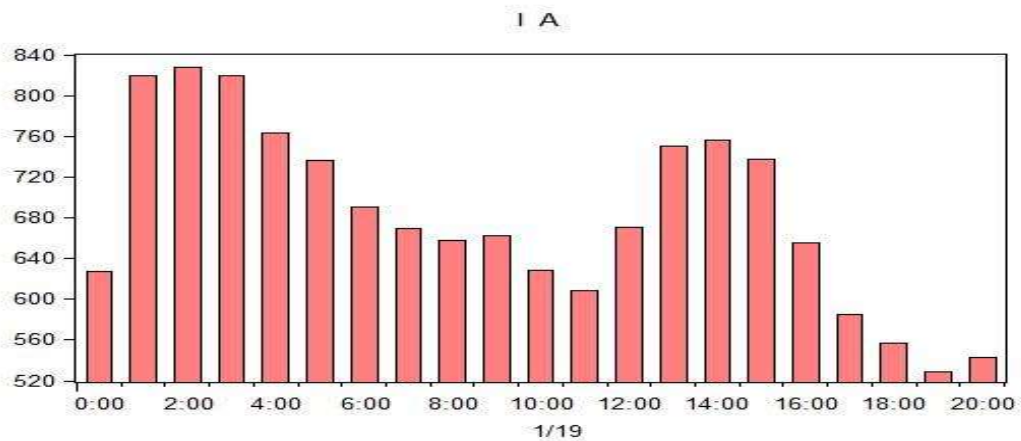


Figure b

La demande au courant électrique varie à tout les périodes de la journée mais on peut dire que dans la période nocturne, le courant atteint des valeurs considérable et ça en conséquent de la manipulation de l'échauffement qui néciste dans cette periode.

III.10.5.2 Estimation et diagnostic du modèle :

III.10.5.2.a Estimation du modèle :

La **figure III.10.5.2.a** représente les résultats d'estimation du modèle : la charge et le courant.

Dependent Variable: PMOY				
Method: Least Squares				
Date: 04/29/16 Time: 12:44				
Sample: 8/02/2016 06:00 8/09/2016 08:00				
Included observations: 21				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-13.91117	2.784353	-4.996196	0.0001
I_MOY	0.064884	0.002901	22.36797	0.0000
R-squared	0.963414	Mean dependent var		47.22524
Adjusted R-squared	0.961489	S.D. dependent var		12.40427
S.E. of regression	2.434256	Akaike info criterion		4.707552
Sum squared resid	112.5864	Schwarz criterion		4.807030
Log likelihood	-47.42930	Hannan-Quinn criter.		4.729141
F-statistic	500.3260	Durbin-Watson stat		2.471263
Prob(F-statistic)	0.000000			

Figure III.10.5.2.a : Résultat obtenu par Eviews

Selon la figure ci-dessus le modèle soit comme suite :

$$P(MW) = 0.064 * I - 13.91$$

III.10.5.2.b diagnostic du modèle :

Dans cette partie on veut effectuer les tests statistiques suivants :

*Test de la significativité globale du modèle:

A partir la figure précédente (figure III.10.5.2.a) ,on trouve $F_c = 500.32 > F_t = 2.086$, alors, notre modèle a une significativité globale et admis statistiquement à 5%.

Ce modèle a une haute estimation parce que la valeur du coefficient de détermination R^2 est **0.9634**, alors la charge $P(MW)$ signifie **96.34%**et **3.66%** signifie par autres variables n'incorporent pas au modèle.

* Test de la significativité des coefficients :

On remarque selon ce modèle que le test de la significativité statistique de la charge :

$|t_c| = 4.99 > t_{\alpha} = 4.35$, et au coefficient une significativité statistique à 5%, et significativité statistique du courant $|t_i| = 22.36 > t_{\alpha} = 4.35$, et au coefficient une significativité statistique à 5%.

III.10.5.3 Comparaison du modèle estimée et original.

La figure III.10.5.3 représente les trois courbes : actuelle, estimée et le reste.

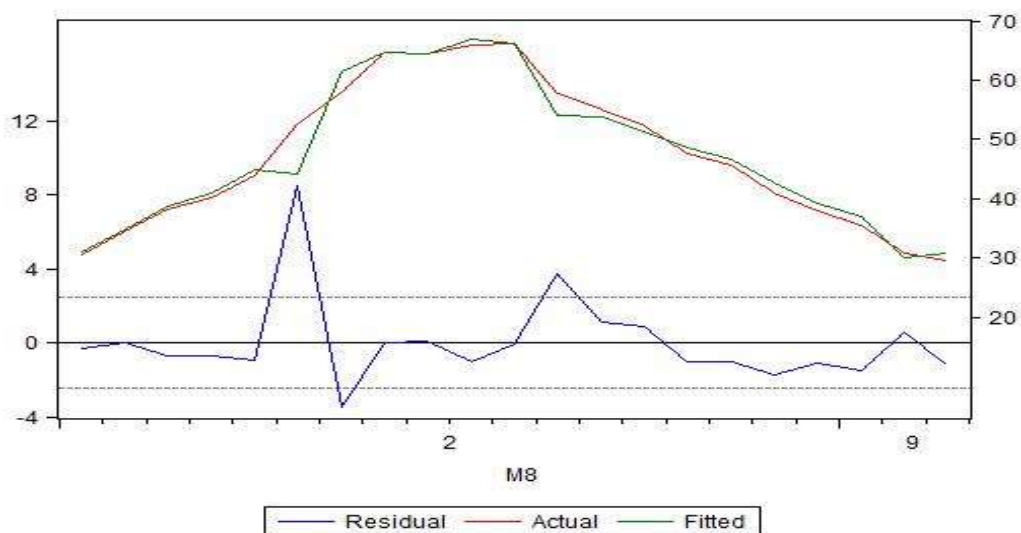


Figure III.10.5.3 : Résultat obtenu par Eviews

On remarque selon les graphes ci-dessus qu'il y a une congruence relative entre les deux courbes l'actuelle et l'estimée et ça confirme la validité de notre hypothèse.

III.10.5.4 Analyse électrique du modèle :

En façon électrique, on remarque que le courant augmente par une seule unité et la charge **P** augmente aussi par 0.06 unités.

III.10.6 Modélisation mesurable de la charge en fonction du point de rosée :

Parmi les paramètres importants qui influent sur la demande de la charge, il y a les phénomènes de condensation (brouillard, rosée...), surtout à la matinait avant l'élévé du soleil.

Nous allons intéresser dans cette partie d'étude **le point de rosée** en deux différentes saisons.

On fait dans cette étape l'estimation de l'équation de la régression simple et linéaire qui concerne la charge comme une variable dépendante et le point de rosée comme un variable indépendant pour cela l'équation suivante qui représente la relation entre la charge et le point de rosée :

$$P(MW) = C_6 + \beta * P_r \dots \dots \dots (III. 10. 6)$$

Tel que :

- **P** : la charge demandée.
- **β** : le coefficient de régression entre la charge et le point de rosée.
- **P_r** : point de rosée.
- **C_6** : constante.

III.10.6.1 Etude les courbes comme des variables du modèle :

a-En été: Les graphes ci-dessous représentent les variations du point de rosée en été 2013,2014 et 2015 les figures a, b et c successivement.

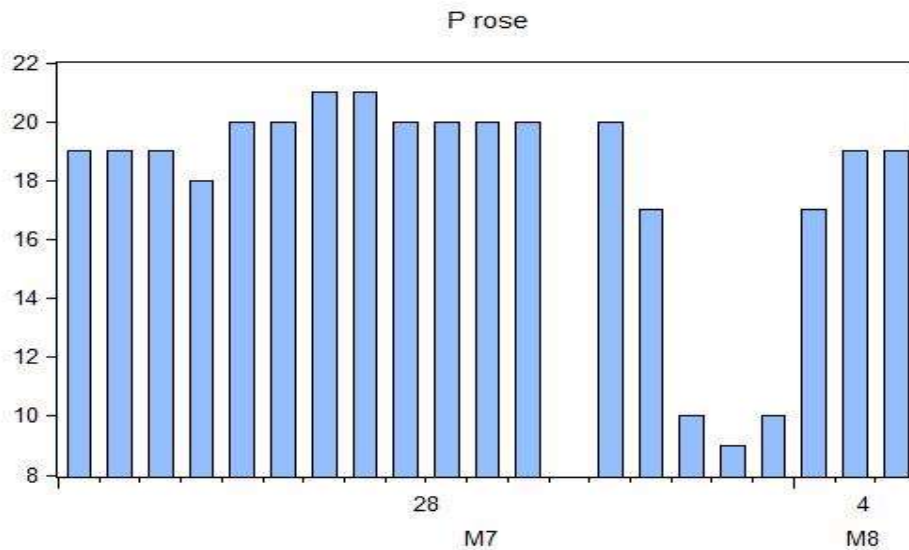


Figure a

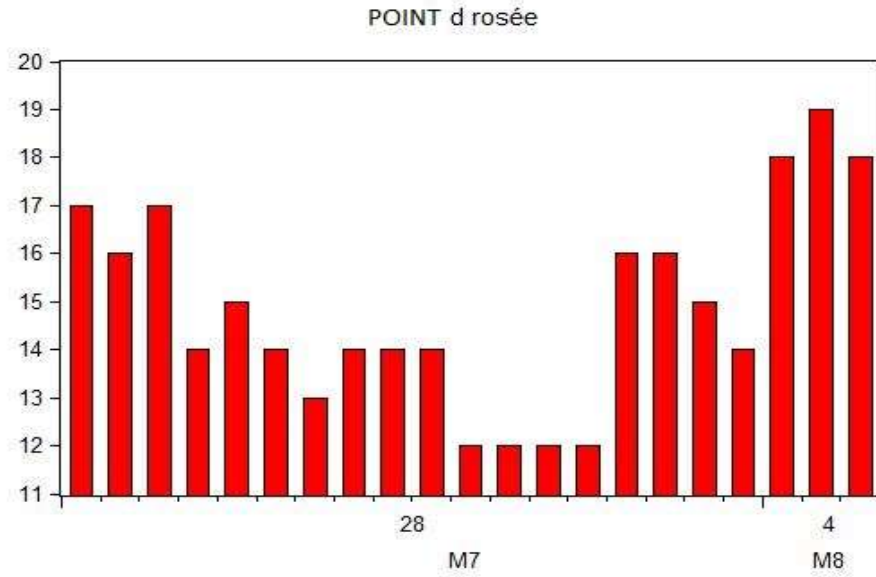


Figure b

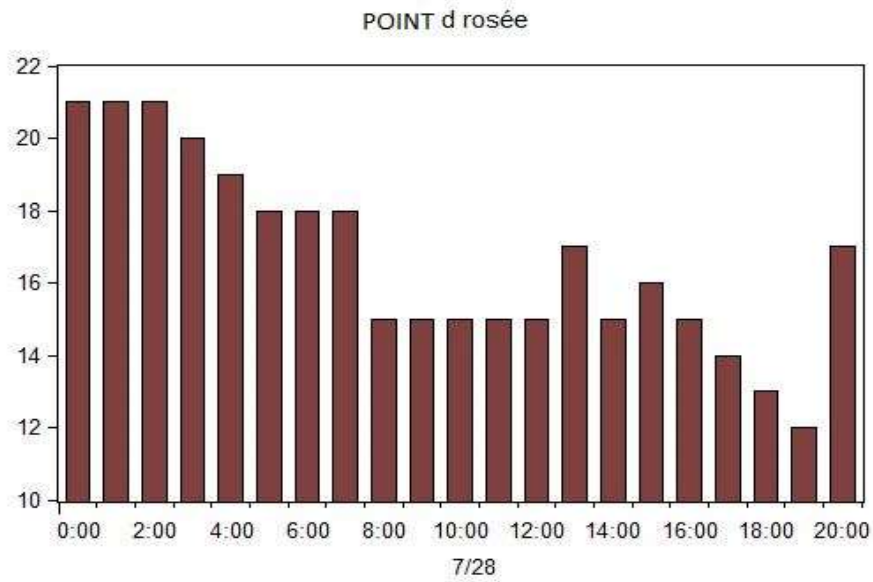
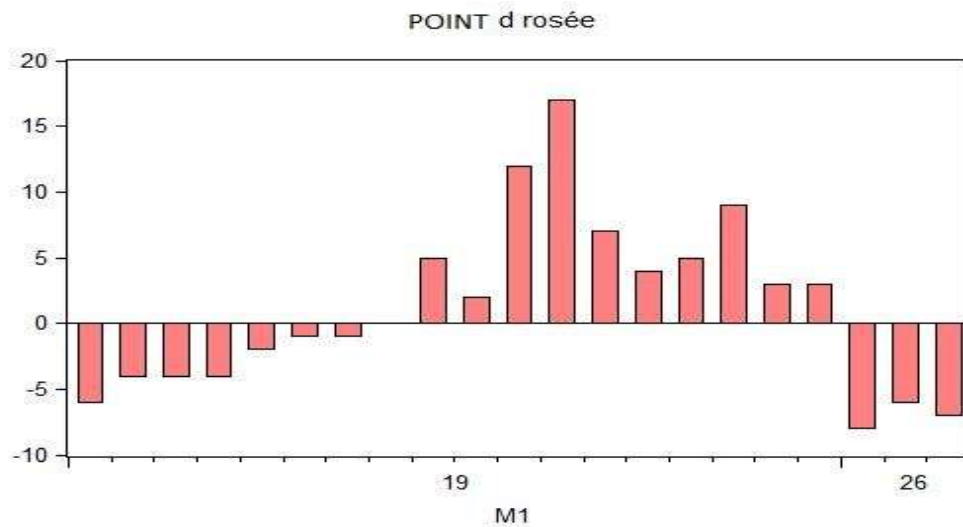


Figure c

Figure III.10.6.1

Dans les courbes obtenues ,on observe que le point de rosée a été plus élevée dans la période matinée (avant l'élévé du soleil) et diminue en midi après ça croît successivement jusqu'a atteint des grandes valeurs en minuit.

En hiver**Figure a**

On remarque à partir la courbe obtenue que dans la période nocturne les valeurs du point de rosée sont négatives, et en la période diurne les valeurs enregistrent des valeurs positives.

Les valeurs négatives enregistrées exprimées que les points de rosée transformée au forme gelée sous des températures inférieures et restent positives et instables dans la période diurne de la journée en conséquent les troubles de la météo.

III.10.6.2 Estimation et diagnostic du modèle :

III.10.6.2.a Estimation du modèle :

La **figure III.10.6.2.a** représente les résultats d'estimation du modèle : la charge et le point de rosée.

Dependent Variable: PMOY
 Method: Least Squares
 Date: 04/29/16 Time: 12:46
 Sample: 8/02/2016 06:00 8/09/2016 08:00
 Included observations: 21

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	75.72195	15.12563	5.006202	0.0001
P_ROSE_MOY	-1.807949	0.945968	-1.911216	0.0712
R-squared	0.161250	Mean dependent var		47.22524
Adjusted R-squared	0.117105	S.D. dependent var		12.40427
S.E. of regression	11.65536	Akaike info criterion		7.839803
Sum squared resid	2581.103	Schwarz criterion		7.939281
Log likelihood	-80.31793	Hannan-Quinn criter.		7.861392
F-statistic	3.652746	Durbin-Watson stat		0.318398
Prob(F-statistic)	0.071182			

Figure III.10.6.2.a : Résultat obtenu par Eviews

Selon la figure ci-dessus le modèle soit comme suite :

$$P(MW) = 75.72 - 1.80 \cdot Pr$$

III.10.6.2.b diagnostic du modèle :

Dans cette partie on veut effectuer les tests statistiques suivants :

*Test de la significativité globale du modèle :

A partir la figure précédente (figure III.10.6.2.a), on trouve $F_C = 3.65 > F_t = 2.086$, alors, notre modèle a une significativité globale et admis statistiquement à 5%.

Ce modèle a une très faible estimation parce que la valeur du coefficient de détermination R^2 est **0.1612**, alors la charge **P(MW)** signifie **16.12%** et **83.88%** signifie par autres variables n'incorporent pas au modèle.

III.10.6.3 Comparaison du modèle estimé et original

La figure III.10.6.3 représente les trois courbes :actuelle, estimée et le résiduel.

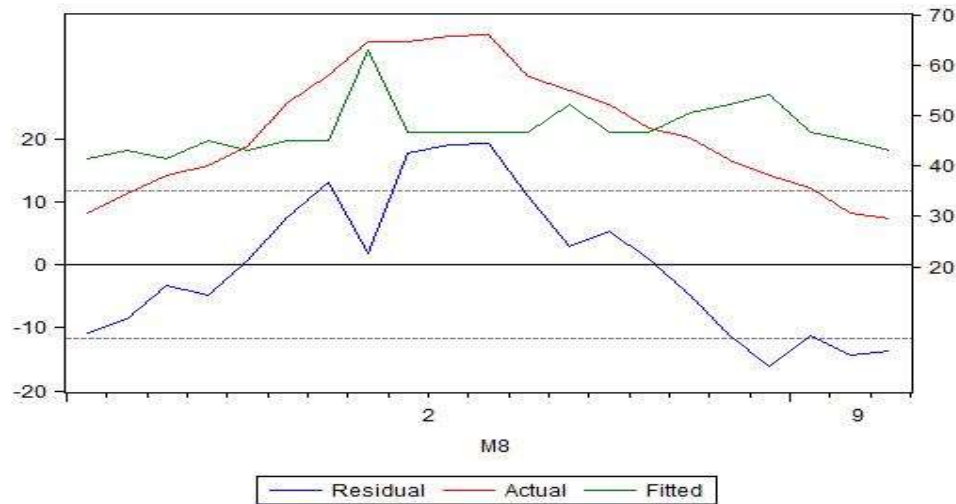


Figure III.10.6.3 : Résultat obtenu par Eviews

Les deux courbes (actuelle et estimée) dans la figure III.6.3 sont divergent relativement qui confirme qu'il n'y a pas une relation directe ou une influence claire entre les deux variables étudiées.

III.10.7 Modélisation mesurable de la charge en fonction de tous les facteurs précédents :

On fait dans cette étape de l'estimation à l'équation de la régression simple et linéaire qui concerne la charge comme une variable dépendante et tous les facteurs précédents (indice de chaleur, température, la vitesse du vent, point de rosée.....) Comme une variable indépendante pour cela l'équation suivante qui la relation entre la charge et les facteurs précédents (indice de chaleur, température, la vitesse du vent, point de rosée.....) :

$$P = C_7 + \beta_0 * ch + \beta_1 * T + \beta_2 * hum + \beta_3 * I + \beta_4 * Vv + \beta_5 * Pr \dots \dots \text{III.10.7}$$

Tel que :

- **P** : la charge demandée en **MW**.
- **$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$** : les coefficients de régression entre la charge et les facteurs précédents.
- **Ch, T, hum, vv, I, Pr** : indice de chaleur, température, humidité, vitesse de vent, courant, point de rosée.
- **C7**: constante.

III.10.7.2 Estimation et diagnostic du modèle :

III.10.7.2.a Estimation du modèle :

La figure III.10.7.2.a représente les résultats d'estimation du modèle : la charge et tous les facteurs.

Dependent Variable: PMOY
Method: Least Squares
Date: 04/29/16 Time: 12:51
Sample: 8/02/2016 06:00 8/09/2016 08:00
Included observations: 21

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	106.0232	87.76120	1.208087	0.2485
HUM_MOY	0.097975	0.157109	0.623613	0.5437
I_MOY	0.044531	0.007294	6.105498	0.0000
ICH_MOY	0.245033	0.517308	0.473670	0.6436
P_ROSE_MOY	-0.034095	0.202508	-0.168363	0.8689
T_MOY	0.788161	0.714810	1.102616	0.2902
V_MOY	-4.306414	2.482255	-1.734880	0.1064
VENT_MOY	0.123840	0.208544	0.593831	0.5628
R-squared	0.983990	Mean dependent var	47.22524	
Adjusted R-squared	0.975370	S.D. dependent var	12.40427	
S.E. of regression	1.946724	Akaike info criterion	4.452505	
Sum squared resid	49.26656	Schwarz criterion	4.850418	
Log likelihood	-38.75130	Hannan-Quinn criter.	4.538862	
F-statistic	114.1449	Durbin-Watson stat	2.585807	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Figure III.10.7.2.a : Résultat obtenu par Eviews

Selon la figure ci-dessus le modèle soit comme suite :

$$P = 106.023 + 0.09 * Hum + 0.04 * I + 0.24 * Ich - 0.03 * Pr + 0.78 * T + 0.12 * Vv.$$

III.10.2.2.b diagnostic du modèle :

Pour cette partie, on veut effectuer les tests statistiques suivants :

*Test de la significativité globale du modèle :

A partir la figure précédente (figure III.10.7.2.a) ,on trouve $114.14 > F_{\alpha=2.365}$, alors, notre modèle a une significativité globale et admis statistiquement à 5%.

Ce modèle a une très forte estimation parce que la valeur du coefficient de détermination R^2 est **0.9839**, alors la charge **P(MW)** signifie **98.39%** et **01.61%** signifie par autres variables n'incorporent pas au modèle.

III.10.2.3 Comparaison du modèle estimée et original.

La figure III.10.7.3 représente les trois courbes :actuelle, estimée et le reste.

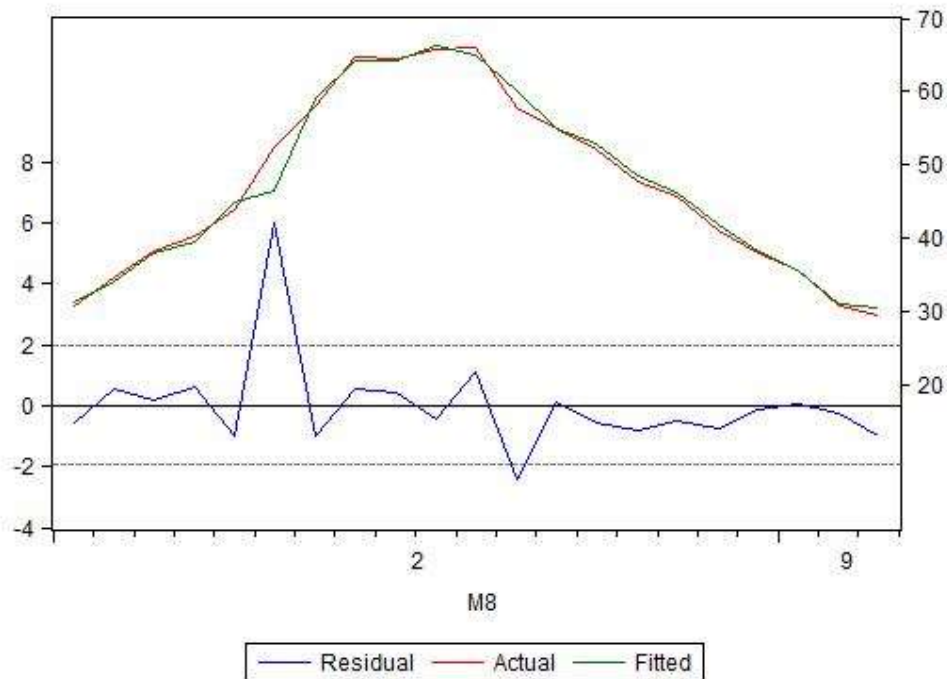


Figure III.10.7.3 : Résultat obtenu par Eviews

On remarque à partir la **figure III.10.7.3** que les deux courbes obtenus : actuelle et estimée sont congruentes, alors on dit que notre hypothèse est vraie et valide et tous les facteurs précédents influent directement à la charge.

III.11. Conclusion

Dans ce chapitre on a étudiée l'influence des facteurs climatologiques à la demande progressive à l'énergie électrique, cette étude permet aussi de la prévision aux événements qui peut causer en plus tard à l'aide du logiciel **Eviews9**, ce dernier nous donne des résultats estimées et nous fait analyser et comparer les résultats obtenus avec les résultats actuels et on déduit les résultats suivants :

- A l'indice de chaleur une grande influence à la charge, $R^2 = 0.89$.
- A la température impact très clair à la charge, $R^2 = 0.85$.
- Influence très faible de la vitesse de vent à la charge, $R^2 = 0.0078$.
- Moyenne influence de l'humidité à la charge, $R^2 = 0.60$.
- Faible influence du point de rosée à la charge, $R^2 = 0.16$.
- Fort impact du courant à la charge $R^2 = 0.96$.

L'ensemble des facteurs influent directement à la demande de la charge, $R^2 = 0.98$.

Nos résultats précédents restent des résultats approximatifs parce qu'il y a des erreurs de mesure.

Finalement ,parmi les facteurs précédents, on peut trouver des autres facteurs qui possèdent une influence positive ou négative à la demande de la charge, ces paramètres sont présentés par le constant de la régression linéaire de tous les modèles proposés.

CONCLUSION GENERALE

Extension industrielle et l'augmentation progressive de la population exige aux sociétés responsables de produire, transporter et distribuer l'énergie électrique de satisfaire la demande progressive d'énergie électrique.

Pour cela , la gestion des réseaux électriques se fait à chaque instant 24h/24 et 7j /7 étant donné que la contrainte d'égalité de la puissance produite et celle consommée doit être assurée chaque instant. Ainsi pour parer à tout éventuel incident ou évènement indésirable sur les réseaux et aussi pour satisfaire la demande et minimiser les coûts de production, les modélisations et les simulations doivent être élaborées et réalisés quotidiennement à tout instant d'une manière quasi permanente. Les simulations des réseaux électriques sont aussi nécessaires dans le cas de changement d'état des réseaux (défection d'un élément du réseau, installation d'un nouvel équipement).

Le travail effectué dans ce mémoire est partagés en trois chapitres comme nous avons cités à l'introduction générale .

En premier chapitre nous avons expliqués les généralités sur les réseaux électriques.

Et en deuxième chapitre nous avons fait la description d'un poste de transformation , leurs équipements et les composantes électriques constitués de ce poste avec le système de protection .

En troisième chapitre, nous avons basé sur l'impact et l'influence des facteurs climatologiques sur la demande à la charge en point de vue statistique avec estimations et préventions les variations de ces facteurs en deux périodes de la journée (jour et nuit) et en deux saisons différentes (été et hiver) pour les années différentes aussi .

Les résultats obtenus confirment que ces facteurs grands impact considérables sur la charge et parmi ces derniers, on cite : la température d'air, l'indice de chaleur, le courant et tous les facteurs ensembles.

On trouve aussi que les facteurs restants une influence relative comme le point de rosée et l'humidité.

Finalement, l'objectif de ces études effectuées pour améliorer la qualité de service et donner des bonnes solutions, d'autre part pour minimiser les défauts, déduit les chutes de tension et les pertes électriquesetc,

Tous les recherches scientifiques et statistiques réalisés pour dépasser les obstacles et les problèmes et donner des meilleures solutions contre lutte du gaspillage d'énergie, mais il reste la culture de consommateur joue un rôle principal pour éviter les problèmes cités.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Technique de l'ingénieur Jacques CLADÉ Ancien Élève de l'École Polytechnique, Contrôleur général d'EDF, Ingénieur ESE (École Supérieure d'Électricité) France « Dossier fait partie de la base documentaire généralités sur les réseaux électriques dans le thème «Réseaux électriques et applications Énergies».
- [2] «Livre Electrotechnique » (Luc Lasne, éditions Dunod).partie réseau électrique.
- [3] le site officielle de compagnie GCCE filiale SONELGAZ.
- [4] www.slideshare.net/enphoucine/les-postes-de-transformation.
- [5] caractéristique des lignes : traité d'électricité,volume XII énergie électrique. Pages 31,32, 33
- [6] Topologie des réseaux : <https://www.scribd.com/doc/4597291/Generalites-sur-les-reseaux-electriques>
- [7] Partie de la document « Les applications Swissgrid »
- [8] Systèmes d'énergie électrique guide de référence, les postes HT/MT édition 1998.
- [9] Electrotechnique 4^{ème} édition -Wild Sбилle chapitre 47 « Distributions de l'énergie électrique ». Page de 1053 à 1064.
- [10] L'encyclopédie libre Wikipédia « Le réseau électrique ».
- [11] Sûreté des protection en MT et HT par Marielle Lemaire (ingénieur IEG option génie physique) édition mars 1995.
Rapport sur le stage effectue du 17 juin au 2 juillet 2012 dans la compagnie : filiale CEEG (groupe SONELGAZ). Ecole polytechnique département génie électrique.
- [12] Documents SONELGAZ (SDC El oued).
- [13] Mémoire de fin d'étude en vue d'obtenir du diplôme ingénieur d'état en électrotechnique "étude du schémas poste source HT/MT El Amiria El oued".
Centre Universitaire à El oued
Réalisée par:-Zerrouk Nadjib – Bahi Salim- Saci Antar.
Dirigé par : professeur Guia Talal et l'ingénieur Azeb Tahar.
(Promotion juillet 2008).
- [14] Mémoire de fin d'étude en vue d'obtenir du diplôme ingénieur d'état en électrotechnique"
Etude électrique du la ligne 30KV Robbah.
Centre Universitaire à El oued
Réalisée par:-Bahi Bachir – Hada Saraoui -Necib laid.
Dirigé par : - Ben attoous Djillali. (Promotion juillet 2007).

[15] Mémoire de fin d'étude en vue d'obtenir du diplôme ingénieur d'état en électro-technique" étude d'un poste source HT/MT GHAMRA".

Centre Universitaire à El oued

Réalisée par:-Mehaouat Soufiane – Zaid Abedlaziz- Dehda Boubaker.

Dirigé par : Dr Ben Attous Djilani. (Promotion juin 2010).

Annexe

Les données concernées le jour 28/07/2013.

temps	P Mw	V kv	I A	T	CH	Prose	V	H
6	27,1	32,9	619	29	30,3	19	14,8	55
7	31,4	32,7	680	29	30,3	19	9,3	55
8	35,2	32,8	747	31	32,4	19	14,8	49
9	37	32,8	778	34	34,9	18	7,4	38
10	40	32,9	832	36	38,8	20	11,1	39
11	48	32,7	948	37	40,1	20	11,1	37
12	46,1	33	1044	38	42,1	21	14,8	37
13	57,8	32,9	1079	39	43,6	21	11,1	35
14	57	32,8	1066	40	43,6	20	11,1	31
15	58,4	32,9	1108	41	45,6	20	14,8	30
16	59	32,9	1093	41	45,1	20	11,1	30
17	56,8	33,3	1047	41	45,1	20	14,8	30
18	54,8	33,4	1033	40	43,6	20	14,8	31
19	51,5	33,1	980	40	43,1	20	7,4	31
20	45,4	33,1	914	38	39,1	17	0	29
21	42,1	33	872	36	38	10	7,4	20
22	37	33,2	805	35	36	9	5,6	20
23	34,1	33,1	745	34	31,2	10	11,1	23
0	31,9	33,2	716	35	35,2	17	0	34
2	26,5	33,1	621	33	34,5	19	9,3	43
4	25,6	33,2	615	30	31,2	19	9,3	51

Les données concernées le jour 28/07/2014.

temps	P kv	V1 v	I A	temp	Ind Chaleur	poit d rosée	humidité
6	30,1	32,9	687	27	27,7	17	54
7	34,9	32,7	755	27	27,5	16	51
8	39,2	32,8	829	29	29,4	17	48
9	41,2	32,8	864	31	30,3	14	35
10	44,4	32,9	924	33	32,6	15	34
11	53,4	32,7	1048	35	34,3	14	28
12	62,4	33	1159	36	35	13	25
13	64,2	32,9	1198	38	37,6	14	24
14	63,4	32,8	1184	39	38,5	14	22
15	64,9	32,9	1231	39	38,5	14	22
16	65,5	32,9	1214	39	38	12	20
17	63,1	33,3	1163	40	39,1	12	19
18	60,8	33,4	1147	39	38	12	20
19	57,3	33,1	1089	38	36	12	21
20	50,4	33,1	1015	37	37,5	16	29
21	46,8	33	968	35	35,1	16	32
22	41,1	33,2	894	34	33,6	15	32
23	37,9	33,1	827	33	32,1	14	31
0	35,5	33,2	795	31	31,9	18	46
2	29,5	33,1	689	29	30,3	19	55
4	28,5	33,2	683	27	27,9	18	58

Les données concernées le jour 28/07/2015.

temps	P kv	V1 v	I A	temp	Ind Chaleur	poit d rosée	humidité %	V de Vent
6	34,6	32,9	768	28	30,2	21	66	14,8
7	37,68	32,9	811	29	31,3	21	62	14,8
8	39,94	33,1	862	30	32,4	21	58	14,8
9	42,2	33,1	891	33	35,2	20	46	9,3
10	47,24	33	961	37	39,3	19	35	0
11	56	32,7	685	40	41,9	18	27	0
12	67	32,8	1284	41	43,2	18	26	0
13	72,25	32,8	1361	43	45,4	18	23	9,3
14	73,14	32,9	1372	44	44,5	15	18	9,3
15	74,24	32,8	1394	45	45,5	15	17	9,3
16	74	32,9	1396	45	45,5	15	17	9,3
17	53,23	33	929	45	45,5	15	17	0
18	49,48	33	957	44	44,5	15	18	0
19	47,92	32,8	949	43	44,9	17	22	0
20	46,96	32,9	963	40	40,4	15	23	0
21	47,83	32,9	961	38	38,5	16	27	0
22	45,12	32,7	922	37	36,9	15	27	0
23	42,14	32,9	879	36	35,5	14	27	0
24	39,21	33	844	34	33	13	28	5,6
2	36,09	32,8	728	32	30,7	12	29	7,4
4	34,5	33	765	31	31,4	17	43	14,8

Les données concernées le 19/01/2015.

temps	P kv	V1 v	I A	Hum	P DE ROSE	T
6	30,3	32,7	627	76	3	7
7	40,9	32,9	819	76	3	7
8	43,2	32,9	828	76	3	7
9	41,4	32,7	819	71	3	8
10	38,7	32,8	763	58	4	12
11	44,1	32,8	736	58	5	13
12	34	33,04	690	58	5	13
13	33,1	33,07	669	55	5	14
14	51,2	33,07	658	51	5	15
15	32,9	33,12	662	55	6	15
16	31,3	32,8	629	52	6	16
17	29,7	33,07	608	59	7	15
18	30	32,9	671	59	6	14
19	39	32,8	750	62	5	12
20	39,4	32,8	756	67	5	11
21	38,1	32,9	738	62	4	11
22	31,4	32,9	655	66	4	10
23	28,5	32,8	585	62	4	11
0	25,6	33,1	557	81	5	8
2	24,1	33	529	87	5	7
4	24,8	33,03	543	81	4	7

Les données concernées le 19/01/2016

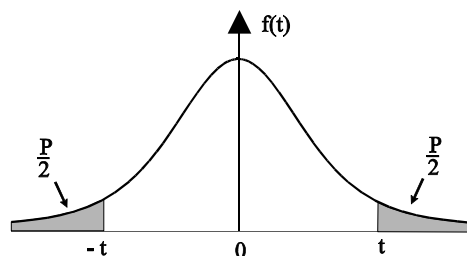
temps	P kv	V1 v	I A	temp	P rosée	V de Vent	H
6	31,7	32,7	697	3	-6	5,6	52
7	41,7	32,9	910	3	-4	5,6	60
8	43,3	32,9	919	2	-4	3,7	65
9	40,8	32,7	909	5	-4	3,7	53
10	48,6	32,8	847	7	-2	0	53
11	36,6	32,8	818	10	-1	7,4	47
12	34,4	33,04	766	13	-1	7,4	48
13	34,8	33,07	743	14	0	11,1	38
14	34,8	33,07	731	15	5	11,1	51
15	35	33,12	735	17	2	14,8	37
16	33,8	32,8	698	17	12	11,1	72
17	31,6	33,07	675	18	17	22,2	94
18	36,4	32,9	745	16	7	11,1	55
19	42	32,8	833	14	4	9,3	51
20	43,1	32,8	839	13	5	0	58
21	42,1	32,9	819	12	9	9,3	58
22	43,5	32,9	727	10	3	0	62
23	32,3	32,8	650	9	3	0	66
0	27,9	33,1	618	10	-8	16,7	28
2	25,7	33	547	8	-6	9,3	37
4	26,1	33,03	603	5	-7	7,4	29

Les données des facteurs climatologiques:

temps	PMOY	V MOY	I MOY	T MOY	ICH MOY	P ROSE MOY	VENT MOY	HUM MOY
6	30,6	32,9	691	28	29	19	14,8	58
7	34,6	32,7	748	28	29	18	12	56
8	38,1	32,9	812	30	31	19	14,8	51
9	40,13	32,9	844	32	33	17	8,3	39
10	43,88	32,9	905	35	37	18	5,6	36
11	52,47	32,7	893	37	38	17	5,6	30
12	58	32,9	1162	38	40	17	7,4	29
13	64,75	32,8	1212	40	42	7	10,2	27
14	64,5	32,8	1207	41	42	16	10,2	23
15	65,8	32,8	1244	41	43	16	12	23
16	66,1	32,9	1234	41	43	16	10,2	22
17	57,7	32,2	1046	42	43	16	7,4	22
18	55	33,2	1045	41	42	13	7,4	23
19	52,2	33	1006	40	41	16	5,6	24
20	47,6	33	964	38	39	16	0	27
21	45,6	32,9	933	36	37	14	5,6	26
22	41	33	873	35	35	13	5,6	26
23	38	33	817	34	33	12	5,6	27
0	35,5	33,1	785	33	30	16	5,6	36
2	30,7	33	679	31	32	17	8,3	42
4	29,5	33	687	29	30	18	12	50

Table de la loi de Student

Valeurs de **T** ayant la probabilité **P** d'être dépassées en valeur absolue



ν	P =0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,130	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,129	0,260	0,396	0,540	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,128	0,260	0,395	0,539	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,128	0,259	0,394	0,538	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,128	0,258	0,393	0,537	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,128	0,258	0,393	0,536	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,128	0,258	0,392	0,535	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,128	0,257	0,392	0,534	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,127	0,257	0,392	0,534	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,127	0,257	0,391	0,533	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,127	0,257	0,391	0,533	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,127	0,257	0,391	0,532	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,127	0,256	0,390	0,532	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,127	0,256	0,390	0,532	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,127	0,256	0,390	0,531	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,127	0,256	0,389	0,531	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
∞	0,126	0,253	0,385	0,524	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,96	2,326	2,576

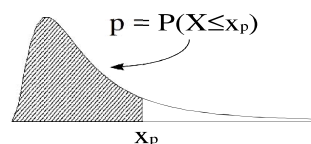
Nota. ν est le nombre de degrés de liberté.

Le quantile d'ordre $1 - \frac{\alpha}{2}$ se lit dans la colonne $P = \alpha$.

Le quantile d'ordre $1 - \alpha$ se lit dans la colonne $P = 2\alpha$.

1 Table des quantiles de la v.a. de Fisher

Fournit les quantiles x_p tels que
 $P(X \leq x_p) = p$
 pour $X \sim F_{n1, n2}$



$p=0.95$

n1 n2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30	50	100	inf
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	246	248	250	252	253	254
2	18,5	19,0	19,2	19,3	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,43	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
3	10,1	9,6	9,5	9,1	9,0	8,9	8,9	8,8	8,8	8,8	8,70	8,7	8,6	8,6	8,5	8,5
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,86	5,80	5,75	5,70	5,66	5,65
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,62	4,56	4,50	4,44	4,41	4,37
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	3,94	3,87	3,81	3,75	3,71	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,51	3,45	3,38	3,32	3,28	3,25
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,22	3,15	3,08	3,02	2,98	2,95
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,01	2,94	2,86	2,80	2,76	2,71
10	4,97	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,85	2,77	2,70	2,64	2,59	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,10	3,01	2,95	2,90	2,85	2,72	2,65	2,57	2,51	2,46	2,40
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,62	2,54	2,47	2,40	2,35	2,30
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,85	2,77	2,71	2,67	2,53	2,46	2,38	2,31	2,26	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,46	2,39	2,31	2,24	2,19	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,40	2,33	2,25	2,18	2,12	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,35	2,28	2,19	2,12	2,07	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,97	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,31	2,23	2,15	2,08	2,02	1,96
18	4,41	3,56	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,27	2,19	2,11	2,04	1,98	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,43	2,38	2,23	2,16	2,07	2,00	1,94	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,20	2,12	2,04	1,97	1,91	1,84
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,28	2,24	2,09	2,01	1,92	1,84	1,78	1,71
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,17	2,02	1,93	1,84	1,76	1,70	1,62
35	4,12	3,27	2,87	2,64	2,49	2,37	2,29	2,22	2,16	2,11	1,96	1,88	1,79	1,70	1,64	1,56
40	4,09	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	1,92	1,84	1,74	1,66	1,59	1,51
45	4,06	3,20	2,81	2,58	2,42	2,31	2,22	2,15	2,10	2,05	1,89	1,81	1,71	1,63	1,55	1,47
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,03	1,87	1,78	1,69	1,60	1,53	1,44
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,84	1,75	1,65	1,56	1,48	1,39
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,14	2,07	2,02	1,97	1,81	1,72	1,62	1,53	1,45	1,35
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,12	2,06	2,00	1,95	1,79	1,70	1,60	1,51	1,43	1,32
90	3,95	3,10	2,71	2,47	2,32	2,20	2,11	2,04	1,99	1,94	1,78	1,69	1,59	1,49	1,41	1,30
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,31	2,19	2,10	2,03	1,98	1,93	1,77	1,68	1,57	1,48	1,39	1,28
150	3,90	3,06	2,67	2,43	2,27	2,16	2,07	2,00	1,94	1,89	1,73	1,64	1,54	1,44	1,35	1,22
200	3,89	3,04	2,65	2,42	2,26	2,14	2,06	1,99	1,93	1,88	1,72	1,62	1,51	1,41	1,32	1,19
inf	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,67	1,57	1,46	1,35	1,24	1,00