



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Civil et d'Hydraulique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Hydraulique  
Hydraulique Urbaine

Réf. : HU48

---

Présenté et soutenu par :  
**FRADI Lissen Elhak**

Le : mardi 26 juin 2018

## OPTIMISATION DE L'UTILISATION D L'ENERGIE ELECTRIQUE « ADDUCTION DE ZERIBET EL OUED »

---

### Jury :

M.	MIMECH Leila	MCA	Université de Biskra	Président
M.	OUAKOUAK Abdelkader	MCB	Université de Biskra	Examineur
M.	BOUZIANE Med Tewfik	Pr	Université de Biskra	Rapporteur

سورة الاحقاف

*Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance  
à :*

*Mes chers parents ,*

*Pour leur soutien inconditionnel, Leur sacrifice,*

*De ma reconnaissance et tous mes affections.*

*Mes frère :Hamza,Ahmed ,Ramzi, Ridha,Jamel.*

*Mes soueur :Alima ,Madiha ,Iteb safia*

*et la femme de mon frère :abla .mouna*

*et yassar . assil. anfal*

*Que dieu les grande garde pour moi*

*ET tous la famille.fradi*

*Tous les étudiants de la promotion hydraulique urbaine*

*Et tous enseignements qui ont supervisé mon éducation surtout:*

*cherhabille sounia .hatem ghodhbane . ali bejaoui . faiza zaamoune*

*A tous ceux qui me sont chers*



# Remerciements

---

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement professeur : **BOUZIANE MED TEWFIK**. Je la remercie profondément pour la qualité de son encadrement exceptionnel.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous mes professeurs pour leur générosité et leur grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

En fin, je tiens à remercier toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## Résumée

# Résumée

Théoriquement le prix du mètre cube d'eau est strictement lié au système tarifaire de SONELGAZ et ce dernier a pour objectif de diminuer les coûts de mise à disposition à l' commune par l'incitation de celle-ci à consommer durant les périodes les moins chargées .Notre principal objectif est Sensibilisation l' commune à réaliser des économies d'énergie électrique : c'est le défi lancé à travers notre mémoire.

### mots clés

la puissance , tarif , Energie réactive , Energie active , Puissance maximale absorbée ,  
Puissance mise à disposition , SONELGAZ ,

### المخلص

نظريًا ، يرتبط سعر المتر المكعب من المياه ارتباطًا وثيقًا بنظام التسعيرة في سونلغاز ، ويهدف الأخير إلى تقليل تكاليف إتاحتها للبلدية من خلال تشجيعها على الاستهلاك خلال الفترات الأقل ، هدفنا الرئيسي هو توعية البلدية على تحقيق وفورات في الطاقة الكهربائية : هذا هو التحدي الذي بدأ من خلال مذاكرتنا .

### الكلمات المفتاحية

الاستطاعة ، تسعيرة ، الطاقة التفاعلية ، الطاقة النشطة ، الطاقة القصوى الممتصة ، الطاقة المتاحة ، سونلغاز ،

# LA LISTE DES FIGURES

## La liste des figures

<b><u>FIGURE</u></b>	<b><u>PAGE</u></b>
Figure I. 1 : Le moteur asynchrone triphasé est un actionneur électrique .....	4
Figure I. 2 : Caractéristiques Le moteur asynchrone .....	5
Figure I. 3 : Le couplage en étoile .....	5
Figure I. 4 : Le couplage triangle signifie .....	6
Figure I. 5 : démarrage direct.....	8
Figure I. 6 : démarrage étoile-triangle .....	11
Figure I-7 : démarrage par autotransformateur .....	13
Figure I.8 : Démarrage par des résistances statoriques .....	15
Figure I.9 : principe de gradateur de tension .....	16
Figure I.10 : démarrage par gradateur de tension .....	17
Figure I.11 : démarrage <i>électronique</i> .....	18
Figure II. 1: Sectionneur porte fusible .....	19
Figure II. 2: Symbolisation partie puissance .....	20
Figure II. 3: Symbolisation da la partie commande .....	20
Figure II. 4:Sectionneur cas ouvert et cas fermée .....	22
Figure II. 5:Le contacteur .....	22
Figure II. 6: Symbolisation de la partie puissance .....	23
Figure II. 7: Symbolisation de la partie commande .....	23
Figure II. 8: Contacteur cas ouvert et cas fermée .....	24
Figure II. 9: Relais thermique .....	25

# LA LISTE DES FIGURES

<b><u>FIGURE</u></b>	<b><u>PAGE</u></b>
Figure II. 10: Symbolisation de la partie commande et Puissance .....	25
Figure II. 11:Principe de Fonctionnement du relais thermique .....	26
Figure II. 12: Remplissage automatique .....	29
Figure II. 13:Protection contre la marche à sec .....	30
Figure IV. 1 : La compensation energie réactive .....	45
Figure IV.2 : Schéma de principe de la compensation .....	47
Figure IV.3: Principe de la compensation automatique d'une installation .....	49
FigureV.1 : Vérification des tarifs forage «Ghouchtane 01 » .....	55
FigureV.2 : Vérification des Tarifs Forage « GHOUCHTANE 02» .....	56
FigureV.3 : Vérification des Tarifs Forage « GHOUCHTANE 03» .....	56
FigureV.5 : Vérification des Tarifs Forage « GHOUCHTANE 04» .....	57
FigureV.5 : Vérification des Tarifs Forage « GHOUCHTANE 05» .....	57
FigureV.6 : Vérification des Tarifs «ForageHARAMLIA SUD» .....	58
FigureV.7 : Vérification des Tarifs «Forage LA ZONE INDUTESTREILLE » .....	58
Figure V.8 : Vérification des Tarifs« Forage LA STATION POMPAGE » .....	59
FigureV.9 : «TARIFS DES FORAGES EN FONCTION DES CODES» .....	59
FigureV.10 : comparaison entre les différents tarifs forage haramlia sud .....	60
Figure V.11 : Comparaison entre les différents tarifs forage la zone industrielle .....	60
Figure V.12 : Comparaison entre les différents tarifs foragestation pompage .....	61
Figure V.13 : Comparaison Entre Le prix Initial (Apc) Et Optimise .....	61

# LA LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau</b>	<b>PAGE</b>
Tableau I. 1 : Tableau récapitulatif .....	6
Tableau II. 1:Puissance du transformateur .....	28
Tableau III .1: Valeurs normalisées de la PMD (en KW).....	33
Tableau III 2 : Périodes tarifaires .....	35
Tableau III 3 : Domaine de tension et Tarifs (2016) .....	36
Tableau III 4 : PRESENTATION DES TARIFS ET LEUR PRIX (2016) .....	37
Tableau III. 5: les puissances en fonction de type de pertes.....	38
Tableau IV. 1: Type de GEP équipant les forages .....	42
Tableau IV. 2: Puissance de condensateur à installer par kW de charge, pour augmenter le facteur de puissance de l'installation .....	48
Tableau IV. 3: Le type de compensateur .....	50
Tableau V.1 : Donnée de forages .....	52
Tableau V.2 : Factures des Forage en (DA) : An 2017 .....	53
Tableau V.3 : Etat actuel de la tarification des forages .....	54



# INTRODUCTION GENERALE

La ville de Zeribet el oued wilaya de Biskra est alimentée en eau potable à partir de neuf forages

Tous ces forages sont fonctionnels et équipés de groupe électro pompes immergées (GEP).

L'arbre est mis en mouvement grâce au moteur électrique et **Avant d'acheter une pompe et afin de la faire fonctionner dans les meilleures conditions et de ne pas risquer de l'endommager**, il convient de faire attention, en plus du débit et de la hauteur manométrique totale de la pompe et de la puissance du moteur, au rendement de l'ensemble du groupe (pompe + moteur) et au point de fonctionnement.

Lors du choix du moteur, c'est la puissance absorbée par la pompe qui détermine la puissance délivrée par le moteur et donc aussi la puissance absorbée au réseau. Il faut donc prendre garde à ce que le moteur ait une puissance suffisante pour satisfaire toutes les situations de fonctionnement de l'installation.

L'alimentation des forages en électricité nécessite l'installation d'un poste de transformation et la gestion de ces clients est assurée par la direction de distribution de leur wilaya d'appartenance.

Le contrat de fourniture de l'électricité est cosigné par la commune du chef-lieu de la daïra de Zeribet el Oued et la Direction de Distribution avant la mise en service du poste de livraison.

Le contrat de fourniture est valable pour une durée de 05 ans à partir de sa date d'entrée en vigueur.

**Le client supporte les pertes d'énergie dont il est responsable** dans les transformateurs et sur la ligne de raccordement. Ces pertes seront estimées forfaitairement et figureront dans le contrat de fourniture d'électricité si le compteur est installé en aval des transformateurs.

C'est une forme particulière de puissance mise en jeu par un réseau ou une installation possédant une capacité, elle est transformée par les machines électriques pour créer leurs propres champs électromagnétiques.

L'objectif de notre présente étude est **l'optimisation de l'utilisation de l'énergie électrique** dans les forages pour **minimiser les coûts de fonctionnement** dans les systèmes de pompage déjà installés. Notre mémoire est subdivisé en deux parties ; l'une théorique, comportant trois chapitres, l'autre d'application comportant deux chapitres.

Une synthèse et une conclusion générale clora la présentation de ce travail.

# SOMMAIRE

## Sommaire

### PARTIE THEORIQUE

#### **CHAPITRE I : LES MOTEURS DES POMPES IMMERGEES**

<b>Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>I.1. LE MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE .....</b>	<b>4</b>
<b>I.1.1. Caractéristiques .....</b>	<b>5</b>
<b>I.1.2. Couplage .....</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3. Tableau récapitulatif .....</b>	<b>6</b>
<b>I.1.4. Sens de rotation .....</b>	<b>6</b>
<b>I.2. Les Types de démarrage .....</b>	<b>7</b>
<b>I.2.1. Démarrage direct .....</b>	<b>7</b>
<b>I.2.1.1. couplage et procédure de commutation .....</b>	<b>7</b>
<b>I.2.1.2. Avantages et inconvénients.....</b>	<b>8</b>
<b>I.2.2. Démarrage sous tension réduite .....</b>	<b>8</b>
<b>I.2.2.1. Démarrage étoile-triangle .....</b>	<b>9</b>
<b>I.2.2.1.1. couplage et procédure de commutation .....</b>	<b>9</b>
<b>I.2.2.1.2. Avantages et inconvénients .....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.2.2. Démarrage par autotransformateur .....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.2.2.1. procédure de couplage .....</b>	<b>12</b>
<b>I.2.2.2.2. Avantages et inconvénients .....</b>	<b>13</b>
<b>I.2.2.3. Démarrage par des résistances statoriques .....</b>	<b>14</b>
<b>I.2.2.3.1. Couplage et procédure de commutation .....</b>	<b>14</b>
<b>I.2.2.3.2. Avantages et inconvénients .....</b>	<b>15</b>
<b>I.2.2.4. Démarrage par gradateur de tension .....</b>	<b>16</b>
<b>I.2.2.4.1. Principe de fonctionnement et couplage .....</b>	<b>16</b>
<b>I.2.2.4.2. Avantages et inconvénients .....</b>	<b>17</b>
<b>I.2.3. Les démarreurs électroniques.....</b>	<b>18</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>18</b>

# SOMMAIRE

## CHAPITRE II:

### Protection et Commande des moteurs d'entraînement des pompes

Introduction.....	19
II.1. PROTECTION CONTRE LES COURTS-CIRCUITS. ....	19
II.1.1. LE SECTIONNEUR PORTE FUSIBLES .....	19
A. Symbolisation .....	20
B. Fonctionnement .....	21
II.1.2.LE CONTACTEUR MOTEUR.....	22
A. Symbolisation .....	23
B. Fonctionnement .....	24
II.2.PROTECTION CONTRE LES SURCHARGES.....	25
II.3.LE TRANSFORMATEUR.....	27
II.3.1. Un transformateur est constitué de .....	27
II.3.2. Caractéristiques .....	27
II.3.3. .Choix d'un transformateur .....	28
II.4.Remplissage automatique du réservoir .....	29
II.5.Protection contre la marche à sec de la pompe .....	30
Conclusion .....	31

## CHAPITRE III: SYSTEME TARIFAIRE DE LA SONELGAZ

Introduction.....	32
III.1. LES PRINCIPES DE LA TARIFICATION DE L'ELECTRICITE.....	32
III.1.1. STRUCTURE GENERALE DES TARIFS.....	33
III.1.1.1. Redevance fixe.....	33
III.1.1.2. Puissance mise à disposition.....	33
III.1.1.3. Puissance maximale absorbée.....	34
III.1.2. LES PERIODES TARIFAIRES.....	35
III.1.2.1.Postes Horaires.....	34

# SOMMAIRE

II.1.2.2. Périodes tarifaires.....	35
III.2. PRESENTATION DES TARIFS ET LEUR PRIX.....	36
III.3. Calcule des pertes à vide et en charge.....	38
III.4. FORMULE TARIFAIRE GENERALE.....	38
CONCLUSION.....	39

## PARTIE PRATIQUE

### CHAPITER IV: Compensation de l'énergie réactive

INTRODUCTION .....	40
I.1.L'alimentation électriques des pompes.....	40
I.1.1. Puissance et intensité.....	40
I.1.1.1 Notion de rendement.....	41
I.1.2.Puissance électrique.....	41
I.1.3. Intensité et tension.....	41
I.1.3.1. Intensité nominale absorbée par le moteur.....	41
I.1.3.2. Intensité et de démarrage $I_d$ puissance nécessaire.....	43
I.2. Analyse de l'équation groupes électropompes/ consommation électrique	43
I.2.1. Point de vue du distributeur d'énergie (Sonelgaz).....	43
I.2.2. Point de vue du client (ADE) .....	43
I.3. Le facteur de puissance est la proportion de puissance active dans la puissance apparente .....	46
I.4. Comment amélioration le $\cos \phi$ .....	46
I.4.1. Moyens de compensation .....	49
I.4.2. Principe et intérêt de la compensation automatique .....	49
I.2.1. Installation d'une batterie de condensateurs.....	52

# SOMMAIRE

<b>Conclusion .....</b>	<b>51</b>
 <b>CHAPITRE V:</b>	
<b>DIAGNOSTIQUE DES FACTURES ET OPTIMISATION DE</b>	
<b>L'UTILISATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE</b>	
<b>V.1. Données des Forages .....</b>	<b>52</b>
<b>V.2.Factures des Forage en (DA) : An 2016.....</b>	<b>53</b>
<b>V.3.FORMULE TARIFAIRE GENERALE .....</b>	<b>54</b>
<b>V.3.1. Calcul des tarifs pour les différents code .....</b>	<b>56</b>
<b>    V.3.2COMPARAISON ENTRE LES DIFFERENTS TARIFS .....</b>	<b>61</b>
<b>    V.3.3 COMPARAISON ENTRE LE PRIX INITIAL(APC) ET OPTIMISE ....</b>	<b>61</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>62</b>

**PARTIE**

**THEORIQUE**

# CHAPITRE I



LES MOTEURS  
DES POMPES  
IMMERGEES

## Introduction

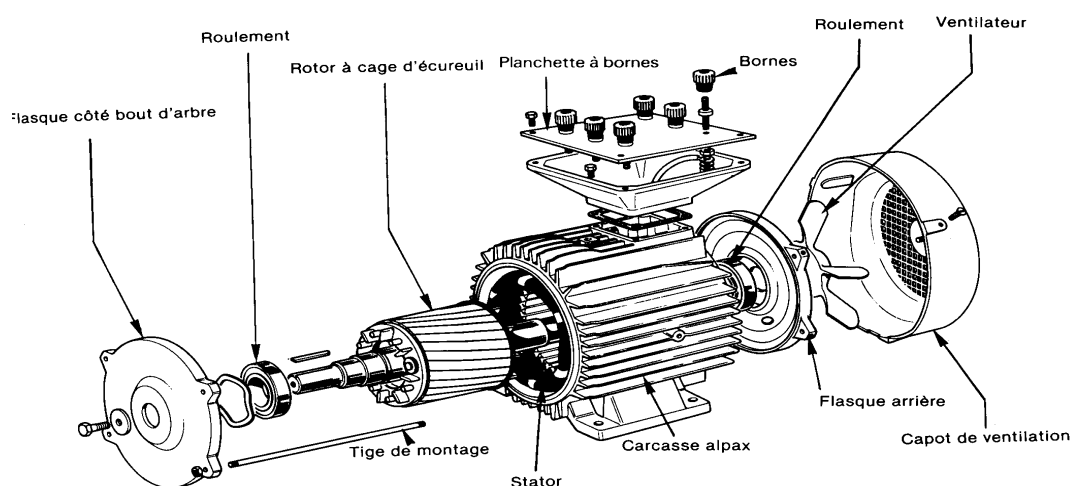
La majorité des pompes immergées sont équipés de moteurs asynchrones pour leurs entraînements. Lors de la mise sous tension d'un moteur, l'appel de courant sur le réseau est important et la section de la ligne d'alimentation est insuffisante, provoquer une chute de tension susceptible d'affecter le fonctionnement des récepteurs. Parfois, cette chute de tension est perceptible sur les appareils d'éclairage.

En fonction des caractéristiques du moteur et de la charge, plusieurs méthodes de démarrages sont utilisées. Le choix sera dicté par des impératifs électriques, mécaniques et économiques.

La nature de la charge entraînée aura également une grande incidence sur le mode de démarrage à retenir. L'objectif de ce chapitre est de présenter quelques modes de démarrage des moteurs asynchrones.

### I.1. Le moteur asynchrone triphasé

Le moteur asynchrone triphasé est un actionneur électrique. Dans l'industrie, 90% des moteurs sont de ce type. Ils sont simples à fabriquer et très vite mis en œuvre



3.91 Moteur asynchrone à cage  
(doc. Leroy - somer).

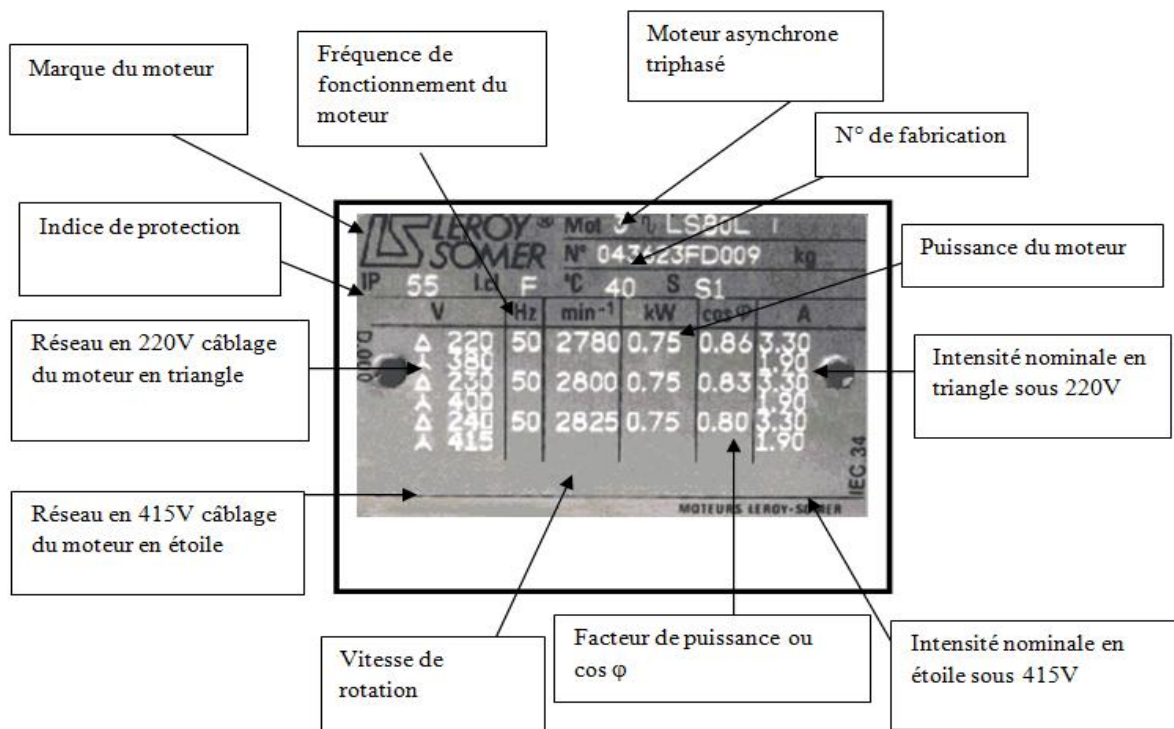
**Figure I. 1 :** Le moteur asynchrone triphasé est un actionneur électrique



**I.1.1. Caractéristiques**

Tout moteur électrique a ses propres caractéristiques.

Elles sont regroupées sur une plaque dite signalétique qui est fixée sur le moteur.

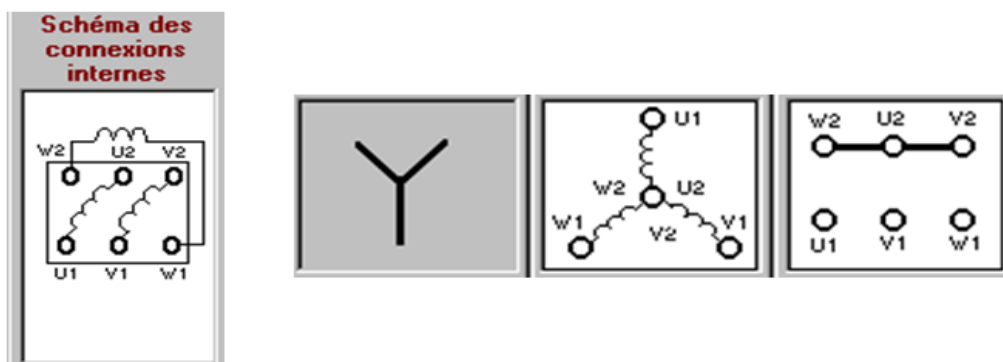


**Figure I. 2 :** Caractéristiques Le moteur asynchrone

**I.1.2. Couplage**

**- En étoile**

Le couplage en étoile signifie que la tension du réseau que l'on applique sur le moteur est supportée par deux enroulements.



**Figure I. 3 :** Le couplage en étoile

- En triangle

Le couplage triangle signifie que la tension du réseau que l'on applique au moteur est supportée par un enroulement.

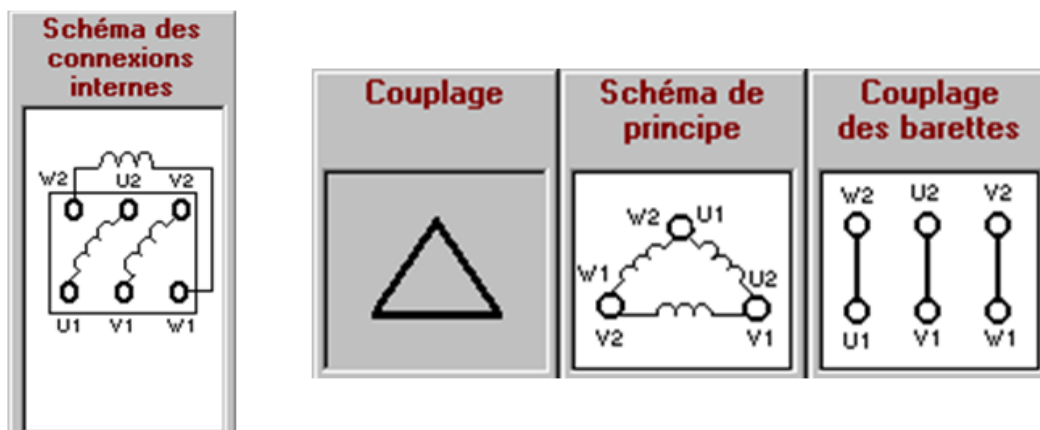


Figure I. 4 : Le couplage triangle signifie

I.1.3. Tableau récapitulatif

Tableau I. 1 : Tableau récapitulatif type de couplage

	Réseau 230V entre phases	Réseau 400V entre phases
Moteur 110/230	En étoile	Impossible
Moteur 230/400	En triangle	En étoile
Moteur 400/660	Impossible	En triangle

I.1.4. Sens de rotation

Lorsqu'on branche un moteur électrique, il va tourner dans un sens .si on veut changer ce sens de rotation, il suffit d'inverser deux phases sur le circuit de puissance.

Sur des pompes le sens de rotation est indiqué par une flèche.

## I.2. Les Types de démarrage

### I.2.1. Démarrage direct

C'est le plus simple qui ne peut être exécuté qu'avec le moteur asynchrone à rotor à cage. Les enroulements du stator sont couplés directement sur le réseau.

#### I.2.1.1. couplage et procédure de commutation

C'est le mode de démarrage le plus simple dans lequel le stator est directement couplé sur le réseau (Fig I.5). Le moteur démarre sur ses caractéristiques naturelles.

Au moment de la mise sous tension, le moteur se comporte comme un transformateur dont le secondaire, constitué par la cage du rotor très peu résistante, est en court-circuit. Le courant induit dans le rotor est important. Il en résulte une pointe de courant sur le réseau :

$$I_{\text{démarrage}} = 5 \text{ à } 8 I_{\text{nominal}}$$

Le couple de démarrage est en moyenne :

$$C_{\text{démarrage}} = 0.5 \text{ à } 1.5 C_{\text{nominal}}$$

Malgré les avantages qu'il présente (simplicité de l'appareillage, couple de démarrage élevé, démarrage rapide, prix faible), le démarrage direct ne peut convenir que dans les cas où :

- la puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau, de manière à limiter les perturbations dues à l'appel de courant,
- la machine entraînée ne nécessite pas une mise en vitesse progressive où comporte un dispositif amortisseur qui réduit le choc du démarrage,
- le couple de démarrage peut être élevé sans incidence sur le fonctionnement de la machine ou de la charge entraînée.

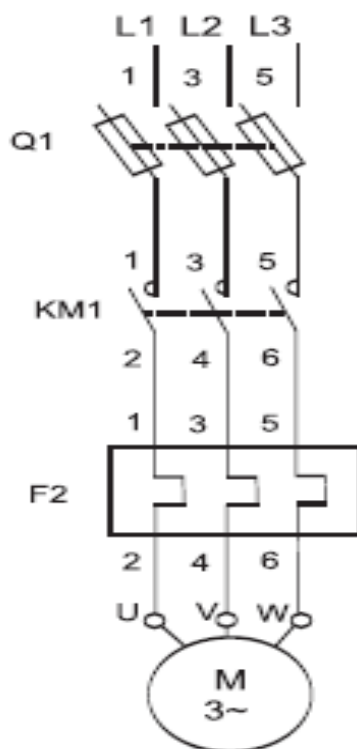


Figure I. 5 : démarrage direct

### I.2.1.2. Avantages et inconvénients

#### a) Avantage

- Simplicité de l'appareillage.
- Couple important.
- Temps de démarrage court.

#### b) Inconvénients

- Appel du courant important
- Démarrage brutal.

### I.2.2. Démarrage sous tension réduite

Plusieurs dispositifs permettent de réduire la tension aux bornes des enroulements du stator pendant la durée du démarrage du moteur ce qui est un moyen de limiter l'intensité du courant de démarrage. L'inconvénient est que le couple moteur est également diminué et que cela augmente la durée avant laquelle la machine atteint le régime permanent.

### I.2.2.1. Démarrage étoile-triangle

Ce procédé ne peut s'appliquer qu'aux moteurs dont toutes les extrémités d'enroulement sont sorties sur la plaque à bornes, et dont le couplage triangle correspond à la tension du réseau. Le démarrage s'effectue en 2 temps.

- 1 temps : mise sous tension et couplage étoile des enroulements Le moteur démarre à tension réduite  $n$
- 2 temps : Suppression du couplage étoile, et mise en couplage triangle Le moteur est alimenté sous pleine tension

#### I.2.2.1.1. couplage et procédure de commutation

Ce mode de démarrage (Fig I .6) ne peut être utilisé qu'avec un moteur sur lequel les deux extrémités de chacun des trois enroulements statoriques sont ramenées sur la plaque à bornes. Par ailleurs, le bobinage doit être réalisé de telle sorte que le couplage triangle corresponde à la tension du réseau : par exemple, pour un réseau triphasé 380 V, il faut un moteur bobiné en 380 V triangle et 660 V étoile.

Le principe consiste à démarrer le moteur en couplant les enroulements en étoile sous la tension réseau, ce qui revient à diviser la tension nominale du moteur en étoile par  $\sqrt{3}$  (dans l'exemple ci-dessus, la tension réseau 380 V = 660 V/ $\sqrt{3}$ ).

La pointe de courant de démarrage est divisée par 3 :

- $I_d = 1.5 \text{ à } 2.6 I_n$

En effet, un moteur 380 V/660 V couplé en étoile sous sa tension nominale 660 V absorbent un courant  $\sqrt{3}$  Fois plus faible qu'en couplage triangle sous 380 V. Le couplage

Étoile étant effectué sous 380 V, le courant est divisé une nouvelle fois par  $\sqrt{3}$  donc au total par 3.

Le couple de démarrage étant proportionnel au carré de la tension d'alimentation, il est lui aussi divisé par 3 :

- $C_d = 0.2 \text{ à } 0.5 C_n$

La vitesse du moteur se stabilise quand les couples moteur et résistant s'équilibrent, généralement entre 75 et 85 % de la vitesse nominale.

Les enroulements sont alors couplés en triangle et le moteur rejoint ses caractéristiques naturelles. Le passage du couplage étoile au couplage triangle est commandé par un temporisateur. La fermeture du contacteur triangle s'effectue avec un retard de 30 à 50

Millisecondes après l'ouverture du contacteur étoile, ce qui évite un court-circuit entre phases, les deux contacteurs ne pouvant être fermés simultanément.

Le courant qui traverse les enroulements est interrompu à l'ouverture du contacteur étoile. Il se rétablit à la fermeture du contacteur triangle.

Ce passage en triangle s'accompagne d'une pointe de courant transitoire très brève mais très importante, due à la force contre-électromotrice du moteur.

Le démarrage étoile-triangle convient aux machines qui ont un faible couple résistant ou qui démarrent à vide (ex : machine à bois). Pour limiter ces phénomènes transitoires, des variantes peuvent être nécessaires, au-delà d'une certaine puissance. L'une consiste en une temporisation de 1 à 2 secondes au passage étoile-triangle.

Cette temporisation permet une diminution de la force contre-électromotrice, donc de la pointe de courant transitoire.

Ceci ne peut être utilisé que si la machine a une inertie suffisante pour éviter un ralentissement trop important pendant la durée de la temporisation.

Une autre est le démarrage en 3 temps :

étoile-triangle + résistance-triangle.

La coupure subsiste, mais la résistance mise en série, pendant trois secondes environ, avec les enroulements couplés en triangle, réduit la pointe de courant transitoire.

Une variante est le démarrage étoile-triangle + résistance-triangle sans coupure.

La résistance est mise en série avec les enroulements immédiatement avant l'ouverture du contacteur étoile. Ceci évite toute interruption de courant, donc l'apparition de phénomènes transitoires.

L'utilisation de ces variantes se traduit par la mise en œuvre de matériel supplémentaire, ce qui peut avoir pour conséquence une augmentation non négligeable du coût de l'installation.

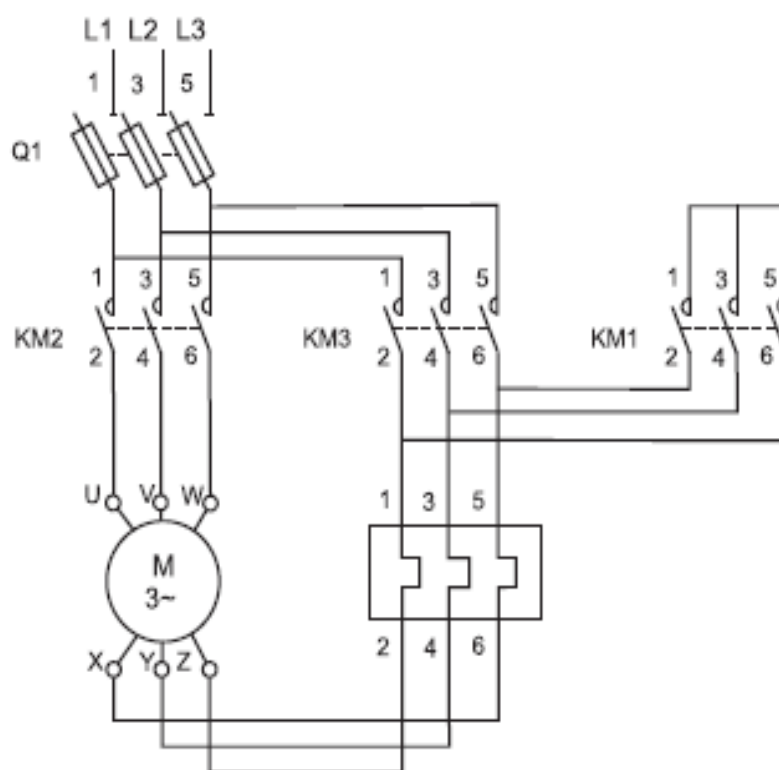


Figure I. 6 : démarrage étoile-triangle

#### I.2.2.1.2. Avantages et inconvénients

##### a) Avantage

- Appel de courant en étoile réduit au tiers de sa valeur en direct.
- Faible complication d'appareillage.

##### b) Inconvénients

- Couple réduit au tiers de sa valeur en direct.
- Coupure entre les positions étoile et triangle d'où apparition de phénomènes transitoires.

#### I.2.2.2. Démarrage par autotransformateur

Au moment de démarrage, la tension est réduite au moyen d'un autotransformateur.

- 1- Temps Auto-transformateur en Y le moteur est alimenté à tension réduite.
- 2- Temps Ouverture du point Y, seul la self de la partie supérieure de l'enroulement limite le courant.
- 3- Temps Alimentation du moteur sous pleine tension.

### I.2.2.2.1. procédure de couplage

Le moteur est alimenté sous tension réduite par l'intermédiaire d'un autotransformateur qui est mis hors circuit quand le démarrage est terminé.

Le démarrage s'effectue en trois temps :

- au premier temps, l'autotransformateur est d'abord couplé en étoile, puis le moteur est couplé au réseau à travers une partie des enroulements de l'autotransformateur. Le démarrage s'effectue sous une tension réduite qui est fonction du rapport de transformation.

L'autotransformateur est généralement muni de prises permettant de choisir le rapport de transformation, donc la valeur de la tension réduite la mieux adaptée,

- avant de passer au couplage pleine tension, l'entoilage est ouvert. La fraction de bobinage raccordée au réseau constitue alors une inductance en série avec le moteur. Cette opération est effectuée lorsque la vitesse d'équilibre est atteinte à la fin du premier temps,

- le couplage pleine tension intervient après le deuxième temps généralement très court (de l'ordre d'une fraction de seconde).

La portion de bobinage de l'autotransformateur en série avec le moteur est court-circuitée, puis l'autotransformateur est mis hors circuit.

Le courant et le couple de démarrage varient dans les mêmes proportions.

Ils sont divisés par ( $U_{\text{réseau}}/U_{\text{réduite}}$ ).

Les valeurs obtenues sont les suivantes :

$$I_d = 1.7 \text{ à } 4 I_n$$

$$C_d = 0.5 \text{ à } 0.85 C_n$$

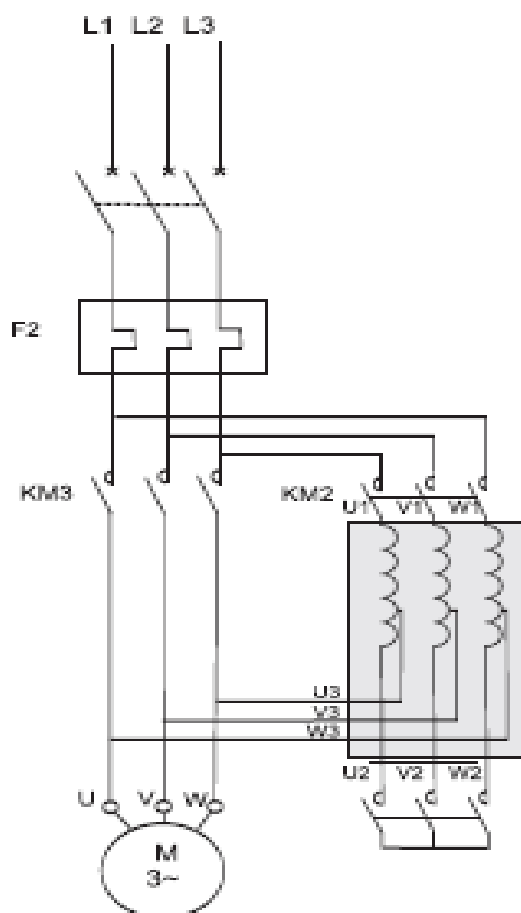
Le démarrage s'effectue sans qu'il y ait interruption du courant dans le moteur. De ce fait, les phénomènes transitoires liés à une telle interruption n'existent pas.

En revanche, si certaines précautions ne sont pas prises des phénomènes transitoires de même nature peuvent apparaître lors du couplage sous pleine tension. En effet, la valeur de l'inductance en série avec le moteur, après ouverture de l'entoilage, est grande par rapport à celle du moteur. Il s'ensuit une chute de tension importante qui entraîne une pointe de courant transitoire élevée au moment du couplage sous pleine tension. Pour éviter cet inconvénient, le circuit magnétique de l'autotransformateur comporte un entrefer dont la présence conduit à une diminution de la valeur de l'inductance. Cette valeur est calculée de telle façon qu'au moment de l'ouverture de l'entoilage au deuxième temps, il n'y ait pas de variation de tension aux bornes du moteur.



La présence de l'entrefer a pour conséquence une augmentation du courant magnétisant de l'autotransformateur. Ce courant magnétisant augmente l'appel de courant dans le réseau lors de la mise sous tension de l'autotransformateur.

Ce mode de démarrage est généralement utilisé en BT pour des moteurs de puissance supérieure à 150 kW. Mais il conduit à des équipements relativement coûteux en raison du prix élevé de l'autotransformateur.



**Figure I-7 :** démarrage par autotransformateur

#### I.2.2.2.2. Avantages et inconvénients

##### a) **Avantage**

- Possibilité de choisir le couple de décollage.
- Réduction de l'appel du courant.
- Démarrage en 3 temps sans coupure.

##### b) **Inconvénient**

- Prix d'achat élevé de l'équipement.

### I.2.2.3. Démarrage par des résistances statoriques

Le principe consiste à démarrer le moteur sous tension réduite en insérant des résistances en série avec les enroulements.

Lorsque la vitesse se stabilise, les résistances sont éliminées et le moteur est couplé directement sur le réseau. Cette opération est généralement commandée par un temporisateur.

#### I.2.2.3.1. Couplage et procédure de commutation

Dans ce mode de démarrage, le couplage des enroulements du moteur n'est pas modifié. Il n'est donc pas nécessaire que les deux extrémités de chaque enroulement soient sorties sur la plaque à bornes.

La valeur de la résistance est calculée en fonction de la pointe de courant au démarrage à ne pas dépasser, ou de la valeur minimale du couple de démarrage nécessaire compte tenu du couple résistant de la machine entraînée. En général, les valeurs de courant et de couple de démarrage sont :

$$- I_d = 4.5 I_n$$

$$- C_d = 0.75 C_n$$

Pendant la phase d'accélération avec les résistances, la tension appliquée aux bornes du moteur n'est pas constante. Cette tension est égale à la tension du réseau diminuée de la chute de tension dans la résistance de démarrage.

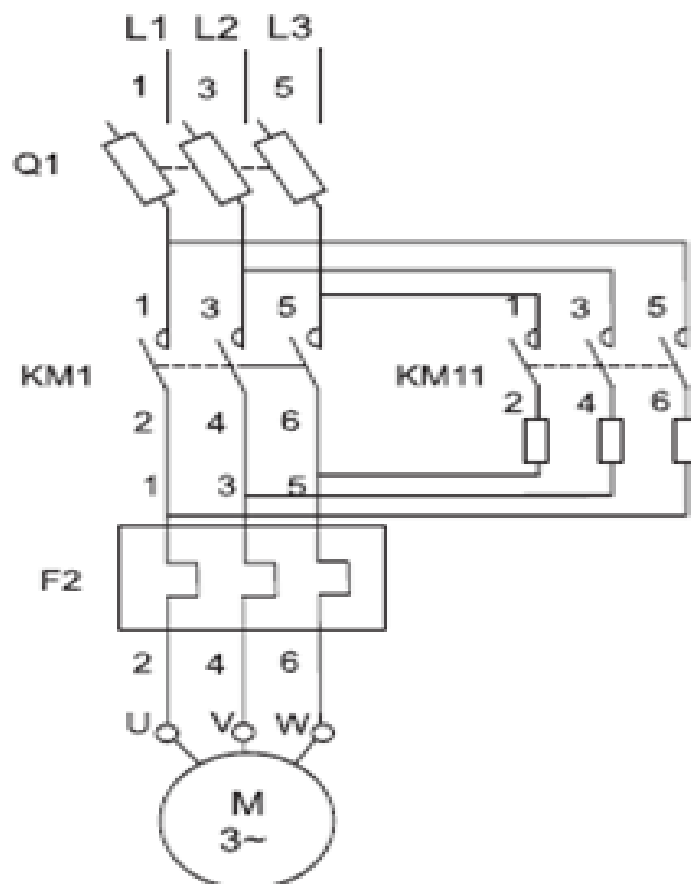
La chute de tension est proportionnelle au courant absorbé par le moteur. Comme le courant diminue au fur et à mesure de l'accélération du moteur, il en est de même pour la chute de tension dans la résistance. La tension appliquée aux bornes du moteur est donc minimale au moment du démarrage, et elle augmente progressivement.

Le couple étant proportionnel au carré de la tension aux bornes du moteur, il augmente plus rapidement que dans le démarrage étoile-triangle où la tension reste fixe pendant tout le temps du couplage étoile.

Ce mode de démarrage convient donc bien aux machines ayant un couple résistant croissant avec la vitesse, comme par exemple les ventilateurs ou les pompes centrifuges.

Il présente l'inconvénient d'une pointe de courant relativement importante au démarrage. Cette pointe pourrait être réduite en augmentant la valeur de la résistance, mais cela entraînerait une chute de tension supplémentaire aux bornes du moteur, et par conséquent une diminution importante du couple de démarrage.

En revanche, l'élimination de la résistance en fin de démarrage se fait sans qu'il y ait interruption de l'alimentation du moteur, donc sans phénomène transitoire.



**Figure I.8 :** Démarrage par des résistances statoriques

#### I.2.2.3.2. Avantages et inconvénients

##### a) Avantage

- La tension d'alimentation est très fortement réduite au moment de démarrage, car l'appel du courant reste important.
- Couple moteur croissant pendant le démarrage et démarrage plus progressif.

##### b) Inconvénients

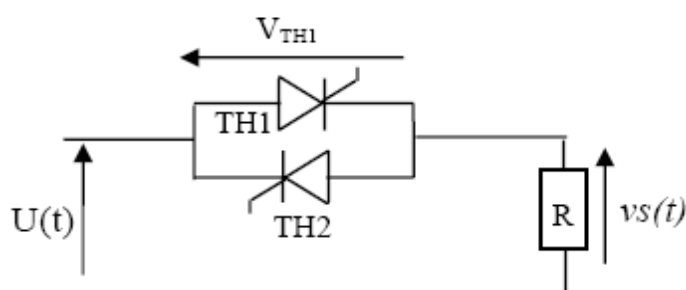
- Appel du courant plus important qu'en étoile-triangle 4 à 5 fois  $I_n$ .
- Le couple de démarrage est diminué par rapport au démarrage direct  $0,75 C_n$ .

#### I.2.2.4. Démarrage par gradateur de tension

Le gradateur est un convertisseur qui permet de transformer une source de tension sinusoïdale alternative de valeur efficace fixe en une tension alternative de valeur efficace variable de même fréquence.

##### I.2.2.4.1. Principe de fonctionnement et couplage

Le gradateur se comporte comme un interrupteur. Il permet d'établir ou d'interrompre la liaison entre la source de tension et le récepteur. La tension aux bornes du récepteur évolue en fonction de la commande de l'interrupteur. Le réglage de l'intensité du courant débité par la source permet de moduler l'énergie absorbée par le récepteur.



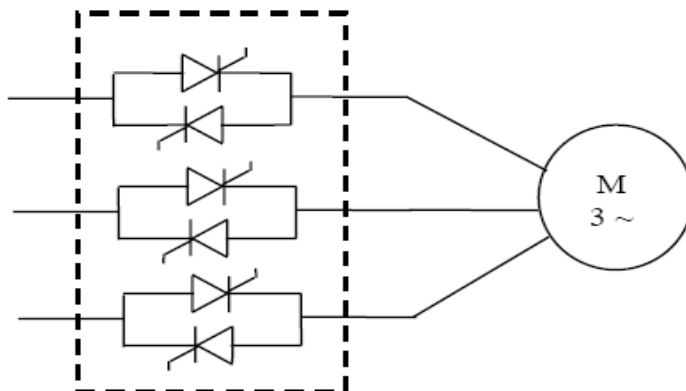
**Figure I.9 :** principe de gradateur de tension

L'interrupteur qui constitue le gradateur est composé de 2 thyristors montés tête-bêche ou d'un triac. Cet étage de puissance est associé à une « électronique » de commande permettant de faire varier l'angle d'amorçage  $\alpha$  des thyristors.

Le moteur asynchrone triphasé est alimenté par l'intermédiaire d'un gradateur qui provoque la montée progressive de la tension (figure I.10).

On peut réduire l'intensité de démarrage à une valeur précise en agissant sur l'angle de commande des thyristors.

Pour limiter l'appel de courant au démarrage, on réduit la tension efficace ce qui limite le couple moteur au démarrage. On doit donc s'assurer en permanence que le couple de démarrage soit supérieur au couple résistant du système à entraîner



**Figure I.10 :** démarrage par gradateur de tension

#### I.2.2.4.2. Avantages et inconvénients

Un fusible est un composant conducteur d'électricité qui accepte de laisser passer un courant jusqu'à une certaine valeur, sans fondre. Au delà de cette valeur de courant limite, il fond et empêche ainsi le courant de continuer sur sa lancée. On l'utilise pour protéger un équipement ou pour protéger une ligne d'alimentation (câble électrique) contre des surintensités, qui peuvent provoquer un échauffement important, voir un incendie. Une surintensité peut tout aussi bien provenir d'une surtension, que d'un défaut d'un composant dans une électronique quelconque. Un court-circuit est une cause fréquente de surintensité (court-circuit en sortie d'une alimentation ou en sortie HP d'un amplificateur BF, par exemple).

On connaît bien, au moins pour les avoir vus au moins une fois dans sa vie, les fusibles archi-connus de type 5x20 (diamètre 5 mm et longueur 20 mm), largement utilisés dans les appareils électroniques, ou ceux de type 10x38 utilisés dans les anciennes installations électriques individuelles (les fameux 10A, 16A ou 20A).

Mais on connaît peut-être un peu moins bien les autres types de fusibles. Cette page passe en revue quelques types de cette grande famille de composants.

### I.2.3. Les démarreurs électroniques

Ils permettent un démarrage progressif des moteurs, ils remplacent les démarreurs à technologie électromagnétique cité dans les précédents paragraphes.

- **constitution**

Les démarreurs sont constitués d'un gradateur triphasé à angle de phase

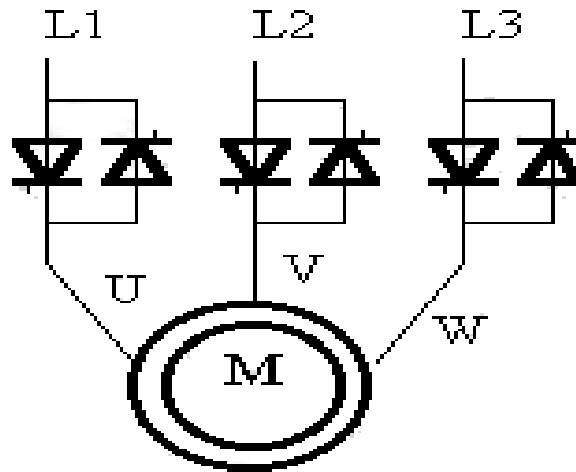


Figure I.11 : démarrage électronique

### Conclusion

Les pompes immergées équipant les forages sont entraînées par des groupes à courant triphasé. Elle transformer une énergie fournie par le moteur électrique en énergie hydraulique. Les calculs théoriques ne suffisent pas pour dimensionner un groupe correctement car ils ne prennent pas en compte les caractéristiques des pompes qui diffèrent selon la technologie de construction.

*Le démarrage des pompes se fait à vanne fermée on' est donc dans le point de barbotage ce qui implique que la puissance de la pompe est minimale en ce point.*

*Le démarrage de la pompe par le moteur ne peut avoir lieu que si le couple moteur est à chaque instant supérieur au couple résistant.*

# **CHAPITRE II**

**PROTECTION ET COMMANDE  
DES MOTEURS  
D'ENTRAINEMENT DES  
POMPES**

## Introduction

Les pompes équipant les forages sont généralement immergées et entraînées par des moteurs asynchrones immergés, il s'agit de groupe électropompe immergée.

Ces moteurs sont conçus pour fonctionner totalement noyés en permanence et toutes les précautions sont prises pour éviter un fonctionnement en position dénoyée.

Suivant les fabricants, le remplissage préalable de la carcasse du moteur est fait en atelier avant livraison ou à faire sur chantier lorsque la pompe est prête à être descendue.

Pour piloter et protéger efficacement les moteurs des pompes immergées, 4 fonctions doivent absolument être assurées :

- Le pilotage du moteur via un contacteur ou un interrupteur.
- La protection du moteur contre les surcharges de faible intensité via un relais thermique.
- La protection du moteur contre les courts-circuits via un disjoncteur ou des fusibles.
- La protection par isolation des personnes appelées à travailler sur le moteur ou l'armoire via un sectionneur.

A cela on ajoute la protection de la pompe contre la marche à sec et la protection contre le remplissage des réservoirs.

## II.1.PROTECTION CONTRE LES COURTS-CIRCUITS

### II.1.1. LE SECTIONNEUR PORTE FUSIBLES



Modèle (1)



modèle (2)

Figure II. 1: Sectionneur porte fusible

Le sectionneur porte fusibles est un composant qui joue deux rôles différents dans un circuit électrique .

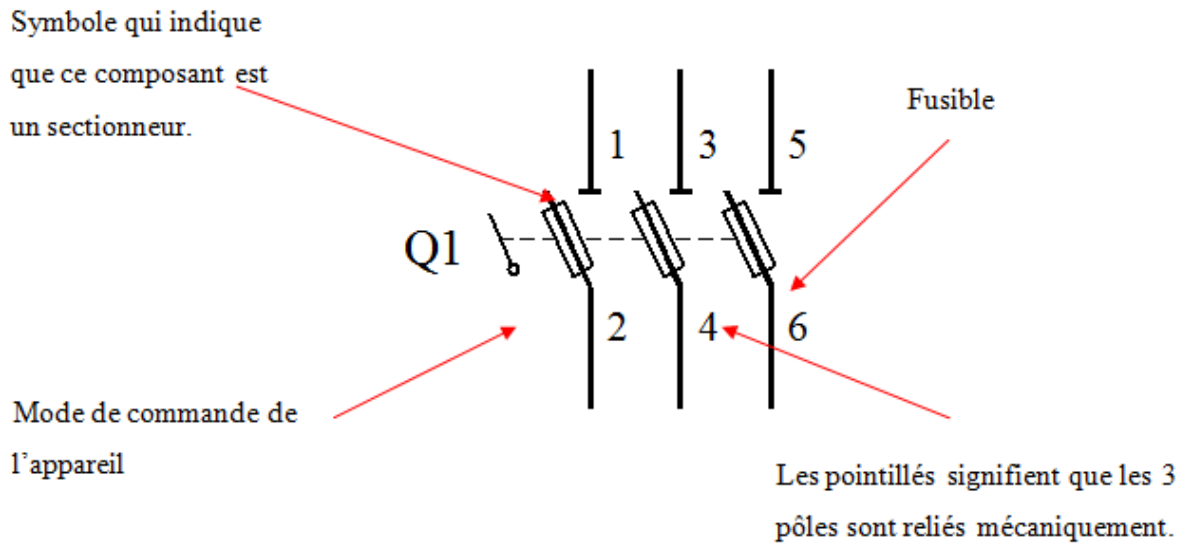


- Il joue le rôle de sectionneur, c'est à dire qu'il permet d'isoler l'installation du réseau d'alimentation électrique (**marche à vide**).
- Comme il est aussi muni de fusibles, il protège l'installation contre les court-circuits.

Ce composant n'a aucun pouvoir de coupure donc il doit être actionné à vide.

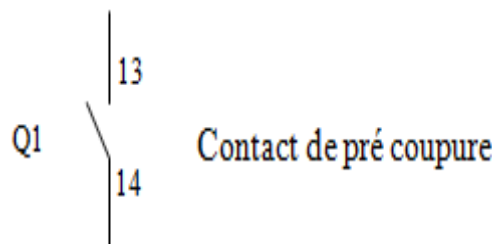
**A. Symbolisation**

- **En partie puissance**



**Figure II. 2:** Symbolisation partie puissance

- **En partie commande**



**Figure II. 3:** Symbolisation da la partie commande

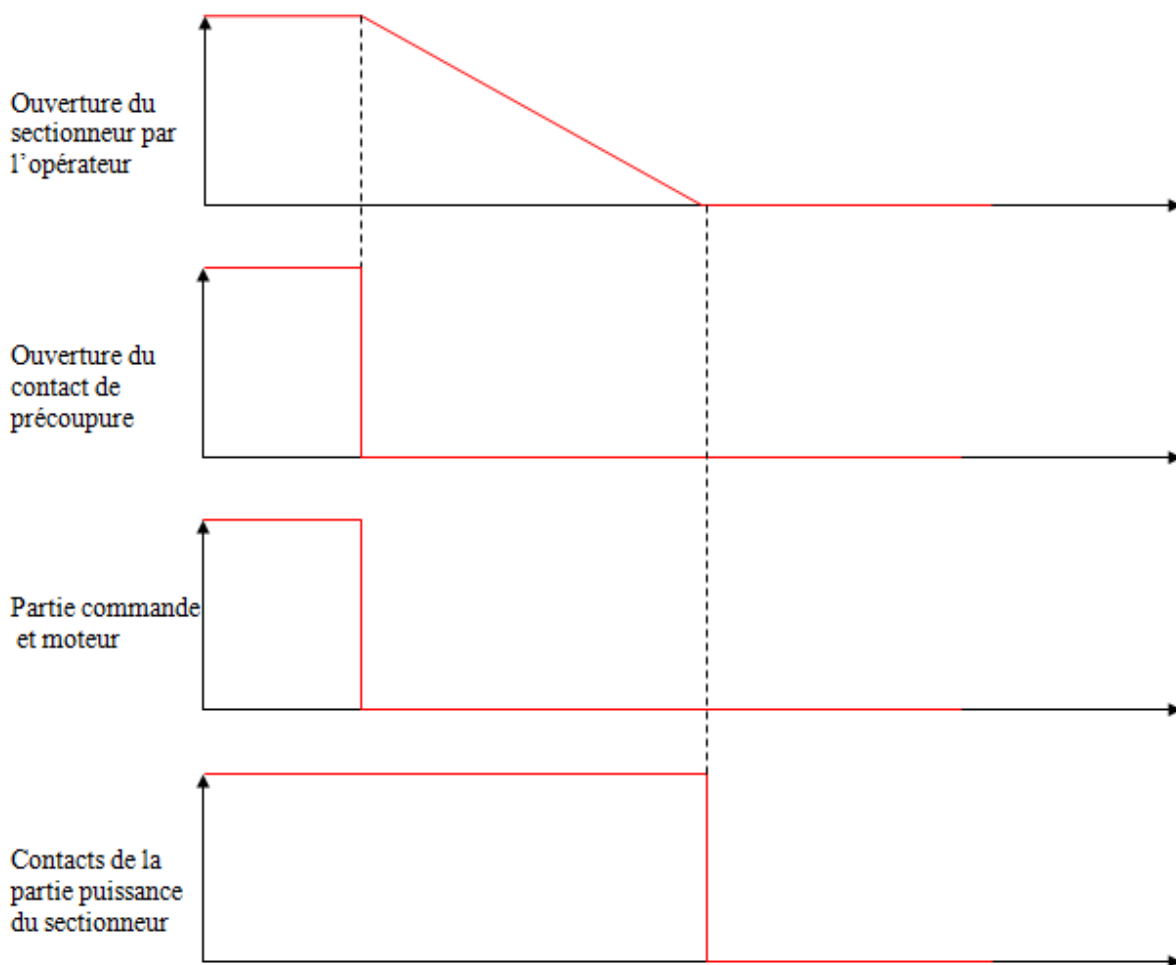
**Comme remarque** on trouve d'autres blocs auxiliaires à fixer sur le sectionneur . (contracts auxiliares ).

**B. Fonctionnement**

C'est un appareil qui est commandé manuellement par l'opérateur.

Selon la référence du composant, la partie commande comporte un ou des contacts de pré-coupe. Le ou les contacts de pré-coupe s'ouvrent avant les 3 contacts de la partie puissance. En effet si l'opérateur veut arrêter le moteur en actionnant le sectionneur, le contact de pré-coupe va s'ouvrir avant et donc ne va plus alimenter la partie commande.

Comme la partie commande n'est plus alimentée, la bobine du contacteur est elle aussi désalimentée donc les contacts de KM1 en partie puissance s'ouvrent avant les contacts de la partie puissance du sectionneur.



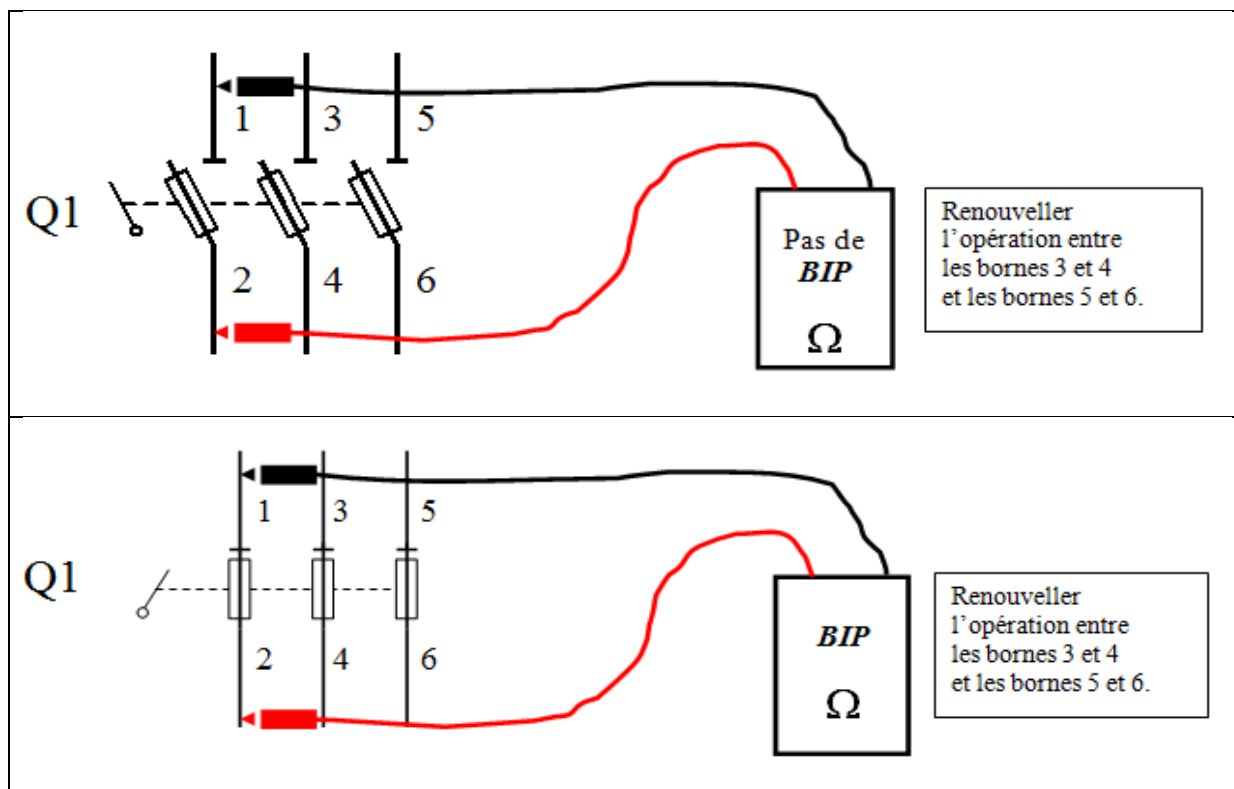


Figure II. 4:Sectionneur cas ouvert et cas fermée

### II.1.2.LE CONTACTEUR MOTEUR



Modèle 1



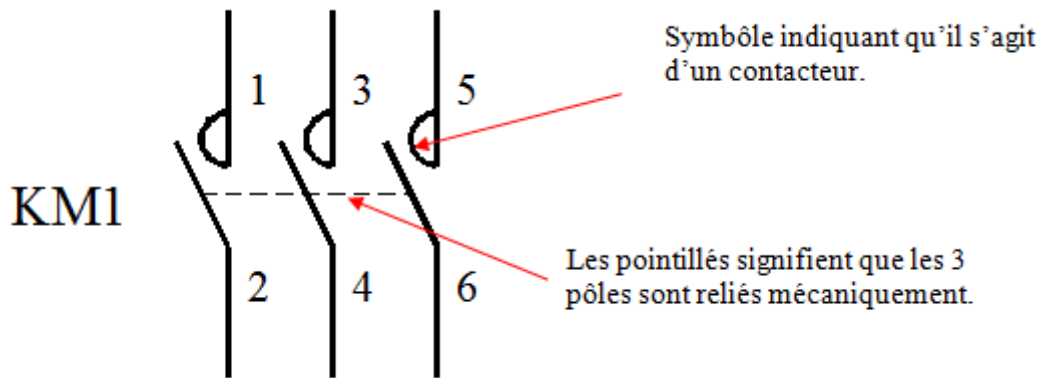
Modèle 2

Figure II. 5:Le contacteur

Le contacteur moteur est un composant qui permet d'ouvrir et de fermer un circuit de puissance en charge (il fonctionne par le principe tout ou rien).

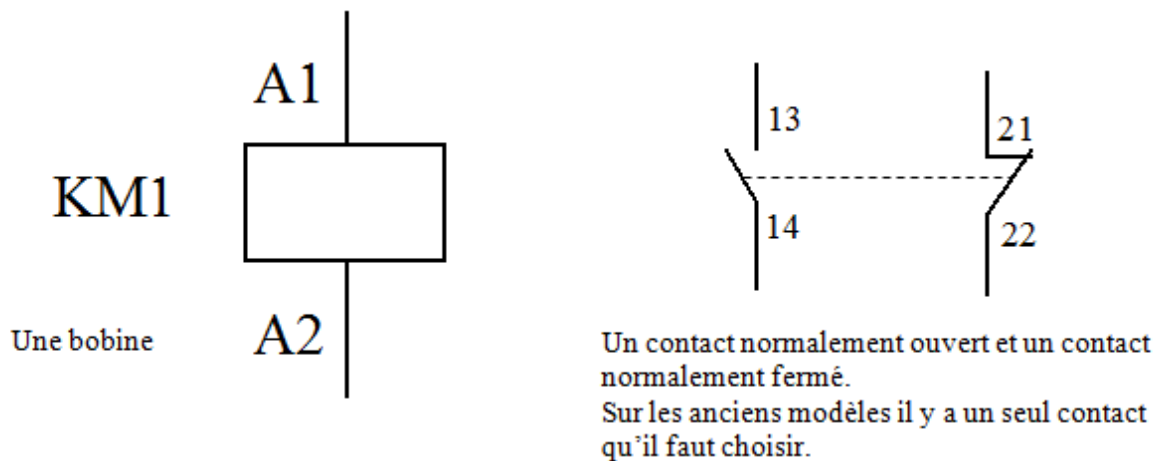
**A. Symbolisation**

- En partie puissance



**Figure II. 6:** Symbolisation de la partie puissance

- En partie commande



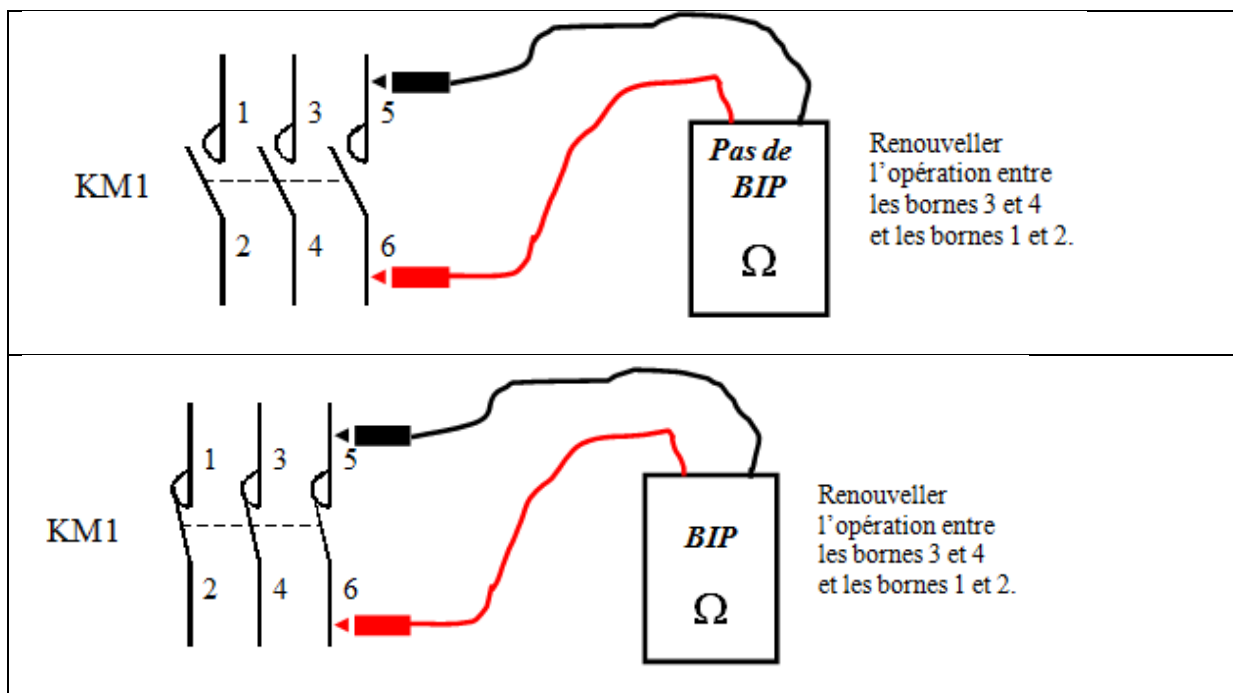
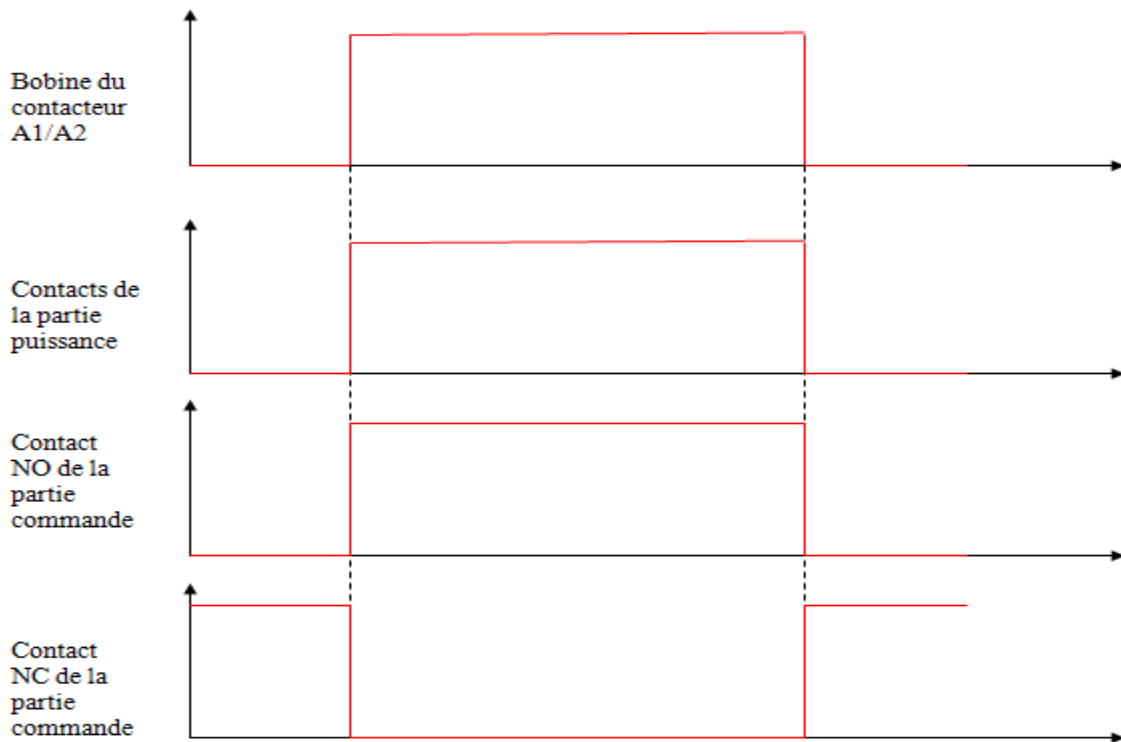
**Figure II. 7:** Symbolisation de la partie commande

**B. Fonctionnement**

Lorsque la bobine du contacteur est alimentée, les contacts de la partie puissance et ceux de la partie commande changent d'état simultanément.

Lorsque la bobine du contacteur n'est plus alimentée, les contacts de la partie puissance et ceux de la partie commande reviennent en position initiale simultanément.

L'ouverture et la fermeture des contacts s'effectuent grâce à un circuit électro-magnétique.



**Figure II. 8:** Contacteur cas ouvert et cas fermée

**II.2.PROTECTION CONTRE LES SURCHARGES**



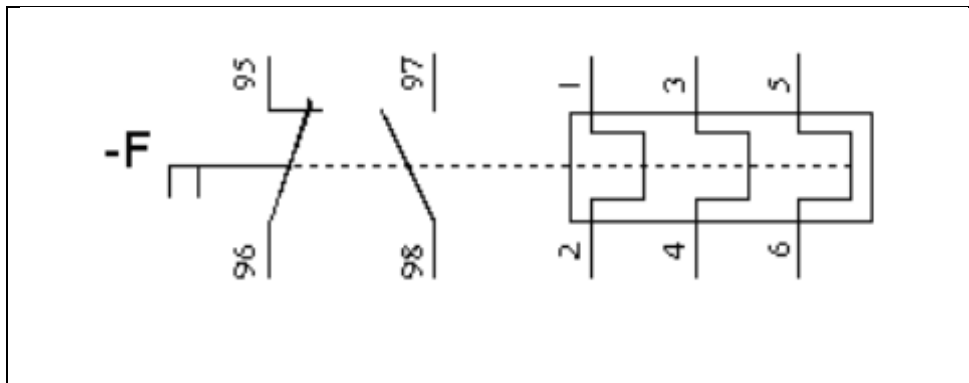
Modèle 1



Modèle 2

**Figure II. 9:** Relais thermique

Un relais thermique est un appareil qui protège les moteurs contre des surintensités de faibles valeurs mais de durée assez longues. Il est généralement différentiel et compense.

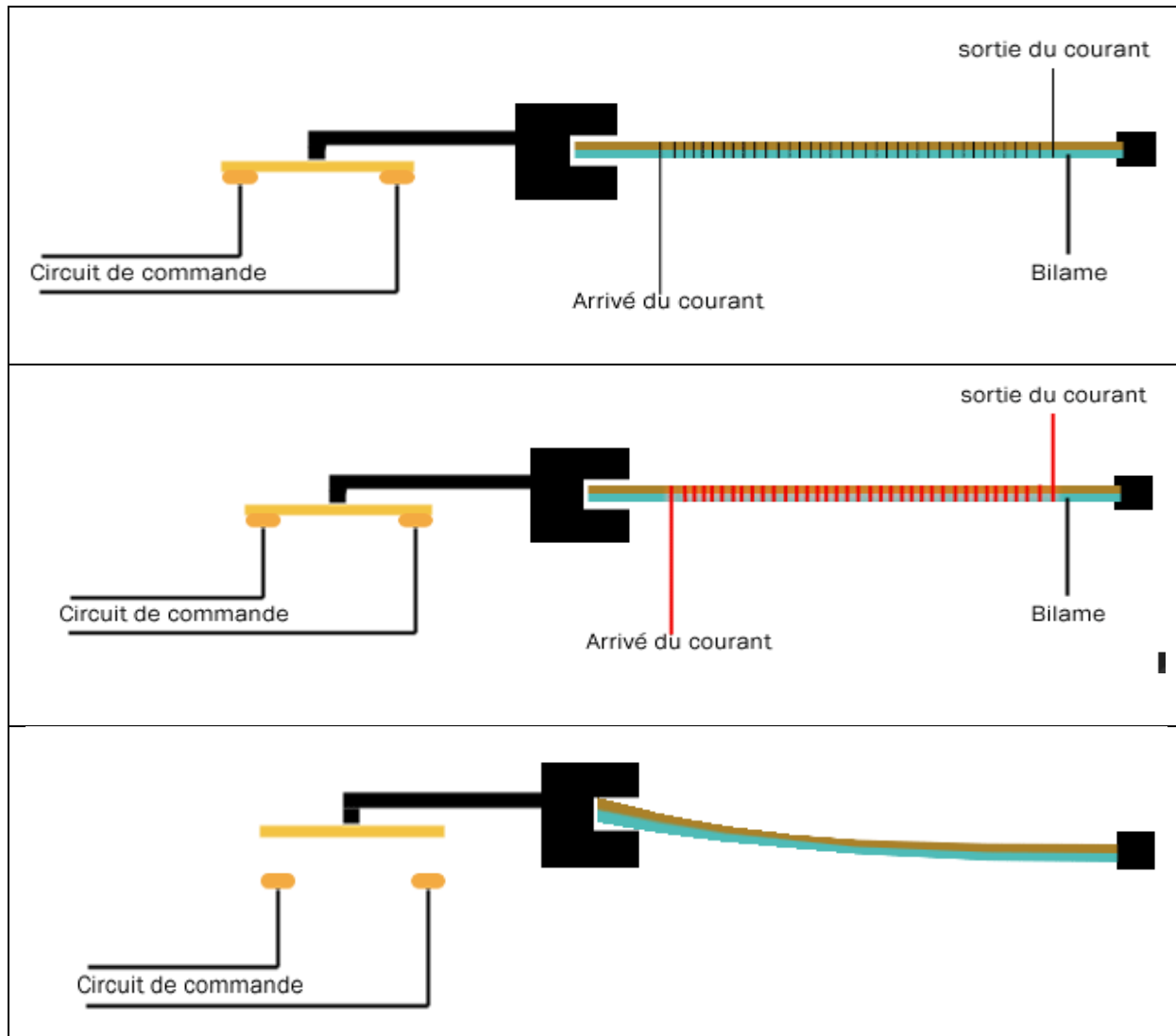


**Figure II. 10:** Symbolisation de la partie commande et Puissance

• **Fonctionnement**

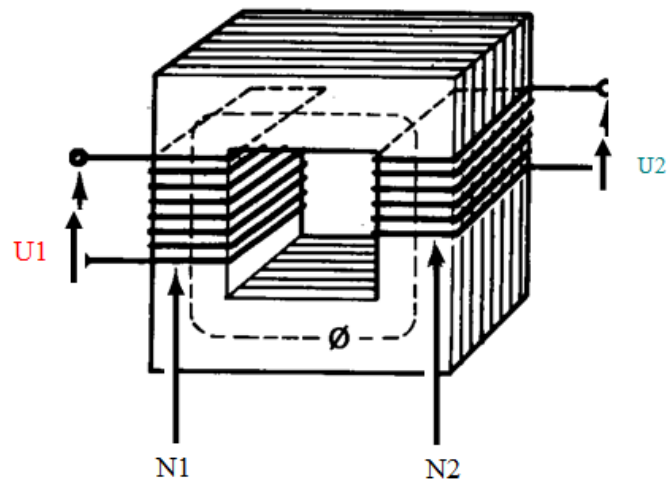
Le relais thermique est constitué d'un bilame métallique par phase(fait de deux lames avec un coefficient de dilatation différent).

Lorsque le courant le traversant est supérieur au calibrage du relais thermique, ça crée une élévation de température sur le circuit qui va déformer le bilame et ainsi ouvrir le circuit de commande.



**Figure II. 11:**Principe de Fonctionnement du relais thermique

### II.3.LE TRANSFORMATEUR



Un transformateur est un appareil électrique qui sert à élever ou à abaisser une tension.

Il est présent dans beaucoup d'appareils électriques. *Nous l'utiliserons essentiellement en abaisseur de tension pour des raisons de sécurité électrique afin d'alimenter les circuits de commande en 24 Volts ou en 12 Volts (environnement humide).*

Les armoires de commande et de protection des Forage Fonctionnent dans des milieux humide c'est pour cela qu'en exige les Tensions faible.

**Rapport de transformation :**  $m = U_2/U_1 = N_2/N_1$

#### II.3.1. Un transformateur est constitué de :

- Un circuit primaire.
- Un circuit secondaire.
- Un noyau magnétique entre les deux circuits.

On alimente le circuit primaire sous tension définie, et on obtient grâce à un phénomène électromagnétique une tension au circuit secondaire plus grande ou plus petite.

#### II.3.2. Caractéristiques

Les caractéristiques principales d'un transformateur sont :

- Tension d'alimentation du circuit primaire.
- Tension disponible au secondaire.
- Intensité nominale au circuit secondaire.
- Monophasé ou triphasé.



**II.3.3. .Choix d'un transformateur**

Pour dimensionner un transformateur d'équipement il ne suffit pas d'additionner les puissances des circuits d'utilisation, il faut également tenir compte de la puissance instantanée admissible (puissance d'appel).

La puissance du transformateur dépend de :

- De la puissance maximale nécessaire à un instant donné (puissance d'appel).
- De la puissance permanente absorbée par le circuit.
- De la chute de tension.
- Du facteur de puissance.

Pour le transformateur de commande en particulier, il suffit à partir de la puissance d'appel à  $\cos \varphi$  0,5, de lire le dimensionnement ci-dessous :

Puissance nominale en VA IEC et CSA	Puissance instantanée admissible en VA IEC 989 avec $\cos \varphi$ de :								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
40	140	120	100	88	79	71	64	59	55
63	270	230	200	170	150	140	130	120	110
100	380	320	280	240	220	200	180	160	150
160	900	770	670	590	520	470	440	400	390
250	1200	1000	870	870	680	620	570	530	510
400	2000	1700	1500	1300	1200	1100	1000	940	940
630	2200	1900	1700	1500	1300	1200	1200	1100	1200
1000	4600	4000	3600	3300	3000	2800	2600	2500	2600
1600	6600	5900	5400	4900	4600	4300	4100	4000	4300
2500	6000	5600	5300	4900	4900	4800	4800	4900	6100
4000	16000	14000	12000	10000	9000	8200	7500	6900	6700

**Tableau II. 1:** Puissance du transformateur

#### II.4. Remplissage automatique du réservoir

C'est le montage le plus simple, il consiste à détecter le niveau haut et bas dans le réservoir. Dès que le niveau d'eau descend, le groupe électropompe démarre et une fois l'eau touche la sonde haute le groupe s'arrête.

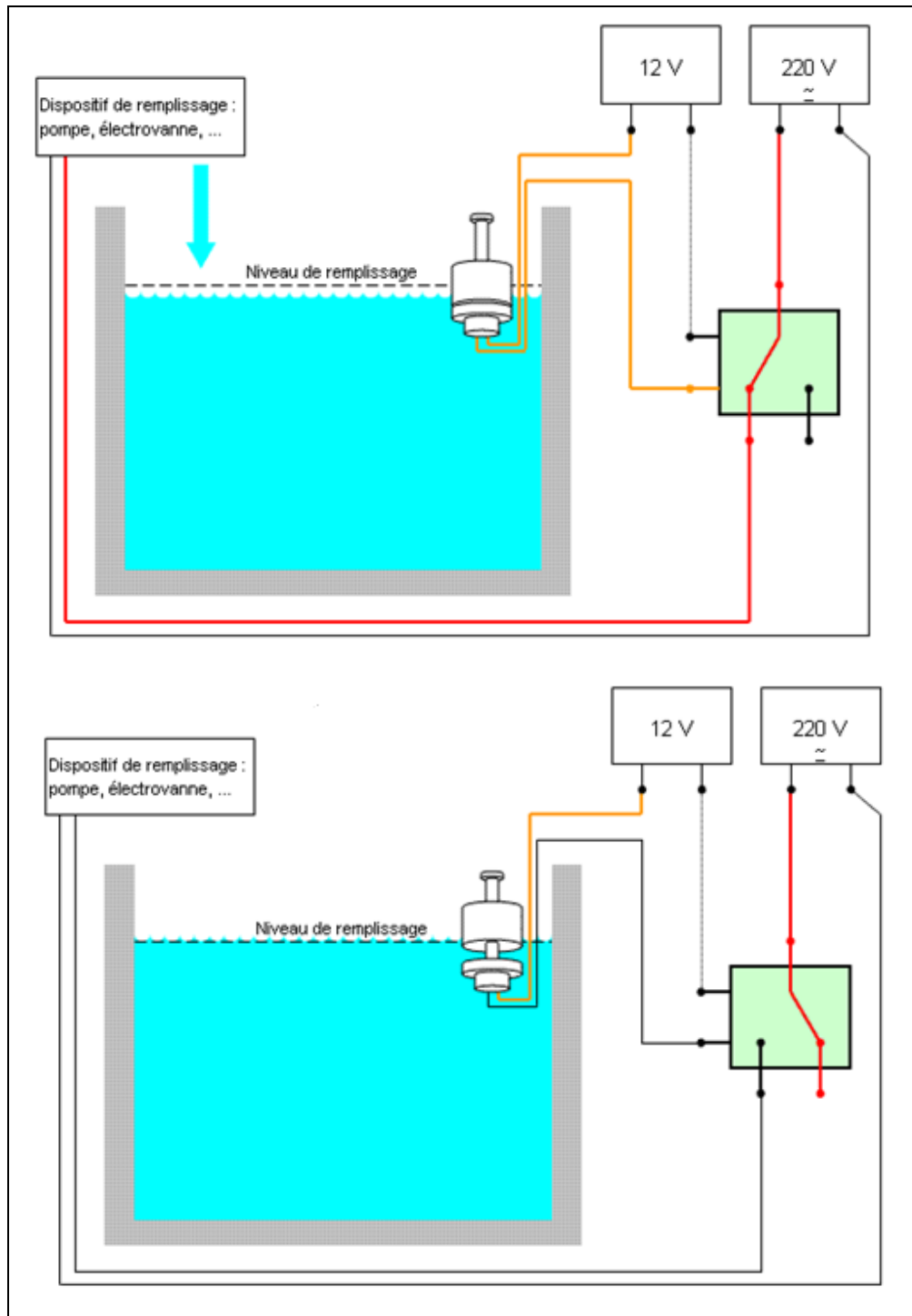
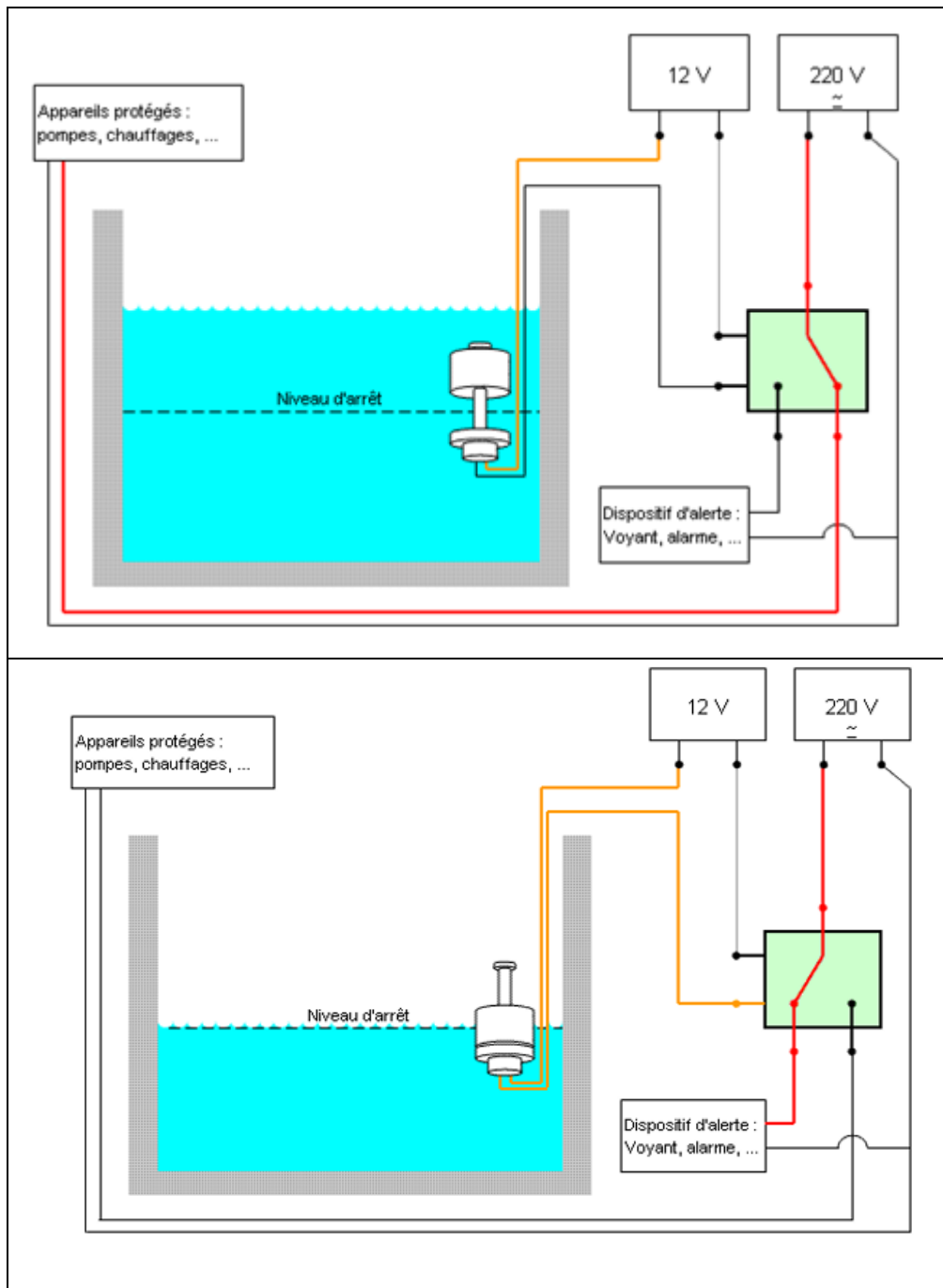


Figure II. 12: Remplissage automatique

## II.5. Protection contre la marche à sec de la pompe



**Figure II. 13:** Protection contre la marche à sec

Il s'agit d'une détection préventive et immédiate pour éviter la casse de la pompe une fois l'eau descend au-dessous du niveau dynamique.

Le détecteur s'installe dans l'armoire électrique et se branche sur l'alimentation du moteur asynchrone triphasé il fonctionne en utilisant l'eau comme conducteur ; une fois l'eau quitte la sonde le contact s'ouvre et le moteur s'arrête.

## Conclusion

Chaque unité de Protection et de contrôle comportera l'ensemble des protections nécessaires, leurs nombres et leurs natures dépendront de l'application considérée.

Comme nous travaillons dans un milieu humide et éloigné l'unité de protection et contrôle disposera obligatoirement :

- d'un dispositif d'auto surveillance
- d'un automatisme audible
- d'une signalisation en face avant par voyant

# Chapitre III



SYSTEME  
TARIFAIRE DE  
LA SONELGAZ

### **Introduction**

SONELGAZ est une entreprise qui s'est vu confier l'exercice du monopole de la production, du transport et de la distribution de l'électricité.

A ce titre, elle doit concilier deux objectifs :

1. La recherche de l'efficacité économique : il s'agit de satisfaire la demande de sa clientèle au moindre coût, sous contrainte de qualité de service
2. Le respect des contraintes budgétaires par un équilibre de son compte d'exploitation

## **III.1. LES PRINCIPES DE LA TARIFICATION DE L'ELECTRICITE**

### **(Les réalités de la tarification)**

L'électricité est un bien non stockable, dont la demande varie selon le moment de la journée (et/ou l'année). Ceci oblige l'Entreprise à assurer à tout instant l'équilibre *offre - demande*. Elle investit alors dans les capacités supplémentaires pour faire face à des pics de demandes concentrés sur de brèves périodes.

Ainsi, dans un souci d'efficacité, l'entreprise doit agir sur la demande et amener le client à étaler au maximum sa consommation d'énergie de façon à éviter des pointes trop marquées, trop coûteuses.

En renonçant à une unité supplémentaire d'énergie pendant les périodes les plus chargées, le client contribue à une minimisation des coûts pour l'entreprise et à satisfaire les besoins énergétiques des clients dont la consommation, pour des considérations d'usage, ne peut être déplacée.

L'un des moyens pour atteindre cet objectif est le prix, c'est dans cette optique, la tarification est bâtie sur la structure des coûts. Ces derniers sont en fonction du niveau de tension auquel est raccordé le client (la fourniture distribuée en basse Tension exige un volume d'équipement plus important que celle livrée en haute tension, du fait des transformations supplémentaires qu'elle doit subir avant sa forme finale d'utilisation) et de la période de consommation

Pour chacun des niveaux de tension, on a donc élaborée une série de tarifs présentés sous forme d'options, reflétant les coûts des kilowattheures desservis pendant telle ou telle période de la journée et orientant par la même le choix des consommateurs.

Le tarif le plus avantageux pour le client correspond au coût minimal pour la collectivité.

L'intérêt du consommateur étant d'optimiser sa facture son choix devra porter sur celui qui, à la fois l'avantage le mieux et minimise les coûts pour la collectivité. De par les gains que cela

lui procure, et dans la limite de ses usages, il cherchera à effectuer des reports de consommations sur les heures les moins chargées.

Ainsi parce que le tarif incite le consommateur à utiliser ses équipements électriques du mieux de l'intérêt général. Il assure la cohérence entre la recherche de l'efficacité au niveau individuel et au niveau national.

C'est sur la base de ces principes (*reflets des coûts /simplicité des tarifs incitative*) le système tarifaire actuel de SONALGAZ a été élaboré et contient un nombre limité de tarifs.

Deux pour la haute tension quatre pour la moyenne tension et quatre pour la basse tension.

### **III.1.1.STRUCTURE GENERALE DES TARIFS**

L'ensemble des tarifs du système tarifaire est caractérisé par une unité de structure. Tous les tarifs sont basés sur une seule formule polynôme (terme fixe, facturation de la puissance, facturation de l'énergie).

La structure générale des tarifs met en évidence trois termes

#### **III .1.1.1 Redevance fixe**

Elle couvre les frais de gestion technique et commerciale entretien du raccordement au réseau entretien courant et vérification du comptage, relève et facturation.

#### **III 1.1.2 Puissance mise à disposition**

C'est la puissance réservée par SNG en vertu d'un accord passé avec le client et que ce dernier peut appeler selon ses besoins. Elle correspond aux investissements consentis par SNG pour assure au client la possibilité d'appeler à son gré et à tout instant une puissance mobilisée pour lui.

La PMD est un terme révisable sous certaines conditions telles que définies par le cahier des clauses générales elle prend des valeurs normalisées.

**Tableau 1: Valeurs normalisées de la PMD (en KW)**

<b>Valeurs de PMD</b>		
50	3000	35 000
80	3500	40 000
120	4500	45 000
320	5000	50 000
500	7500	60 000
750	10 000	70 000
1000	15 000	80 000
1500	20 000	90 000
2000	25 000	100 000
2500	30 000	

### **III .1.1.3 Puissance maximale absorbée**

La facturation de la PMA incite le client à étaler sa consommation et à éviter les appels de puissance à la pointe. La PMA ne doit pas dépasser la PMD.

- Facturation de l'énergie réactive

L'excédent d'énergie réactive causant des perturbations dans le réseau, la consommation d'énergie réactive donne lieu à une bonification si le rapport énergie réactive sur énergie active est inférieur à 50 % et à un malus dans le cas contraire.

### **III.1.2.Les périodes tarifaires**

#### **III.1.2.1. Postes Horaires**

Les prix de l'énergie sont différenciés selon les heures d'utilisation. Les heures de la journée ont été regroupées en 3 postes horaires, de manière à ce que les conditions de couverture de la charge soient identiques à l'intérieur d'un même poste.

On distingue trois postes horaires définis sur la pose de l'heure l'égale comme suit.



- **Pointe** : Tous les jours de l'année de 17h à 21h (correspond aux heures les plus chargées).
- **Heures pleines** : Tous les jours de l'année de 6h à 17h et de 21h à 22h30 (heures Moyennement chargées)
- **Heures creuses** : Tous les jours de l'année de 22h30 à 6h (heures faiblement chargées).

### III.1.2.2. Périodes tarifaires

Aux différents poste horaires définis ci-dessus, correspondent, selon le tarif, six périodes tarifaires (pointe, heures pleines, heures creuses, hors pointe, jour, poste unique).

La différenciation des prix de l'énergie selon les six périodes tarifaires donne lieu à quatre types de tarifs.

**Tableau III 2 : Périodes tarifaires**

<b>Triple tarif</b>	Heures creuses (22h 30 → 6h) (7h 30/jour)	Heures pleines (6h → 17h) (21h → 22h30)	Heures pointes (17h → 21h) (4h/jour)
<b>Double tarif Hors pointe/Pointe</b>	Heures hors pointe (21h → 17h) (20h/jour)		Heures pointe (17h → 21h) (4h/jour)
<b>Tarif Nuit/Jour</b>	Nuit (22h 30 → 6h) (7h 30/jour)	Jour (6h → 22h 30) (16h 30 /jour)	
<b>Simple tarif Unique</b>	Poste unique (24h/jour)		

### III.2. Présentation des tarifs et leur prix

Les tarifs d'électricité actuellement en vigueur sont classés en trois séries ou chaque série regroupe les tarifs propres à un niveau de tension auquel le client est raccordé.

- \* **Tarifs série 30** : abonnés Haute Tension.
- \* **Tarifs série 40** : abonnés Moyenne Tension.
- \* **Tarifs série 50** : abonnés Basse Tension.

**Tableau III 3 : Domaine de tension et Tarifs (2016)**

<b>Domaines de tension</b>	<b>Courant alternatif (volt efficace)</b>	<b>Tarifs</b>	<b>Série de tarif</b>
<b>H T (Haute Tension)</b>	60KV, 90KV, 220 KV	31,32	30
<b>MT (Moyenne Tension)</b>	5,5Kv, 10KV, 22KV, 30KV	41, 42, 43,44	40
<b>BT (Basse Tension)</b>	$500V < U \leq 1Kv$	51, 52, 53,54	50
<b>BT (Basse Tension)</b>	$50 V < U \leq 500v$ ou (220V et 400V)		

Tableau III 4 : PRESENTATION DES TARIFS ET LEUR PRIX (2016)

ELECTRICITE							
Code Tarif	Redevance Fixe (DA/Mois)	PMD (CDA/kW/Mois)	MPA	Energie Active		Energie réactive (CDA/Kvarh)	
				(CDA / kWh)		Malus	Bonus
31	421 177,73	3161	15788	Pointe	550,71	25,84	5,168
				Pleine	113,85		
				Nuit	49,19		
32	421 177,73	8412	42115	Unique	114,12	25,84	5,168
41	32 227,79	2154	9679	Pointe	726,68	37,94	7,588
				Pleine	161,47		
				Nuit	85,33		
42	429,71	3225	15048	Pointe	726,68	37,94	7,588
				Hors Pointe	150,53		
43	429,71	3225	1288	Nuit	85,33	37,94	7,588
				Jour	356,92		
44	429,71	3225	15048	Unique	313,02	37,94	7,588
51	286,44	2985	...	Pointe	716,32	...	...
				Pleine	191,07		
				Nuit	106,37		
52	66,4	2985	...	Pointe	716,32	...	...
				Hors Pointe	157,19		
53	66,4	1481	...	Nuit	106,37	...	...
				Jour	429,88		
54	...	437	...	Unique	417,89	...	...

### III.3. Calcule des pertes à vide et en charge

Les pertes à vide et en charge sont calculées en appliquant les coefficients respectifs pour chaque transformateur. Ces coefficients sont préalablement définis dans la police d'abonnement.

Tableau III. 5: les puissances en fonction de type de pertes

puissance	Pertes à vide active	Pertes à charge active	Pertes à vide réactive	Pertes à charge réactive
063	2.6	0.3	4	2.1
100	2.3	0.425	4	3
160	2.1	0.6	4	4.2
250	1.7	0.9	4	6.4
400	1.5	1.3	4	8.3
630	1.5	1.6	4	11.5

### III.4. FORMULE TARIFAIRE GENERALE

L'expression générale de la structure tarifaire est un polynôme comportant trois parties soit :

- un terme constant
- un terme qui facture la puissance
- un terme qui facture l'énergie

$$R = a + c. Pc + d. Pa + \sum (eh. Eh + g. (W - r. E))$$

Où

**R** : Montant mensuel de la facture (DA/mois)

**a** : Redevance fixe (DA/ mois)

**Pc** : Puissance mise à disposition du client et qu'il peut appeler suivant ses besoins elle est exprimée en KW

**Pa**: Puissance maximale absorbée en cours de la période de facturation mesurée par un appareil indicateur de maximum avec remise à zéro à chaque relève. Elle est exprimée en KW.

**C, d** : Prix de facturation de la puissance mise à disposition et de la puissance maximale absorbée (DA/kW/mois).

**E** : énergie consommée au cours du mois (kWh/mois)

**Eh** : énergie consommée au cours du mois dans le poste horaire h ( $E = \sum E_h$ )

**eh** : Prix de l'énergie par poste horaire h (CDA/kWh)

**W** : Energie réactive consommée au cours du mois (Kvarh/mois)

**g**: Prix de l'énergie réactive (CDA/Kvarh)

**r**: concerne la facturation de l'énergie réactive : valeur du rapport  $\text{tg}\varphi=W/E$  au-delà duquel il y a majoration et en deçà bonification. On prend  $r = 0,5$  ce qui correspond à un  $\cos \varphi$  de 0,894.

## CONCLUSION

Sur l'ensemble du système tarifaire et compte tenu de l'utilisation des heures de la journée L'entreprise. Sonelgaz préconisasses clients des tarifs spécifiques.

**PARTIE**

**PRACTIQUE**

# Chapitre IV

**COMPENSATION  
DE L'ENERGIE  
REACTIVE**

## INTRODUCTION

Tout système électrique utilisant le courant alternatif met en jeu deux formes d'énergie : **l'énergie active** et **l'énergie réactive**. Dans les processus industriels utilisant l'énergie électrique seule l'énergie active est transformée au sein de l'outil de production en énergie mécanique, thermique, lumineuse, ..., l'énergie réactive sert notamment à l'alimentation des circuits magnétiques des machines électriques (moteurs, autotransformateurs, ....). Par ailleurs, certains constituants des réseaux électriques de transport et de distribution (transformateurs, lignes, ....) consomment également dans certains cas d'exploitation de l'énergie réactive.

### IV.1L'alimentation électrique des pompes

En fonction des possibilités et des contraintes de terrain, l'alimentation électrique des forages provient du réseau de la Sonelgaz.

D'une manière générale, la pompe choisie doit éviter toutes surcharges et instabilité du moteur, ainsi il faut éviter tout gaspillage d'énergie. C'est à dire qu'on devra s'efforcer d'utiliser la machine dans La zone de son rendement maximal.

Les forages destinés à l'alimentation en eau potable de la ville de *Zeribet eloued* sont équipés par des groupes électropompes immergés multicellulaires à axe vertical dont les puissances sont comprises entre 15 et 37 kW.

#### IV.1 .1 Puissance et intensité

Quelque que soit le type d'alimentation électrique, il est primordial d'évaluer la puissance absorbée par le moteur électrique de la pompe. La puissance hydraulique est en fonction de la HMT et du débit. Nous devons maintenant déterminer l'intensité et la puissance électrique consommée par le moteur de la pompe.

##### IV.1.1.1 Notion de rendement

En fonction du type de transmission entre la partie pompe et la partie moteur, le rendement entre la puissance mécanique et la puissance absorbée par le moteur sera de :

- 10 à 15% dans notre cas car il s'agit d'une transmission direct par arbre.



### IV.1.1.2 Puissance électrique

- La puissance apparente :  $P = U \times I$  en (kVA) ; c'est la puissance utilisée pour désigner les générateurs.
- La puissance réelle :  $P = U \times I \times \cos\varphi$  en (kW) ; c'est la puissance qui sert au calcul de la consommation des moteurs. Elle tient compte du facteur de puissance réactive  $\cos\varphi$ .

### IV.1.2.1 Intensité et tension

Sur les plaques signalétiques des moteurs, sont notées 2 termes d'intensités :

- Intensité nominale  $I_n$  : c'est l'intensité en marche normale.
- Intensité de démarrage  $I_d$  : c'est l'intensité absorbée lors du démarrage du moteur, supérieure à  $I_n$

### IV.1.2.2 Intensité nominale absorbée par le moteur

- en courant alternatif monophasé : 
$$I = \frac{P_n \times 1000}{U \times \rho \times \cos \varphi}$$
- en courant alternatif triphasé : 
$$I = \frac{P_n \times 1000}{U \times \sqrt{3} \times \rho \times \cos \varphi}$$

$P_n$  : puissance nominale du moteur de la pompe en kW

$U$  : tension en Volt

$I_n$  : Intensité nominale donnée en A

$\rho$  : Rendement du moteur

Tableau IV. 1: Type de GEP équipant les forages

Forage	Q (L/S)	Type De Pompe	U (V)	I (A)	P (Kw)	N (Tr/min)	COS $\phi$
Ghouchtane 01	5	Ms75-15	380	32	15	2885	0.83
Ghouchtane02	10	Ms80-22	380	48	22	2885	0.87
Ghouchtane 03	9	Ms80-22	380	48	22	2885	0.86
Ghouchtane 04	5	Ms75-15	380	32	15	2885	0.86
Ghouchtane 05	12	Ms100-26	380	54	26	2885	0.88
Haramlia sud	4	Ms60-9.2	380	21	9.2	2885	0.85
La zone industrielle	5.33	Ms75-11	380	24	11	2885	0.86
Station pompage 1	24	Ms114-37	380	79	37	2885	0.85
Station pompage 02	12.5	Ms75-11	380	24	11	2885	0.87

Le rendement d'un moteur est d'autant plus élevé que le moteur est puissant. Pour des moteurs de 50 kW, le rendement sera de l'ordre de 0,85 et pour des moteurs de l'ordre de 1 kW le rendement sera plus faible de l'ordre de 0,70. Le rendement des moteurs diminue lorsque les pertes de charge hydraulique augmentent. On définit alors une intensité I, de pleine charge qui correspond au fonctionnement de la pompe à pleine charge, avec les pertes de charge minimale et le meilleur rendement. Le vannage (augmentation des pertes de charge) va bien provoquer Une baisse de rendement du moteur et donc une consommation supérieure au régime normal.

### IV.1.2.3 Intensité et de démarrage $I_d$ puissance nécessaire

Lors du démarrage du moteur la puissance absorbée est très nettement supérieure à la puissance nominale (couple de la pompe importante pour démarrer le moteur électrique et sa partie hydraulique de 0 à 3000 tr/mn). La tension étant fixe, c'est l'intensité qui s'accroît.

Les constructeurs donnent généralement le rapport  $\frac{I_d}{I_{nominale}}$  qui permet de connaître l'intensité absorbée lors du démarrage direct de la pompe. La valeur réelle (de l'ordre de 6) est notée sur la plaque du moteur de la pompe.

La puissance du générateur ou du secteur sur lequel est branchée la pompe doit pouvoir supporter cette intensité  $I_d$ . C'est donc avec ce terme  $I_d$  que sera calculée la puissance du générateur nécessaire au fonctionnement d'une pompe à partir de la formule :

$$P \text{ (kVA)} = U \times I_d.$$

Compte tenu que cette intensité est absorbée sur un temps très court, nous verrons comment appliquer ce calcul pour dimensionner les générateurs.

## IV.2 Analyse de l'équation groupes électropompes/ consommation électrique

### (La puissance réactive n'a de puissance... que le nom)

En fait, la seule puissance au sens mécanique du terme (l'expression d'un travail réalisé dans un temps donné), c'est la puissance active qui la fournit.

#### IV.2.1 Point de vue du distributeur d'énergie (Sonelgaz)

La circulation des puissances active et réactive provoque des pertes actives et des chutes de tension dans les conducteurs. Les pertes actives réduisent le rendement global des réseaux et les chutes de tension sont néfastes au maintien d'une bonne tension que doit le distributeur à ses clients. Ainsi est-il donc préférable sur le plan technique de les produire le plus près possible des lieux de consommation.

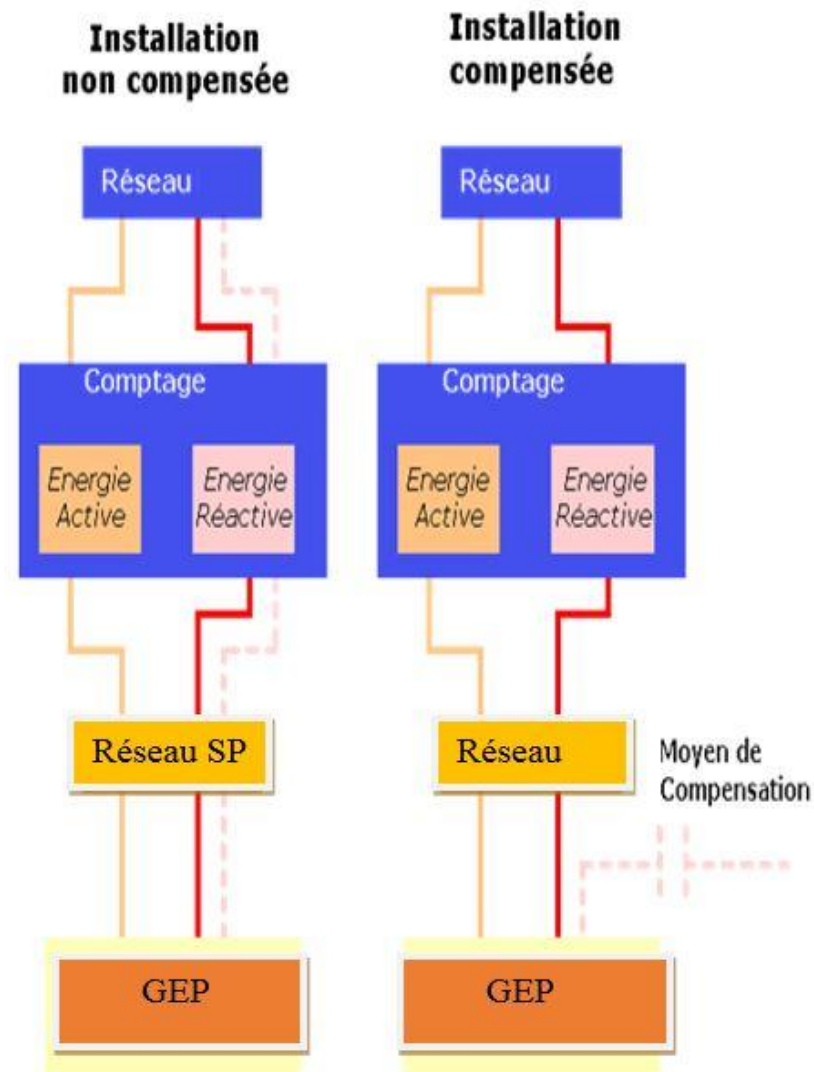
- Pour la puissance active, on montre qu'il est plus économique de la produire d'une manière centralisée et de la distribuer ensuite aux clients. Le coût du transport est bien moins élevé que le surcoût d'une production réalisée localement.

- En revanche, pour la puissance réactive, il est économiquement plus intéressant de la produire, en tout ou partie, localement par des générateurs d'énergie réactive autonomes comme les condensateurs par exemple. Cette pratique est appelée COMPENSATION.

#### **IV 2.2 Point de vue du client (Commune de Zeribet el Oued)**

Comme pour le distributeur, le transport de la puissance réactive sur le réseau intérieur du client entraîne les inconvénients suivants :

- surcharge ou surdimensionnement des installations (transfo, câbles, .....)
- pertes actives plus importantes dans ces ouvrages
- augmentation de la facture *SNG*.



**Figure IV. 1 : La compensation énergie réactive**

Tous les moteurs et les appareils fonctionnant en courant alternatif et comprenant un circuit magnétique absorbent deux formes d'énergie :

- une énergie dite active, qui se manifeste par un travail sur l'arbre d'un moteur.
- une énergie dite réactive, qui ne sert qu'à aimanter le fer du circuit magnétique.

A chacune de ces énergies correspond un courant actif ( $I_a$ ), en phase avec la tension du réseau et un courant réactif ( $I_r$ ), appelé aussi courant magnétisant. Celui-ci étant déphasé de  $90^\circ$  en arrière par rapport au courant actif. Les deux courants actif et réactif se composent vectoriellement pour former le courant apparent, déphasé d'un angle  $\Phi$  par rapport au courant actif. Ce courant dit apparent est cependant bien réel, puisque c'est celui qui parcourt

les divers conducteurs du circuit, depuis la source jusqu'au récepteur inclus, et qui provoque entre autre l'échauffement de ces conducteurs, donc les pertes d'énergie par effet joule.

### **IV.3 Le facteur de puissance est la proportion de puissance active dans la puissance apparente**

Le facteur de puissance est égal au rapport de la puissance active par la puissance apparente que :

- *le facteur de puissance est égal au  $\cos \varphi$ .*
- *le  $\cos \varphi = P/S$  ou  $I_a/I_t$*
- *$P < S$  donc  $0 < \cos \varphi < 1$ .*

*Il sera d'autant plus grand que le  $\cos \varphi$  sera petit*

#### **• INCONVENIENTS D'UN MAUVAIS $\cos \varphi$**

- Une augmentation du montant de la facture SNG. (une consommation excessive d'énergie réactive peut également entraîner une majoration sous forme de pénalité du montant de votre facture SNG : difficulté qu'a SNG à prévoir la quantité d'énergie à produire).
- Une surcharge ou un surdimensionnement de l'installation. En effet, si le  $\cos \varphi$  diminue,  $I_t$  (courant réellement transporté) augmente, or, les facteurs qui limitent la puissance maximale que peut transmettre une ligne sont, d'une part la chute de tension (fonction de  $I$ ), d'autre part la température maximale admissible par l'isolant : à peu près  $70^\circ$  pour du PVC (fonction de  $I^2$ )

#### **IV.3 Comment améliorer le $\cos \varphi$**

L'amélioration du Cosinus  $\varphi$  doit passer par l'installation d'un moyen de compensation qui constitue la solution la plus efficace : très généralement une ou plusieurs batteries de condensateurs (Véritable générateur d'énergie réactive :  $I$  en avance de  $90^\circ$  sur  $U$  réseau).

Pour cela, un appareil ou groupe d'appareils appelant une puissance active  $P$  (en kW) et une puissance réactive (en kVAR) dont on souhaite réduire la  $T_g(\varphi)$  à une valeur plus faible  $T_g(\varphi')$ .

## Puissance réactive des condensateurs à installer

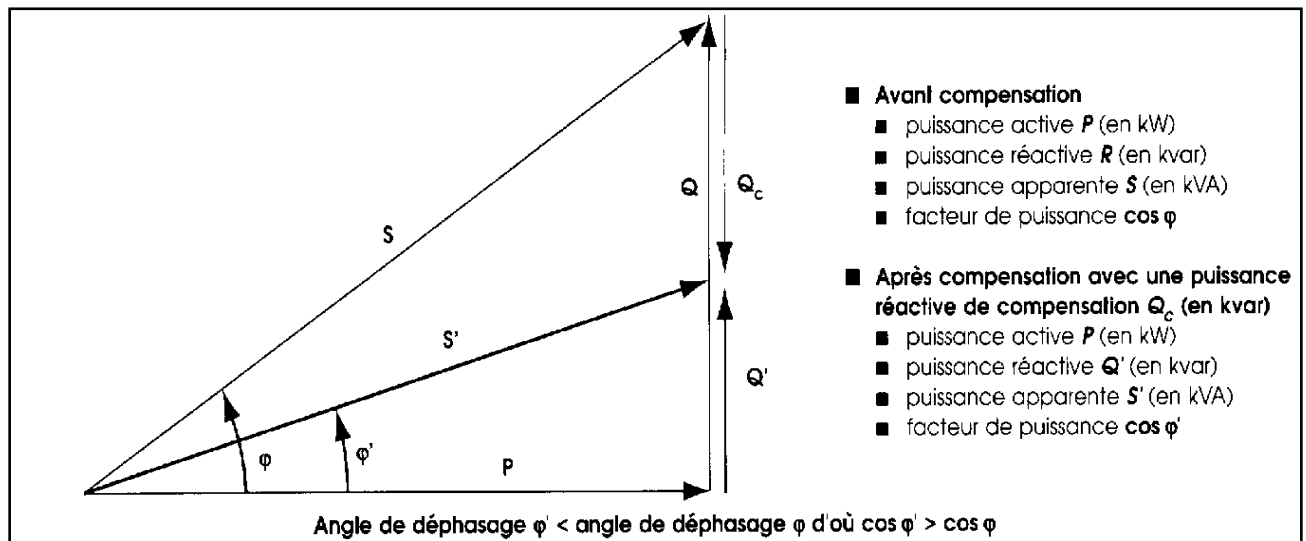


Figure IV.2 : Schéma de principe de la compensation

Puissance réactive  $Q'$ Puissance apparente  $S'$ Facteur de puissance  $\cos \varphi'$ La puissance réactive de compensation à installer à pour expression :  $Q_c = P (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')$  $Q = P \cdot \operatorname{Tg} (\varphi)$  et  $Q' = P \cdot \operatorname{Tg}(\varphi')$ 

La puissance du ou des condensateurs à installer sera égale à :

 $Q_b = P (\operatorname{Tg} (\varphi) - \operatorname{Tg}(\varphi')) = Q - Q'$ 

**Remarque** : la valeur du  $\operatorname{Cos} \varphi$  ou  $\operatorname{Tg} \varphi$  évoluant avec le temps il convient d'utiliser les valeurs moyennes de ces derniers pour l'utilisation de la formule précédente " $Q_b = P (\operatorname{Tg} (\varphi) - \operatorname{Tg}(\varphi'))$ "

Tableau IV. 2: Puissance de condensateur à installer par kW de charge, pour augmenter le facteur de puissance de l'installation

Facteur de puissance finale		Puissance condensateur en kvar à installer par kW de charge pour relever le facteur de puissance à :										
cos φ	tg φ	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
0,40	2,29	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
0,41	2,22	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,082	2,225
0,42	2,16	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,002	2,164
0,43	2,10	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
0,44	2,04	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
0,45	1,98	1,501	1,532	1,561	1,592	1,626	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
0,46	1,93	1,446	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929
0,47	1,88	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
0,48	1,83	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,467	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
0,49	1,78	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
0,50	1,73	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
0,51	1,69	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
0,52	1,64	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
0,53	1,60	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
0,54	1,56	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
0,55	1,52	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
0,56	1,48	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
0,57	1,44	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
0,58	1,40	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,073	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
0,59	1,37	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
0,60	1,33	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
0,61	1,30	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
0,62	1,27	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
0,63	1,23	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
0,64	1,20	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
0,65	1,17	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
0,66	1,14	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
0,67	1,11	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
0,68	1,08	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
0,69	1,05	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
0,70	1,02	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,796	0,811	0,878	1,020
0,71	0,99	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,72	0,96	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,721	0,754	0,821	0,963
0,73	0,94	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,74	0,91	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,75	0,88	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,76	0,86	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,77	0,83	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,78	0,80	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,79	0,78	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,80	0,75	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,81	0,72	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,82	0,70	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,83	0,67	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,84	0,65	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,646
0,85	0,62	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,86	0,59	0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,87	0,57	0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,88	0,54	0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,89	0,51	0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,90	0,48		0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484



### IV.3.1 Moyens de compensation

La compensation peut se faire en basse tension ou en haute tension en utilisant des condensateurs. En basse tension la compensation est réalisée avec deux familles de produits :

- les condensateurs de valeurs fixes ou condensateurs fixes,
- les équipements à régulation automatique ou batteries automatiques qui permettent d'ajuster en permanence la compensation aux besoins de l'installation. Lorsque La puissance à installer est supérieure à 800 avec une charge stable et continue il peut être plus économique de choisir des batteries de condensation haute tension à installer sur le réseau. (Rappel :  $Q = U^2 C$  d'où pour une même valeur de  $Q$  réduction de la capacité et coût moins élevé du condensateur).

### IV.3.2 Principe et intérêt de la compensation automatique

Installées en tête de l'ensemble de la distribution BT ou d'un secteur important, les batteries de condensateurs sont divisées en gradins. La valeur du  $\cos \varphi$  est détectée par un relais var métrique qui commande automatiquement l'enclenchement et le déclenchement des gradins en fonction de la charge et du  $\cos \varphi$  désiré. Le transformateur de courant doit être placé en amont des récepteurs et des batteries de condensateurs.

La compensation automatique permet l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge et évite, ainsi, le renvoi d'énergie réactive sur le réseau SNG et lessurtensions dangereuses pour les circuits d'éclairage lors des marches à faible charge de l'installation.

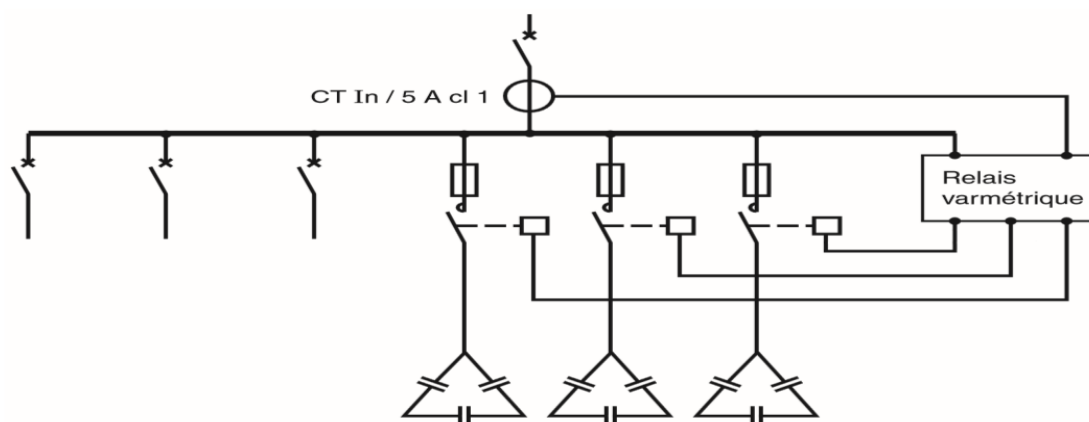
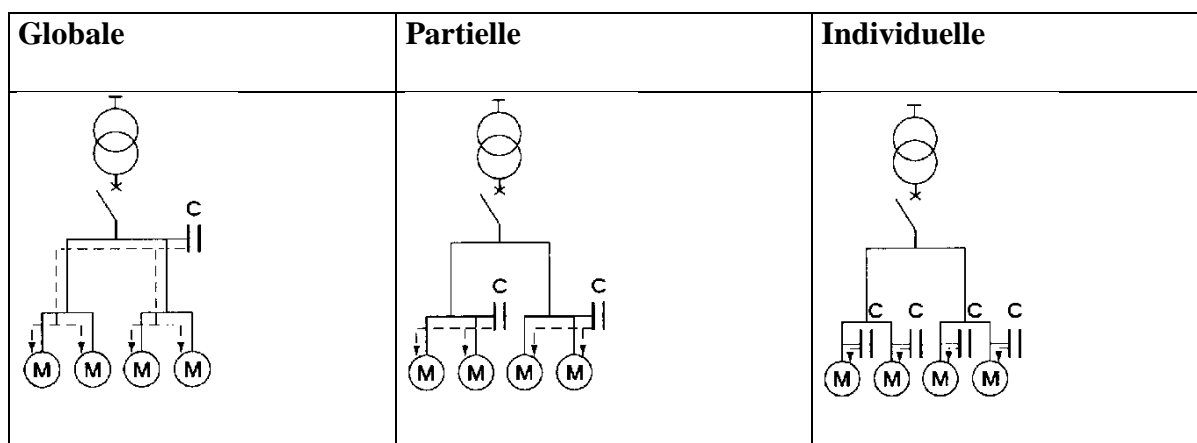


Figure IV.3: Principe de la compensation automatique d'une installation

### IV3.3 Installation d'une batterie de condensateurs

Les condensateurs peuvent être installés à différents niveaux de l'installation. A partir des schémas suivants, identifier le type de compensation :



**Tableau IV. 3:** Le type de commpeateur

- **Globale :**

La batterie de condensateurs est raccordée en tête de l'installation et reste en service de façon permanente. Ce mode de compensation convient lorsque la charge est stable et continue.

- **Partielle**

La batterie de condensateurs est raccordée au tableau de distribution et fournit l'énergie réactive par atelier ou par groupe de récepteur. Ce mode de compensation convient lorsque l'installation est étendue et comporte des ateliers dont les régimes de charge sont différents.

- **Individuelle**

La batterie de condensateurs est raccordée directement aux bornes de chaque récepteur du type inductif, notamment les moteurs. Elle convient lorsque la puissance de certains récepteurs est très importante par rapport à la puissance totale, elle offre le plus d'avantages.

**CONCLUSION**

Le distributeur d'énergie électrique, Sonelgaz, propose des tarifs de facturation différents suivant la consommation de l'abonné (voir page .....)

Un bon facteur de puissance permet une diminution des pertes en ligne à puissance active constante. Les pertes wattées (dus à la résistance des conducteurs) sont intégrées dans la consommation enregistrée par les compteurs d'énergie active (kWh) et sont proportionnelles au carré du courant transporté. L'amélioration du facteur de puissance diminue l'énergie réactive transportée et de ce fait diminue les chutes de tension en ligne et présente les avantages suivants :

- diminution de la facture d'électricité en évitant la consommation d'énergie réactive au-delà de la franchise allouée par Sonelgaz
- réduction de la puissance souscrite pour les abonnés en fonction des tarifs
- diminution de la section des câbles
- diminution des pertes en ligne
- réduction de la chute de tension

Cela nous oblige à installer des condensateurs (source d'énergie réactive). Cette opération est appelée " compensation ".

Cette compensation d'énergie réactive peut se faire :

- par condensateurs fixes (si la puissance des condensateurs est inférieure à 15% de la puissance du transformateur)
- par batteries de condensateurs à régulation automatique (si la puissance des condensateurs est supérieure à 15% de la puissance du transformateur)

Et la compensation peut être :

- globale, en tête d'installation.
- partielle, par secteur, au niveau du tableau de distribution.
- locale, aux bornes de chaque récepteur inductif

# Chapitre V

DIAGNOSTIQUE  
DES FACTURES ET  
OPTIMISATION  
DE L'UTILISATION DE  
L'ENERGIE ELECTRIQUE

**Introduction**

Sur l'ensemble du système tarifaire et compte tenu du temps de pompage des forages, nous allons faire un diagnostic détaillé des factures de la consommation électrique pour chaque forage, en vue d'une optimisation.

**V.1.Données les Forages**

<b>NOM DE FORAGE</b>	<b>DATE DE REALISATION</b>	<b>PROF (m)</b>	<b>ND (m)</b>	<b>NS (m)</b>	<b>DEBIT (L/S)</b>
<b>GHOUGHTANE 01</b>	2002	300	56	100	4
<b>GHOUGHTANE 02</b>	2005	300	55	95	7
<b>GHOUGHTANE 03</b>	2007	300	55.5	95	4
<b>GHOUGHTANE 04</b>	2007	300	55	94	2
<b>GHOUGHTANE 05</b>	2013	300	55	94	12
<b>EL HARMLIA SUD 01</b>	2002	250	70	90	5
<b>LA ZONE INDUSTRIELLE</b>	1999	204	72	90	5
<b>STATION POMPAGE 01</b>	1982	920	/	50	20
<b>STATION POMPAGE 01</b>	1991	106	69	90	5

**Tableau V.1 : les Donnée de forages (APC Zeribet Eloued)**

**V.2.Factures des Forage en (DA) : An 2017**

Forage	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
<b>GHOUCHTANE 01</b>	5373,1	5373,1	7068,18	5373,1	5373,1	5373,1
<b>GHOUCHTANE 02</b>	12291,70	5373,10	7068,18	5373,1	5373,1	5373,1
<b>GHOUCHTANE 03</b>	35660,29	34246,65	34593,74	35475,73	35808,19	25384,08
<b>GHOUCHTANE 04</b>	23660,26	17635,69	24056,10	3991,51	3991,51	3991,51
<b>GHOUCHTANE 05</b>	89934,48	71054,55	31963,66	68259,48	76262,91	63277,82
<b>HARMLIA SUD</b>	30287,34	27233,10	30634,43	18029,56	19542,56	18667,45
<b>FORAGE AEP</b>	49309,47	55702,97	56997,39	59260,96	59387,20	56249,99
<b>POMPAGE AEP</b>	186496,16	185729,05	186634,10	152842,42	165702,34	182199,53

Forage	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre
<b>GHOUCHTANE 01</b>	5373,1	5373,1	5373,1	5373,1	5373,1	5373,1
<b>GHOUCHTANE 02</b>	5373,1	5373,1	5373,1	8094,36	17253,60	30746,14
<b>GHOUCHTANE 03</b>	3991,51	11590,78	34965,38	35014,36	31823,52	34011,58
<b>GHOUCHTANE 04</b>	3991,51	9311,79	22942,32	23173,35	23180,13	22870,48
<b>GHOUCHTANE 05</b>	80176,07	80765,49	75470,54	76592,36	79802,44	85374,43
<b>HARMLIA SUD</b>	20698,16	21336,81	19775,46	21782,14	22698,69	27898,26
<b>LA ZONE INDUSTRIELLE</b>	56094,22	53554,66	49992,95	56314,75	57357,23	50934,69
<b>STATION POMOAGE</b>	178359,69	188227,38	188276,48	190399,41	194179,84	176835,90

**Tableau V.2 : Factures des Forage en (DA) : An 2017**

**Tableau V.3 : Etat actuel de la tarification des forages**

<b>FORAGE</b>	<b>TARIF</b>
<b>GHOUCHTANE 01</b>	<b>42</b>
<b>GHOUCHTANE 02</b>	<b>42</b>
<b>GHOUCHTANE 03</b>	<b>42</b>
<b>GHOUCHTANE 04</b>	<b>42</b>
<b>GHOUCHTANE 05</b>	<b>42</b>
<b>HARAMLIA SUD</b>	<b>43</b>
<b>LA ZONE INDUSTRIELLE</b>	<b>43</b>
<b>STATION POMPAGE</b>	<b>43</b>

### **V.3.FORMULE TARIFAIRE GENERALE**

L'expression générale de la structure tarifaire est un polynôme comportant trois parties soit :

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

$$\mathbf{R = a + c. Pc + d. Pa + \sum (eh. Eh + g. (W - r. E))}$$

V.3.1.CALCUL DES TARIFS POUR LES DIFFERENTS CODE

Exemple : Forage « GHOUGHTANE 01 »

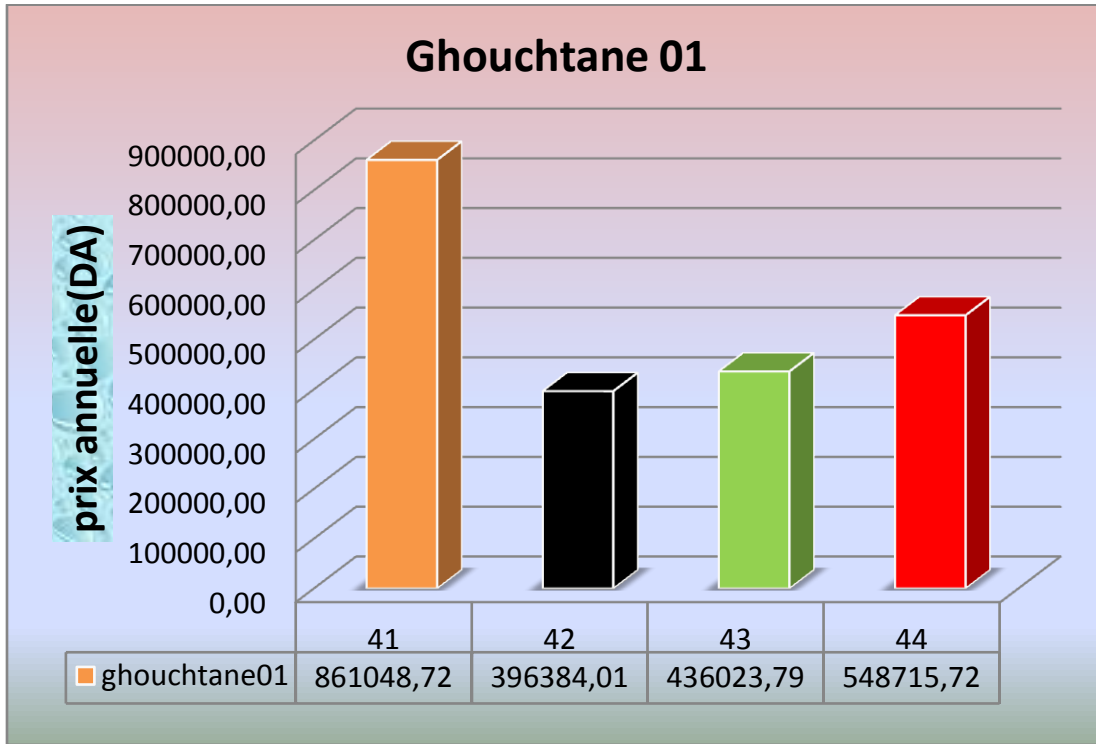


Figure V.1 : Vérification des tarifs forage «Ghouchtane 01 »

De cette Figure 1 et après calcul ils s'avèrent que le TARIF E42 est le moins couteux.



Exemple : Forage « GHOUGHTANE 02 »

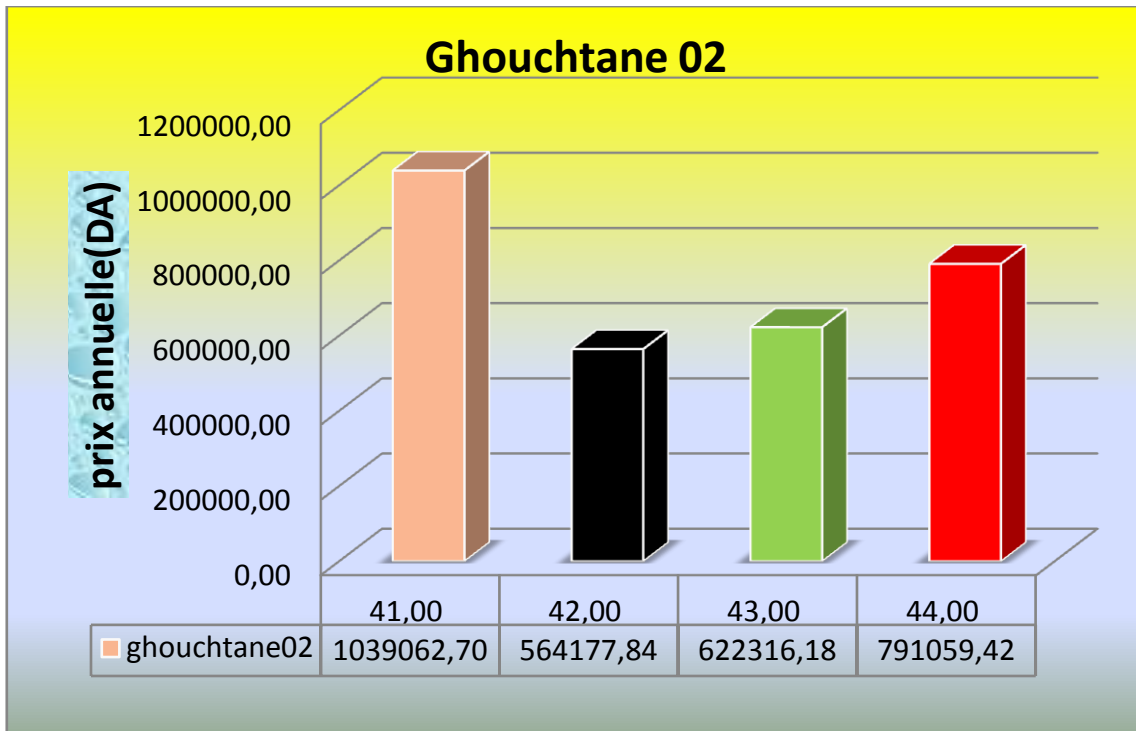


Figure V.2 : Vérification des Tarifs Forage « GHOUGHTANE 02»

Exemple : Forage « GHOUGHTANE 03 »

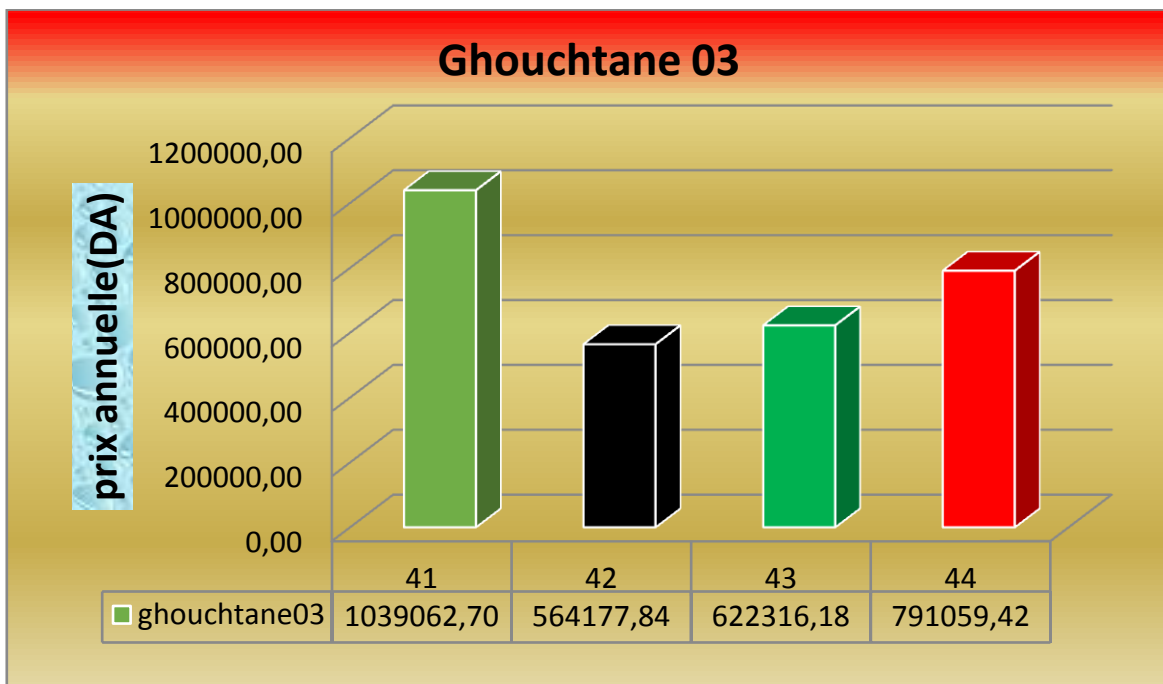


Figure V.3 : Vérification des Tarifs Forage « GHOUGHTANE 03 »

Exemple : Forage « GHOUGHTANE 04 »

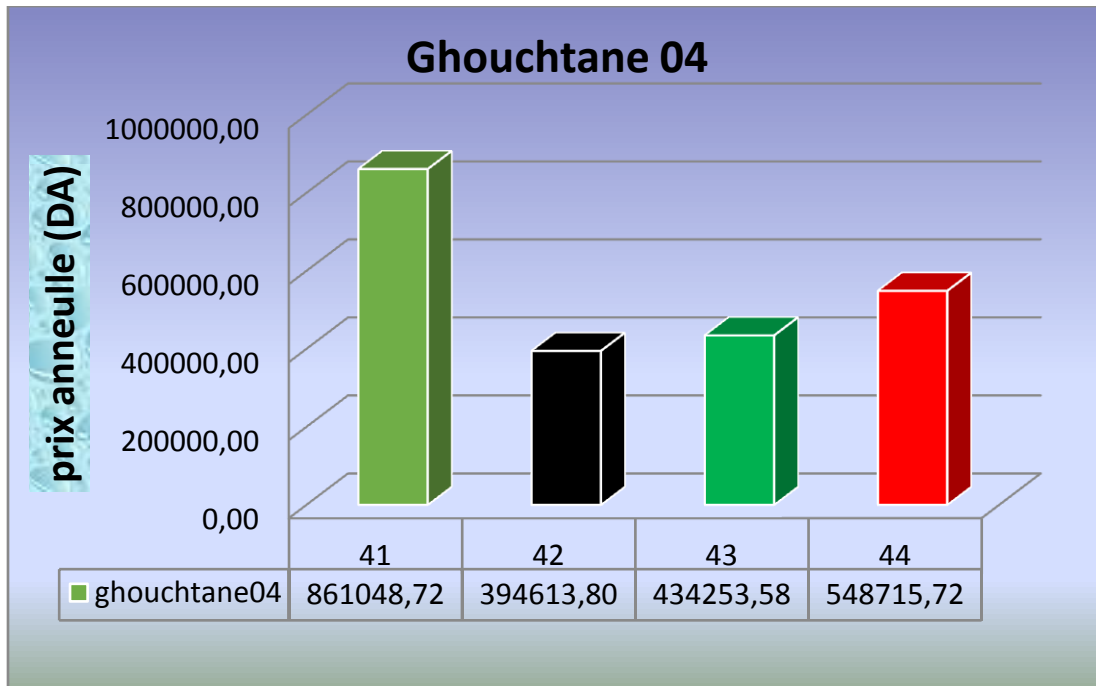


Figure V.4: Vérification des Tarifs «Forage GHOUGHTANE 04 »

Exemple : «Forage GHOUGHTANE 05 »

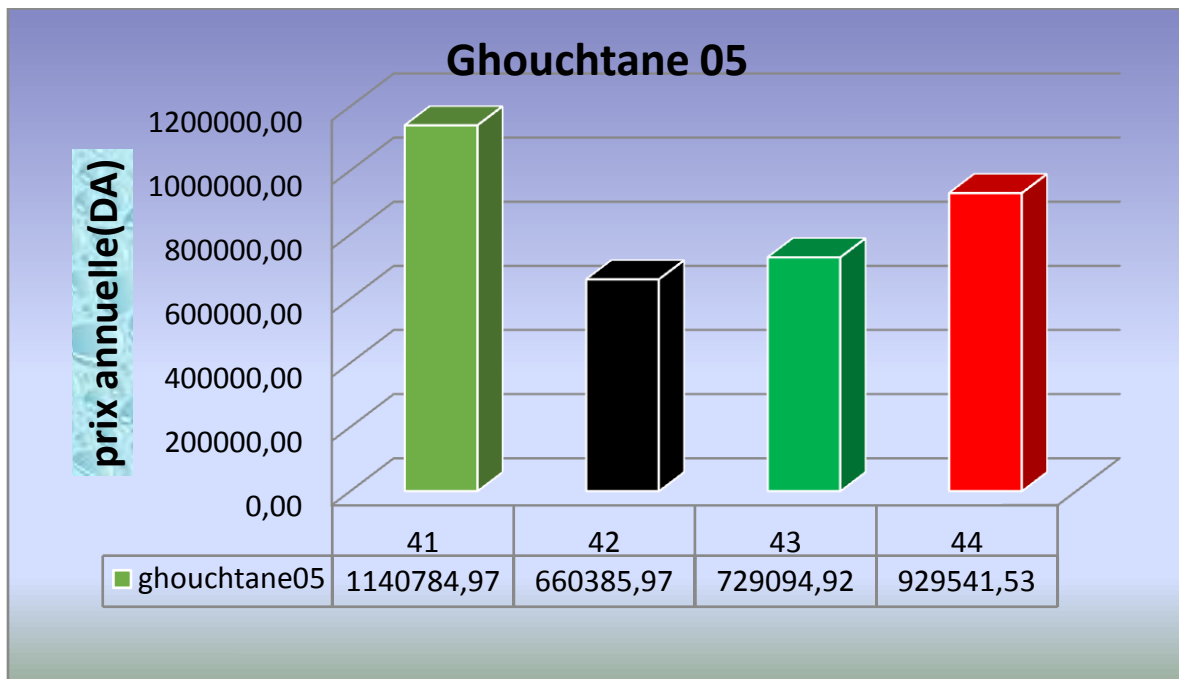


Figure V.5: Vérification des Tarifs «Forage GHOUGHTANE 05 »

Exemple : «Forage HARAMLIA SUD »

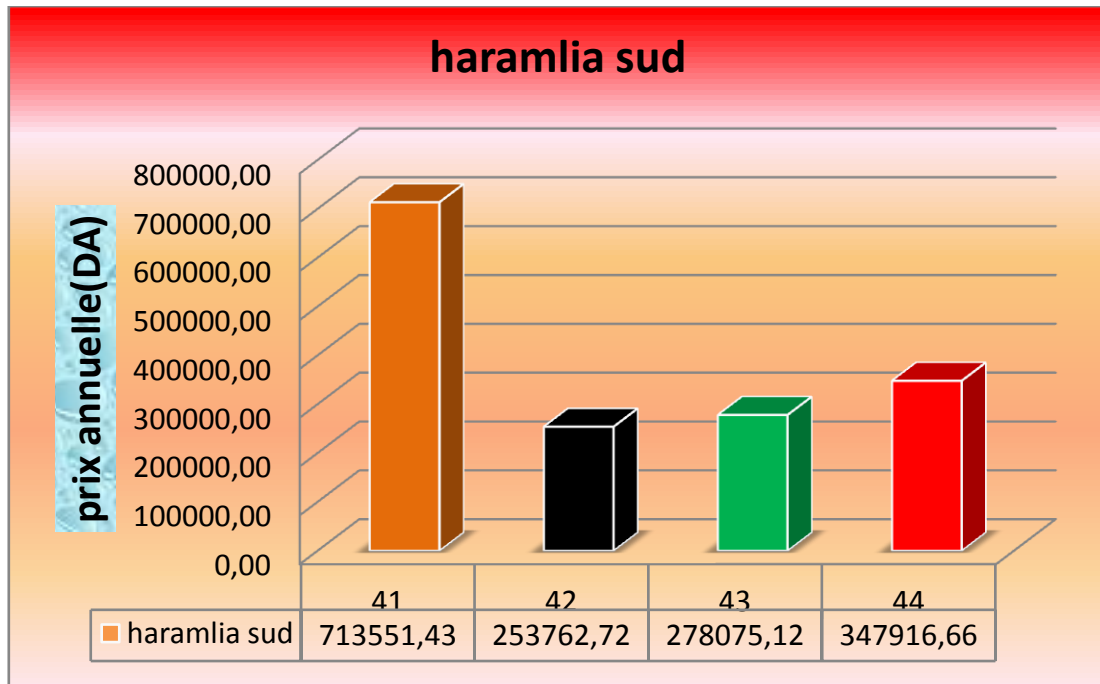


Figure V.6 : Vérification des Tarifs «Forage HARAMLIA SUD»

Exemple : «Forage LA ZONE INDUSTRIELLE »

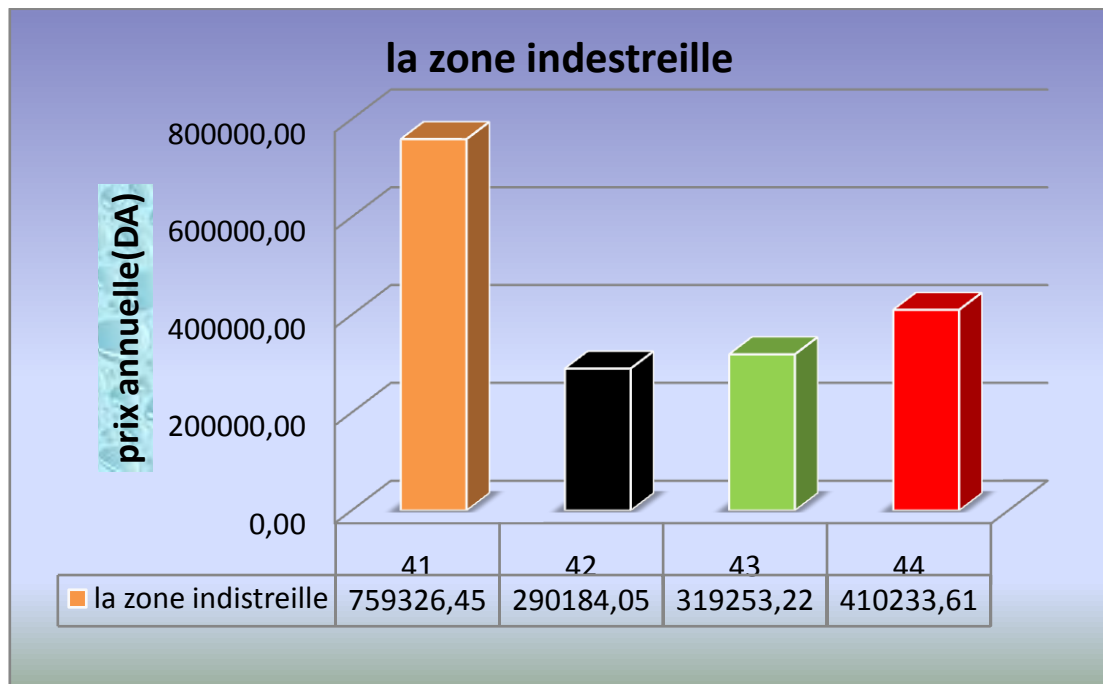


Figure V.7 : Vérification des Tarifs «Forage LA ZONE INDUTESTREILLE »

Exemple : «Forage STATION POMOAGE 01 »

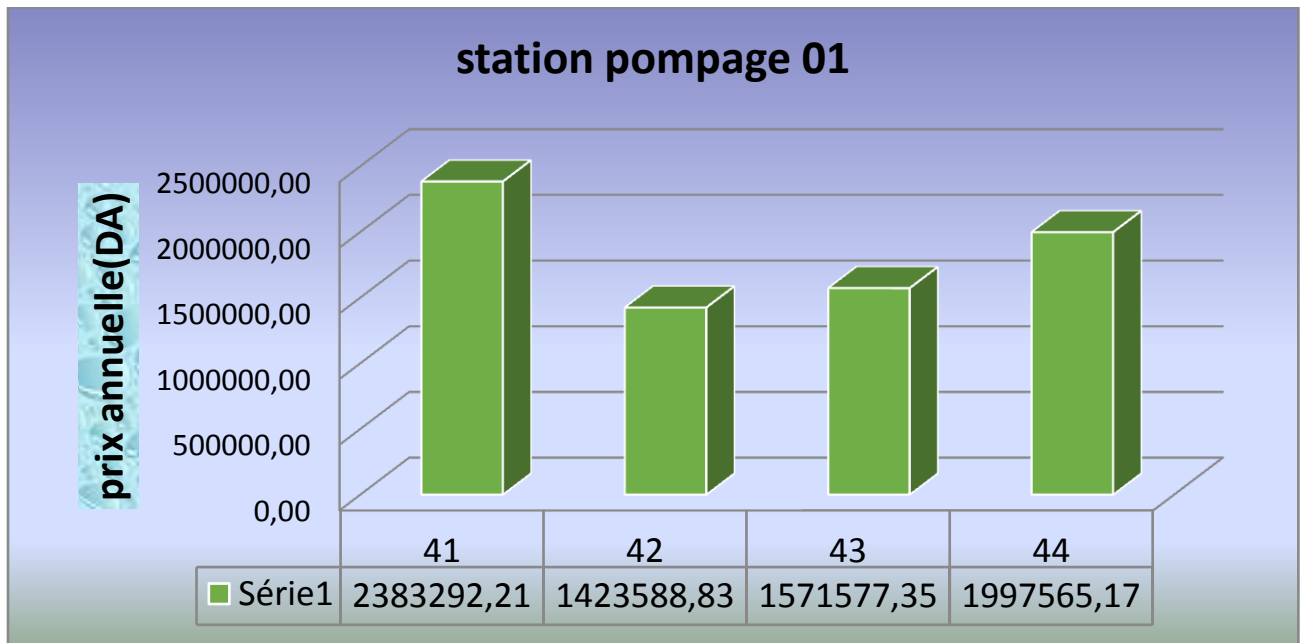


Figure V.8 : Vérification des Tarifs« Forage LA STATION POMPAGE »

Exemple : «TARIFS DES FORAGES EN FONCTION DES CODES»

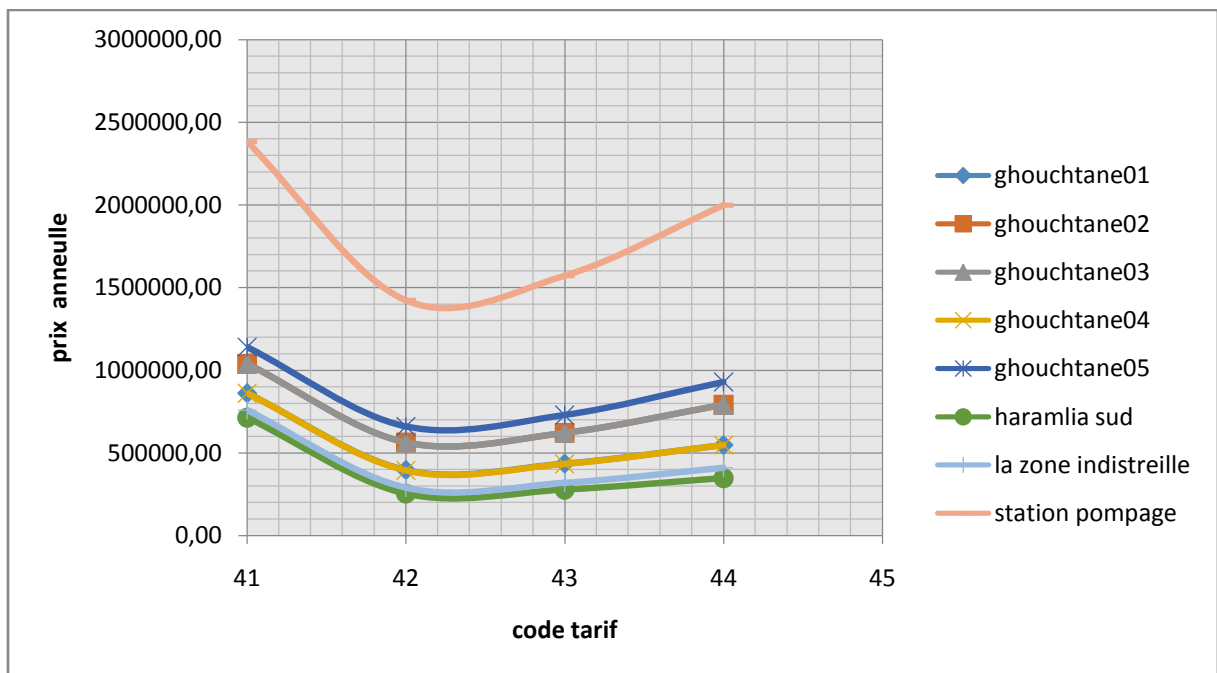


Figure V.9 : «TARIFS DES FORAGES EN FONCTION DES CODES»

### V.3.2 COMPARAISON ENTRE LES DIFFERENTS TARIFS

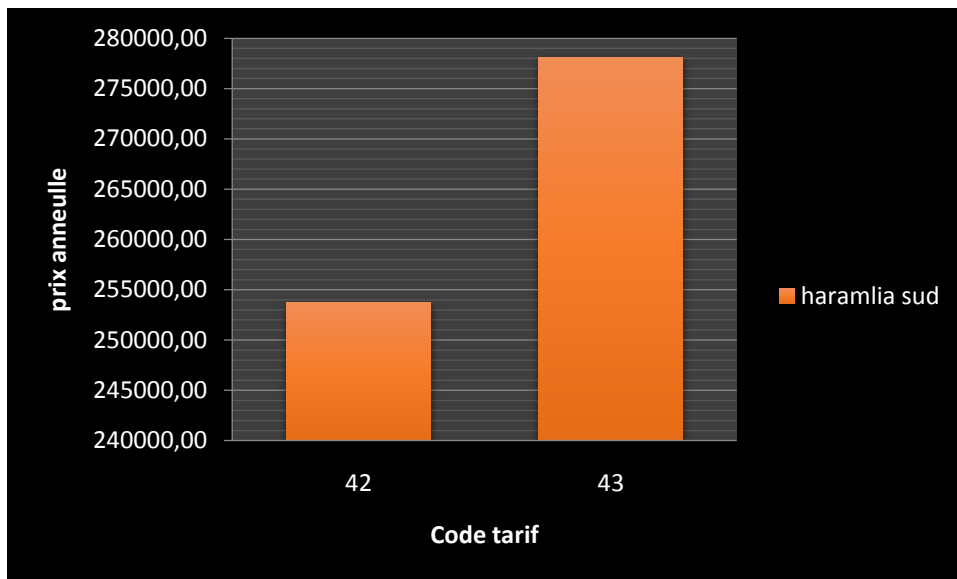


Figure V.10 : comparaison entre les différents tarifs forage haramlia sud

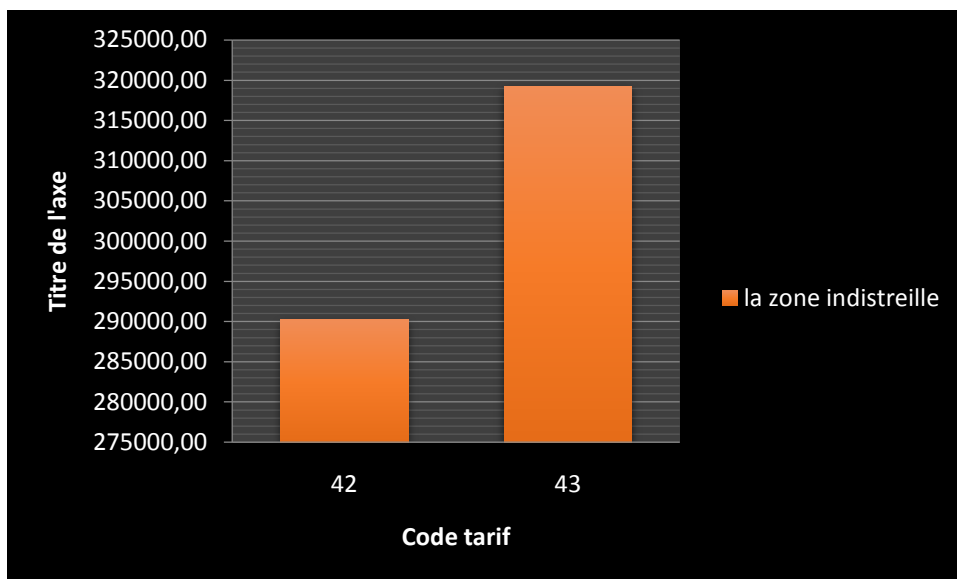


Figure V.11 : Comparaison entre les différents tarifs forage la zone industrielle

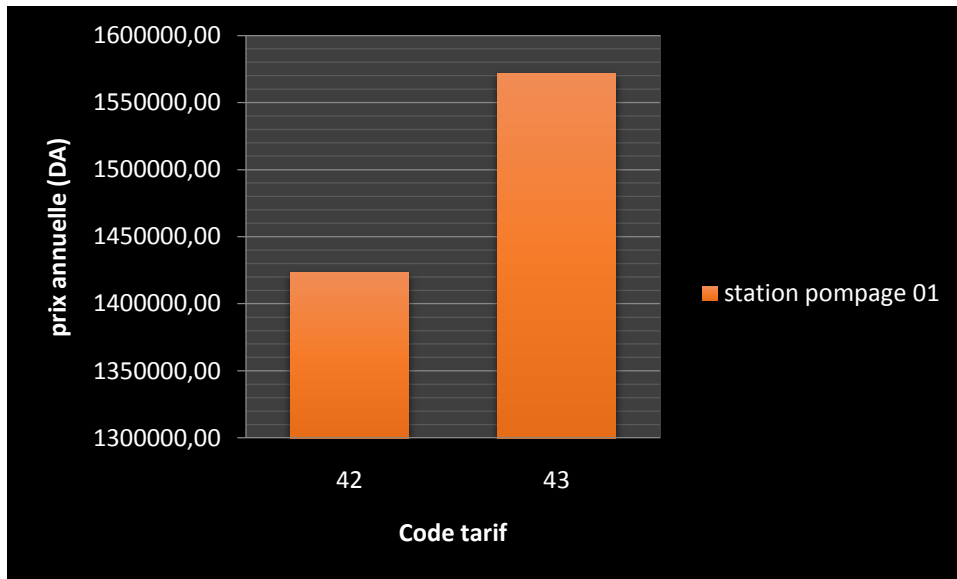


figure V.12 : Comparaison entre les différents tarifs forage station pompage

### V.3.3 COMPARAISON ENTRE LE PRIX INITIAL (APC) ET OPTIMISE

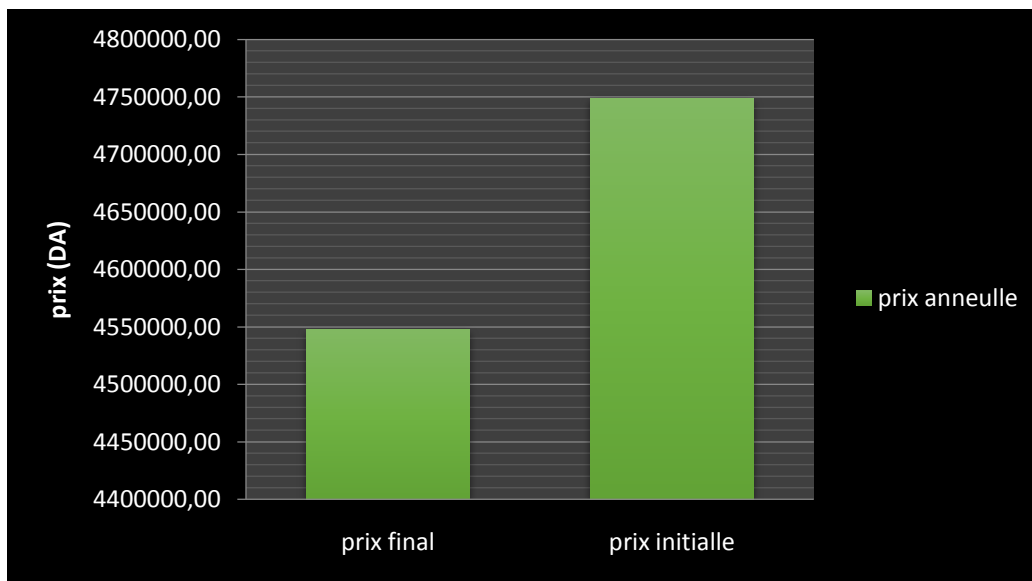


Figure V.13 : Comparaison Entre Le prix Initial (Apc) Et Optimise

**Conclusion**

Le tarif le plus avantageux pour le client correspond au coût minimal pour la collectivité. L'intérêt de la commune étant d'optimiser ses factures et gagner de l'argent.

Après une étude détaillée sur les codes de tarification, notre choix devra porter sur celui qui, à la fois avantage le mieux et minimise les coûts pour la collectivité.

Le diagnostic de tous les factures avec les différents code nous à permet de gagner l'équivalent de 2.500.000 DA dans année 2017.

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion générale

La commune zeribet el oued pour subvenir aux besoins de la population en eau exploite 9 forages d'eau tous équipés de groupe électropompes immergés.

Le choix des groupes tant sur le plan technique et économique doit obéir à des contraintes qu'il faut tenir en compte :

- Le débit est une donnée capitale dans le choix de toute pompe.
- La hauteur manométrique totale est également importante à prendre en compte.
- Choisir la pompe dont la courbe passe au-dessus ou par le point d'utilisation.

Dans notre présente étude cette opération a été annulée on s'est contenté de la partie économique faute de données exactes sur les forages et réservoirs, on a été dans l'obligation de prendre les pompes telles qu'elles sont dans les forages et on a pris les factures de l'électricité payées mensuellement par la commune.

Comme il est difficile de maintenir l'équilibre production-consommation, c'est pour cette raison que Sonelgaz propose des prix du kWh différents pendant les différentes saisons et les différents horaires de la journée afin de pouvoir réguler la consommation.

Après une étude détaillée nous arrivons aux résultats suivants :

- **Une augmentation du montant de la facture Sonelgaz sous forme de pénalité (PMA>PMD)**
- **Logiciel de la Sonelgaz défaillant quant à l'utilisation de la subvention de l'état.**
- **Un mauvais choix des postes horaires.**
- **La majorité des forages absorbent plus de puissance réactive que de puissance active**

Cela nous a obligés à diagnostiquer les factures une à une pour en arriver à des solutions économiques et à guider l'utilisateur pour les choix futurs et opter pour la meilleure prise de décision possible.



# CONCLUSION GENERALE

Pour qu'un système d'aide à la décision soit efficace, il faut qu'il s'appuie notamment sur la recherche opérationnelle. Notre objectif de recherche n'est pas de « prendre la décision » mais de clarifier une vision du contexte dans lequel la décision sera prise.

Pour trouver les meilleures solutions possibles, nous avons opéré en 4 étapes :

- Dresser la liste des actions potentielles
- Dresser la liste des critères à prendre en compte
- Établir un tableau des performances
- Agréger les performances

Nous pensons que notre étude sera le démarrage d'un axe de recherche qu'on va entreprendre au département pour équiper les forages des villes par des pompes adéquates pour une consommation moindre.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Système tarifaire a la Sonelgaz : guide Sonelgaz spa 2016
- 2) **Rabah Touileb.**(1998), Le système électrique et gazier Algérien  
Organisation, Evolution et Perspectives par directeur général de la stratégie et de la prospective.
- 3) **Legrand Belgique S.A.Kouterveldstraat.**(1831), Optimisez la qualité de l'énergie : guide technique & catalogue compensation d'énergie réactive et contrôle de la qualité des réseaux électriques, 9,Ed Diegem
- 4) **ThéodoreWildi& Gilbert Sybille .,**(2005) Electrotechnique ;; Ed Boeck
- 5) **Jean-Louis.**(1985), Cours d'électrotechnique 1 : machines tournantes a courants alternatif Dalmasso,éditions belin.
- 6) **Daniel Dixneuf .,Delphine Garcia Gilabert.**(2005),Principes d'électrotechnique - cours et exercices corrigés Max Marty , Ed Dunod.
- 7) **SchneiderElectric.**( 2010), Cahiers techniques : les techniques de coupures et d'appareillage ;
- 8) **Limoges.**(2006),Les pompes centrifuges : entretien et maintenance  
Ed. Oieau -
- 9) **Michel Rapina .**( 2005), Les stations de pompage d'eau (6° Ed.) Ed TEC-ET-DOC Lavoisier

# SYMBOLE

## SYMBOLE

## SIGNIFICATION

IEC	.....	Commission Electrotechnique Internationale
CSA	.....	Conseil Supérieur de l'Audiovisuel
P	.....	puissance
V	.....	volte
GEP	.....	groupe électro pompe
U	.....	tension
SNG	.....	Sonalgaz
Kw	.....	Kilowatt
Kvar	.....	Volt-ampere reactive
S	.....	puissance apparente
Qc	.....	La puissance réactive de compensation
PMD	.....	Puissance mise à disposition
PMA	.....	Puissance maximale absorbée