

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Master
Filière **TELECOMMUNICATIONS**
Spécialité **Réseaux et Télécommunications**
présenté par
MIROUD ABDELHAK

THEME :

**TELECOMMANDE D'UNE SOURCE
D'ELECTRICITE HAUTE TENSION VIA UN
RESEAU TELECOM MOBILE.**

Etude du cas : cabine mobile de MEFTAH.

Proposé par : Mme NACEUR DJAMILA & Mr. RAHMANI Maamar

Année Universitaire 2018-2019

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer ma profonde gratitude à ma professeur et encadreur Mme NACEUR DJAMILA pour son suivi et pour son énorme soutien, qu'elle n'a cessé de me prodiguer tout au long de la période du projet.

J'adresse aussi mes vifs remerciements à Mr RAHMANI MAAMER chef de service au niveau de SONELGAZ pour ses efforts afin de réussir ce travail.

Mes remerciements vont à mes chers parents, ma petite famille ma chère femme et mon cher ADEM ainsi que l'ensemble des enseignants et personnel de l'université de BLIDA, particulièrement ceux de la section télécommunications pour leurs aides, leurs précieux conseils et pour l'intérêt qu'ils portent à notre formation.

Enfin, mes remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce projet.

ملخص: سعيا لضمان استمرارية الخدمة فيما يخص التزود بالطاقة الكهربائية, و نظرا لطول شبكة توزيع الكهرباء التابعة لسونلغاز , يتم استغلال هذه الأخيرة عن طريق استعمال الفريق التقني لتجهيزات التحكم عن بعد وذلك لضمان المراقبة و التحكم. و لهذا الغرض يستوجب استعمال شبكة اتصال تضمن نقل المعلومات لنظام التحكم الرئيسي (Bureau de conduite).

الهدف من هذا المشروع هو دراسة فوائد استعمال شبكة الاتصال GPRS/GSM للتواصل بين محطة المحولات الكهربائية و مكتب التحكم عن بعد.و تم اجراء دراسة حالة لمنشأة التحكم عن بعد لمحطة مفتاح المتنقلة.

كلمات مفتاحية: شبكة توزيع الكهرباء ؛ سونلغاز؛ أجهزة التحكم عن بعد ؛ SCADA ؛ Bureau de conduite ؛ شبكة اتصال ؛ GSM/GPRS .

Résumé : Dans le but d'assurer la continuité de service en matière de desserte en énergie électrique, et vue l'étendue des réseaux électriques de distribution de **SONELGAZ**, les exploitants recourent à des installations télécommandées qui assurent la supervision et le contrôle à distance. Pour ce faire, l'utilisation des supports de communication devient une nécessité pour assurer la transmission des données au système de contrôle principal (Bureau de conduite).

L'objectif de ce projet est d'étudier la faisabilité d'utiliser les réseaux mobile GSM/GPRS pour la communication avec le système de contrôle 30 Kilovolt, par l'établissement d'une architecture pratique, sécurisé et réalisable. Une étude de cas a été envisagée, celle d'une réalisation de la télécommande de la Cabine mobile de MEFTAHA.

Mots clés : Réseaux électriques ; SONELGAZ ; supports de communication ; bureau de conduite ; Installations Télécommandées ; GSM ; GPRS.

Abstract : In order to ensure the continuity of service with regard to the supply of electricity, and given the extent of the distribution grids, the operators resort to remotely controlled installations which provide remote supervision and control, to achieve this. The use of

communication media becomes a necessity to ensure the transmission of data to the main control system(Bureau de conduite).

The objective of this project is to study the feasibility of using GSM / GPRS mobile networks for communication with the 30 Kilovolt control system, by establishing a practical, secure and feasible architecture. A case study was considered, that of the control of the MEFTAH mobile cabin.**Keywords :**

Electrical post ; communication media ;Bureau de conduite; Remotely controlled installations; GSM/GPRS.

TABLE DES MATIERES

Liste des Abréviations.....	7
Liste des Figures	8
Liste des tableaux	8
Introduction générale.....	9
1 CHAPITRE 1 : Généralités sur les réseaux électriques	10
1.1 Introduction	11
1.2 Présentation de l'entreprises (SONELGAZ).....	11
1.2.1 Historique.....	11
1.2.2 Activités de SONELGAZ	14
a. Activité production	14
b. Activité transport.....	15
c. Activité distribution.....	15
1.2.3 Filiales et prises de participation.....	16
a. Transformation des activités périphériques en filiales	16
b. Organisation de SONELGAZ en Groupe.....	17
1.2.4 Schéma organisationnel et fonctionnel du Groupe SONELGAZ	19
1.3 Réseau électrique :	20
1.3.1 Définition :	20
1.3.2 Différents types de réseaux électriques :	22
a. Réseaux de transport et d'interconnexion	22
b. Réseaux de répartition	23
c. Réseaux de distribution.....	23
1. Réseaux de distribution à moyenne tension	23
2. Réseaux de distribution à basse tension	24
1.3.3 Gamme des tensions utilisées par le groupe SONELGAZ :	24
1.3.4 Architectures des réseaux HTA	24
1.3.4.1 ARCHITECTURE RADIAL.....	25
A. Radial en simple antenne	25

B.	Radial en double antenne sans couplage :	26
C.	Radial en double antenne avec couplage :	27
1.3.4.2	ARCHITECTEUR En boucle :	28
A.	Boucle ouverte :	28
B.	Boucle fermée :	29
1.3.4.3	architecteur En double dérivation :	30
1.4	Postes de transformation électrique :	30
1.4.1	Définition :	30
1.4.2	Différents types de poste :	31
1.5	Conclusion :	35
2	CHAPITRE 2 : Généralités sur les systèmes SCADA.....	36
2.1	Introduction :	37
2.2	Définition SCADA/DMS:	37
2.3	Historique :	39
2.4	Domaines d'applications :	39
2.5	Différents éléments d'un système SCADA :	40
2.5.1	La partie Logiciel (soft):.....	40
2.5.2	La partie physique (hard) :	40
a.	Opérateur.....	40
b.	Interface homme-machine (IHM):.....	40
c.	Unité maître terminal (MTU):.....	40
d.	Unité terminale distante (RTU):.....	41
e.	Moyens de communication.....	41
2.6	Fonctionnement d'un système SCADA :	41
2.7	Avantages du SCADA :	42
2.8	Réseau de communication :	43
2.8.1	Introduction :	43
2.8.2	Les types de réseaux de communication :	43
1.	Le réseau informatique :	43

2.	Le réseau téléphonique commuté :	43
3.	Un réseau de téléphonie mobile	43
a.	le réseau GSM (Global System for Mobile communications) :	43
b.	Présentation du GPRS:	45
2.8.3	Les supports de transmission	47
2.8.4	Les protocoles de communication :	47
2.8.4.1	Communication selon le modèle OSI :	48
2.8.4.2	Le protocole IEC-101 :	48
2.8.4.3	Le protocole TCP (Transmission Control Protocol) :	49
2.8.4.4	Le protocole ModBus :	49
2.9	Conclusion :	50
3	CHAPITRE 3 : ETUDE ET REALISATION DE LA TELECOMMANDE DE LA CABINE MOBILE DE MEFTAH	51
3.1	Introduction :	52
3.2	Le poste 60/30 Kv de MEFTAH:	52
3.3	Historique de la cabine mobile :	53
3.4	Difficulté rencontrée :	55
3.5	Le Système CCN :	55
3.6	Réalisation:	56
3.6.1	Procédure :	56
3.6.2	ARDUINO :	60
3.6.3	Fonctionnalité :	60
3.6.4	Langage de programmation	60
3.6.5	Programmation de la carte ARDUINO et câblage de circuit :	61
3.6	Conclusion :	63
	Conclusion générale	64
	BIBLIOGRAPHIE	65

LISTE DES ABREVIATIONS

SONELGAZ : groupe des filiales assurant l'énergie électrique et gazière aux citoyens.

SDC : La Société Algérienne de Distribution de l'électricité et du gaz du Centre (filiale de groupe de SONELGAZ).

DD de blida: la direction de distribution de Blida .

SCADA : Supervisory Control And Data Acquisition.

HT : Haute Tension.

HTA : Haute Tension < 50 kV .

HTB : Haute Tension > 50kv .

THT : Très Haute Tension .

BT : Basse Tension .

KV : Kilovolt.

MVA: Méga Voltampère.

KVA : Kilovolt Ampère.

RTU : Remote Terminal Unit .

D.S.P : Digital Signal Processor.

UHF : Ultra High Frequency .

BTS : Station de Transmission de Base.

BCC : Blind Carbon Copy.

CPL : Courant Porteur sur Ligne.

CC : Centre de Conduite.

GSM : Groupe Spécial Mobile.

GPRS: General Packet Radio Service.

IHM : Interface Homme Machine.

TEC : Temps équivalent de coupure.

END : Energie non distribuée.

MCS: Monitoring Control and Surveillance .

MTU: Maximum Transmission unit .

RTC : Réseau téléphonique commuté.

SMS : Système de Message Succinct.

TCP/IP : Transmission Control Protocol/ Internet Protocol.

IEC : International Electronique Commission .

SIM800 : Module GSM/GPRS.

AC : Courant Alternative .

DC : Courant Contenu.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Direction générale de SONELGAZ	11
Figure 2 : Schéma organisationnel et fonctionnel du Groupe SONELGAZ	19
Figure 3 : Architecture globale de réseaux d'énergies électrique	20
Figure 4 Architecture générale de réseaux d'énergies électrique	22
Figure 5 : Réseau HTA radial en simple antenne	25
Figure 6 : Réseau HTA radial en double antenne sans couplage	26
Figure 7 : Réseau HTA radial en double antenne avec couplage	27
Figure 8 : Réseau HTA en boucle ouverte.....	28
Figure 9 : Réseau HTA en boucle fermée.....	29
Figure 10 : Réseau HTA en double dérivation	30
Figure 11 : schéma unifilaire de poste de transformation.....	31
Figure 12 : Poste HTB/HTA.....	32
Figure 13 : Schéma unifilaire de poste de livraison HTA/ BT	33
Figure 14 : Exemple de raccordement d'un poste sur poteau	33
Figure 15 : Schéma général d'un poste ouvert	34
Figure 16 : Schéma unifilaire d'un poste de distribution publique (DP).	34
Figure 17 : Architecture SCADA	38
Figure 18 : Architecture GSM	44
Figure 19 : Architecture reseta GPRS	46
Figure 20 : photo du poste HTB/HTA de MEFTAH	53
Figure 21 : photo de la Cabine Mobile du poste de MEFTAH	54
Figure 22 : Photo intérieur de la CM de MEFTAH.....	55
Figure 23 : schéma du Câblage de réalisation.....	57
Figure 24 : schéma synoptique du projet.....	58
Figure 25 :RTU locale et le modem du communication au niveau du CM de MEFTAH.....	58
Figure 26 : RTU déportée et le schéma unifilaire de la cabine mobile de MEFTAH	59
Figure 27 : la carte ARDOUINO UNO.....	60
Figure 28 : Interface du programme ARDOUINO de notre simulation.....	61
Figure 29 : câblage du circuit de commande.	62
Figure 30 : photo d'affichage des SMS de commande.....	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau1 :tableau de domaines de tension	24
Tableau 2 : Tableau constructeurs et leurs protocoles.....	48

Introduction Générale

Le développement important qui a caractérisé l'évolution de l'utilisation de l'énergie électrique ces dernières années, a engendré une certaine complexité dans la conception, la réalisation et l'exploitation du réseau. Pour répondre à une clientèle dont les exigences augmentent sans cesse aussi bien sur la qualité que la continuité de service, il devenait de plus en plus nécessaire d'augmenter l'investissement de l'entreprise sur le réseau électrique et de réfléchir à des solutions adéquates en termes de planifications et de modernisation de l'exploitation de ce réseau. Parmi les solutions importantes, on cite la surveillance et le contrôle du réseau de distribution ; une solution très efficace qui assure la surveillance de ce dernier par le système SCADA (supervisory control and data acquisition), le travail a été fait dans le but de montrer la faisabilité de télécommander une source électrique à travers un support de télécommunication GPRS.

Le but du projet est d'assurer la continuité et la qualité de service tel que la supervision et le contrôle de réseau, et minimiser les incidents et les coupures électriques rendant ainsi la confiance et la satisfaction des clients de SONELGAZ.

L'ensemble de ce travail est réparti comme suit :

Dans le premier chapitre de ce manuscrit, nous présentons des généralités sur les réseaux électriques et sur les différentes organisations et fonctionnalités de l'entreprise Sonelgaz.

Le second chapitre aura pour rôle la présentation des systèmes SCADA.

Et le troisième chapitre sera consacré à l'implémentation software et à l'implantation hardware à savoir l'étude et la réalisation de la télécommande de la cabine mobile de MEFTAH.

1 CHAPITRE 1 : Généralités sur les réseaux électriques



1.1 Introduction

L'énergie électrique est de nos jours, un élément incontournable dans la vie quotidienne de pratiquement tous les habitants de la planète. C'est une forme d'énergie facilement transportable, et pratique à convertir en d'autres formes : mécanique, thermique, ...etc.

Elle représente jusqu'à 45% des énergies primaires, en Algérie, comme dans la majorité des pays développés.

La consommation de l'énergie électrique est assurée par les points de production, les points de transport, et de distribution. Cette énergie est acheminée aux points de consommation quasi exclusivement par des réseaux électriques. L'importance de ces points dans nos sociétés est donc aujourd'hui tout à fait centrale, et semble ne pouvoir que prendre de l'ampleur à l'avenir.

1.2 Présentation de l'entreprises (SONELGAZ)



Figure 1 : Direction générale de SONELGAZ

1.2.1 Historique

1947 : Création de Electricité et Gaz d'Algérie (EGA) :

L'entreprise EGA créée en 1947 détenait le monopole de la production, du transport, de la distribution de l'énergie électrique à travers tout le territoire algérien.

1969 : Création de la Société Nationale de l'Electricité et du Gaz « SONELGAZ» : Par ordonnance n° 69-59 du 26 juillet 1969, portant dissolution d'« Electricité et Gaz d'Algérie » et création de la société nationale de l'électricité et du gaz, la Société Nationale de l'Electricité et du Gaz (SONELGAZ) est créée en substitution à EGA dissoute par ce même décret. Le monopole de la production, du transport, de la distribution, de l'importation de l'énergie électrique attribué à SONELGAZ a été renforcé. De même, SONELGAZ s'est vue attribuer le monopole de la commercialisation du gaz naturel à l'intérieur du pays, et ce pour tous les types de clients (industries, centrales de production de l'énergie électriques). Pour ce faire, elle réalise et gère des canalisations de transport et un réseau de distribution.

1983 : RESTRUCTURATION DE SONELGAZ :

Toutes les unités SONELGAZ de travaux et de fabrication de matériels, créées pour palier au manque de capacités nationales, ont été transformées en 1983 en entreprises autonomes. C'est ainsi que Kahrif, Khanagaz, Inerga, Etterkib, Kahrakib et AMC ont été créées et relèvent de Sociétés de Gestion de Participations de l'Etat (SGP).

1991 : NOUVEAU STATUT DE SONELGAZ :

SONELGAZ change de nature juridique par décret exécutif n° 91-475 du 14 Décembre 1991, portant transformation de la nature juridique de la société nationale d'électricité et du gaz en Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC).

1995 : SONELGAZ EPIC :

Le décret exécutif n° 95-280 du 17 Septembre 1995 portant statuts de l'établissement public à caractère industriel et commercial « SONELGAZ » confirme la nature de SONELGAZ en tant qu'Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial. SONELGAZ est placé sous tutelle du Ministre chargé de l'énergie et des mines et doté de la personnalité morale tout en jouissant de l'autonomie financière.

Juin 2002 : SONELGAZ devient SPA :

Le décret présidentiel n° 02-195 du 1er juin 2002 a transformé l'EPIC SONELGAZ en holding de sociétés par actions dénommé SONELGAZ.Spa qui exerce par le biais de ses filiales les activités de production, de transport et de distribution de l'électricité et de transport et de distribution du gaz.

La loi n° 02-01 du 5 février 2002 relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisation stipule dans son article 165 que « l'Etat est, et demeurera, l'actionnaire majoritaire de SONELGAZ Spa ».

La loi sur l'électricité et la distribution du gaz par canalisation, consacre la démonopolisation de la production de l'électricité et la distribution du gaz par canalisation, les activités de production d'électricité sont désormais ouvertes à la concurrence.

L'introduction de la concurrence dans le secteur de l'énergie n'est pas incompatible avec les impératifs du service public.

En effet, il est institué de nouveaux mécanismes permettant de prendre en considération la mission et les obligations du service public dans l'intérêt socio-économique général.

Dans ce cadre, la loi stipule que la distribution de l'électricité et du gaz est une activité de service public en précisant les objectifs, les opérateurs et les modalités de son financement. Les mesures qui sont édictées visent la sécurité, la continuité et la qualité de la fourniture, la politique tarifaire ainsi que la protection de l'environnement.

Ces activités sont clairement identifiées dans la mission de service public énoncée comme suit :

- Fournir en énergie les clients non éligibles dans les meilleures conditions d'équité, de continuité et de péréquation nationale des prix de vente.
- Assurer dans le cadre de l'égalité de traitement, le raccordement et l'accès des distributeurs, des clients éligibles et des producteurs d'électricité aux réseaux de transport d'électricité.
- Satisfaire en énergie des catégories de citoyens préalablement identifiés et des régions défavorisées afin d'assurer une meilleure cohésion sociale et contribuer à une plus grande solidarité.
- Assurer sur demande, dans la mesure des moyens, le secours en énergie aux producteurs ou aux clients éligibles raccordés aux réseaux.
- Assurer la fourniture d'énergie à tout client éligible si ce dernier ne trouve pas de fournisseur dans des conditions économiques ou techniques acceptables.

En contrepartie des sujétions de service public qui auront occasionné des surcoûts aux opérateurs, la nouvelle législation prévoit une rémunération par l'Etat, notamment quand celui-ci intervient pour imposer des conditions désavantageuses pour les opérateurs.

Cette rémunération viendra compenser à titre d'exemple :

- Les participations en faveur de clients spécifiques.
- Les surcoûts de production / distribution dans des régions particulières .
- Les contraintes identifiées et reconnues par la commission de régulation.

Plusieurs dispositions viennent donc conforter le service public en mettant les moyens nécessaires pour garantir le développement équilibré des régions et la cohésion sociale.

1.2.2 Activités de SONELGAZ

SONELGAZ est composée des trois branches d'activités suivantes :

a. Activité production

La nature non stockable de l'électricité, impose à l'Entreprise une intégration complète de toutes les phases de son activité, depuis la production jusqu'à sa mise à disposition au consommateur final.

Processus de production :

La Production : c'est l'activité consistant à transformer l'énergie calorifique ou hydraulique en énergie mécanique puis électrique. Le parc de production dont les ouvrages sont conçus et dimensionnés pour répondre à un niveau maximum de la demande, comprend quatre filières :

- Filière Turbines Vapeur : Elle est composée de 20 groupes de puissance unitaire comprise entre 50 MW et 196 MW.
- Filière Turbines à Gaz : Elle est constituée de 86 groupes dont la puissance unitaire varie de 20 MW à 210 MW.
- Filière Hydraulique : Elle est constituée de 34 groupes dont la puissance unitaire varie de 1 MW à 5 MW pour les basses chutes et de 12 MW à 50 MW pour les hautes chutes.

- Filière Diesel : Elle est composée de 183 groupes de puissance unitaire de 0.35 MW à 8 MW. Les groupes de cette filière sont installés au sud et alimentent des réseaux isolés.

L'interconnexion : elle est réalisée à partir des lignes de très haute tension (400 KV) qui permettent à la fois :

- D'apporter l'énergie électrique près des grands centres,
- D'assurer une connexion entre les centrales.

Le réseau national est interconnecté avec le Maroc et la Tunisie, ce qui permet des échanges commerciaux et des secours mutuels en cas de besoin.

b. Activité transport

Transport Electricité :

Le transport est réalisé à partir des lignes haute tension (60 KV, 220 KV et 400 KV) et permet de se rapprocher des consommateurs finaux (gros clients industriels et postes de distribution).

Transport Gaz :

Transport du gaz naturel se fait en haute pression par canalisation aux fins de mise à disposition des abonnés industriels et domestiques.

c. Activité distribution

Distribution Electricité :

La distribution se fait par lignes et câbles de moyenne et basse tensions. Elle consiste à alimenter l'ensemble des petits clients industriels et les abonnés domestiques. Dans le sud, les réseaux autonomes hétérogènes sont alimentés par des centrales implantées localement le plus souvent ce sont les turbines diesel, fonctionnant au gasoil, ce qui explique que leurs charges d'exploitation sont importantes.

La distribution assure la satisfaction en énergie électrique des trois grandes catégories de clients :

- Les clients industriels (alimentés par les réseaux haute tension).
- Les clients industriels de moyenne importance (alimentés par les réseaux moyenne tension).
- Les ménages et artisans (alimentés par les réseaux basse tension).

Distribution Gaz :

La distribution du Gaz assure la satisfaction des trois grandes catégories de clients :

- Les clients industriels sont alimentés par les réseaux haute pression.
- Les clients industriels de moyenne importance sont alimentés par les réseaux moyenne pression.
- Les ménages et artisans sont alimentés par les réseaux basse pression.

1.2.3 Filiales et prises de participation

a. Transformation des activités périphériques en filiales

En 1998, la quasi-totalité des filiales SONELGAZ ont été créées dans le cadre d'une stratégie de recentrage sur les métiers de base qui a permis l'externalisation des activités périphériques : l'objectif essentiel qui leur est assigné est de rationaliser l'utilisation des moyens qui leur sont confiés en s'ouvrant sur des marchés autres que SONELGAZ, d'assurer leur autonomie financière et de promouvoir leurs activités.

Les activités touchées par ces transformations sont les suivantes :

- Imprimerie
- Maintenance des transformateurs
- Maintenance des véhicules
- TRANSMEX (Entreprise de transport exceptionnel)
- HMP (Hôtel le Mas des Planteurs)
- SPAS (Société de Prévention et d'Action en Sécurité).

Les actions concrétisées en 2004 portent sur la filialisation des activités « médecine du travail » et « recherche et développement ».

L'exercice 2005 a connu la création de la direction des centres de formation en préparation de la filialisation de cette activité, ainsi que le lancement du projet d'organisation de la fonction informatique en perspective de sa filialisation en associant l'ensemble des informaticiens de l'entreprise. Cette entité sera chargée de la modernisation et du développement des systèmes informatiques du Groupe SONELGAZ.

L'année 2006 a été marquée par l'intégration des filiales travaux au Groupe SONELGAZ ainsi que la création de l'Opérateur Système Electrique.

En 2007, le Groupe a connu la concrétisation de la filiale « IFEG » (Institut de Formation en Electricité et Gaz), ainsi que la création de la Société mixte de Télécommunication « ST.Spa » entre SONELGAZ et SONATRACH dénommée "Algerian Energy Télécom Company".

Sonelgaz a par ailleurs souscrit au capital de plusieurs sociétés en participation telles que: SKH, SKT et SKD.

b. Organisation de SONELGAZ en Groupe

La loi n° 02-01 du 5 février 2002 relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisation consacre non seulement l'ouverture de la production de l'électricité à la concurrence mais aussi la séparation, sous forme de filiales érigées en SPA, des fonctions de production, de transports de l'électricité et du gaz ainsi que de la distribution.

Ce processus a donné lieu à partir du 1er janvier 2004 à la création de trois nouvelles filiales que sont:

- **Le GRTE** (Gestionnaire Réseau Transport Electricité) : assumant les fonctions de gestionnaire du réseau transport de l'électricité et celles de la coordination du système « production - transport »,
- **Le GRTG** (Gestionnaire Réseau Transport Gaz) : assumant les fonctions de gestionnaire du réseau transport du gaz et celles du système gazier pour le marché national du gaz,
- **La SPE** (SONELGAZ Production Electricité) : pour la production de l'électricité.

Conformément aux statuts de ces filiales, SONELGAZ est, dans une première phase, actionnaire unique. La maison mère, en cas d'ouverture du capital de ces filiales, demeurera actionnaire majoritaire. Elle détient également le pouvoir d'orientation et de contrôle de ses filiales et veille à la cohérence globale du Groupe.

L'exercice 2005, a été marqué par l'installation officielle de la Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (CREG) et du rattachement des entreprises de travaux (KAHRIF, KANAGAZ, INERGA, ETTERKIB, KAHRAKIB) au Groupe SONELGAZ sur décision des pouvoirs publics, pour une meilleure efficacité dans la réalisation des ouvrages énergétiques.

L'exercice 2006 a connu la filialisation de la distribution par la création de quatre filiales autonomes :

- SONELGAZ Distribution Alger SpA (SDA),
- SONELGAZ Distribution Centre SpA (SDC),
- SONELGAZ Distribution Est SpA (SDE) et
- SONELGAZ Distribution Ouest SpA (SDO).

Ainsi que la création de l'Opérateur Système Electrique.

1.2.4 Schéma organisationnel et fonctionnel du Groupe SONELGAZ

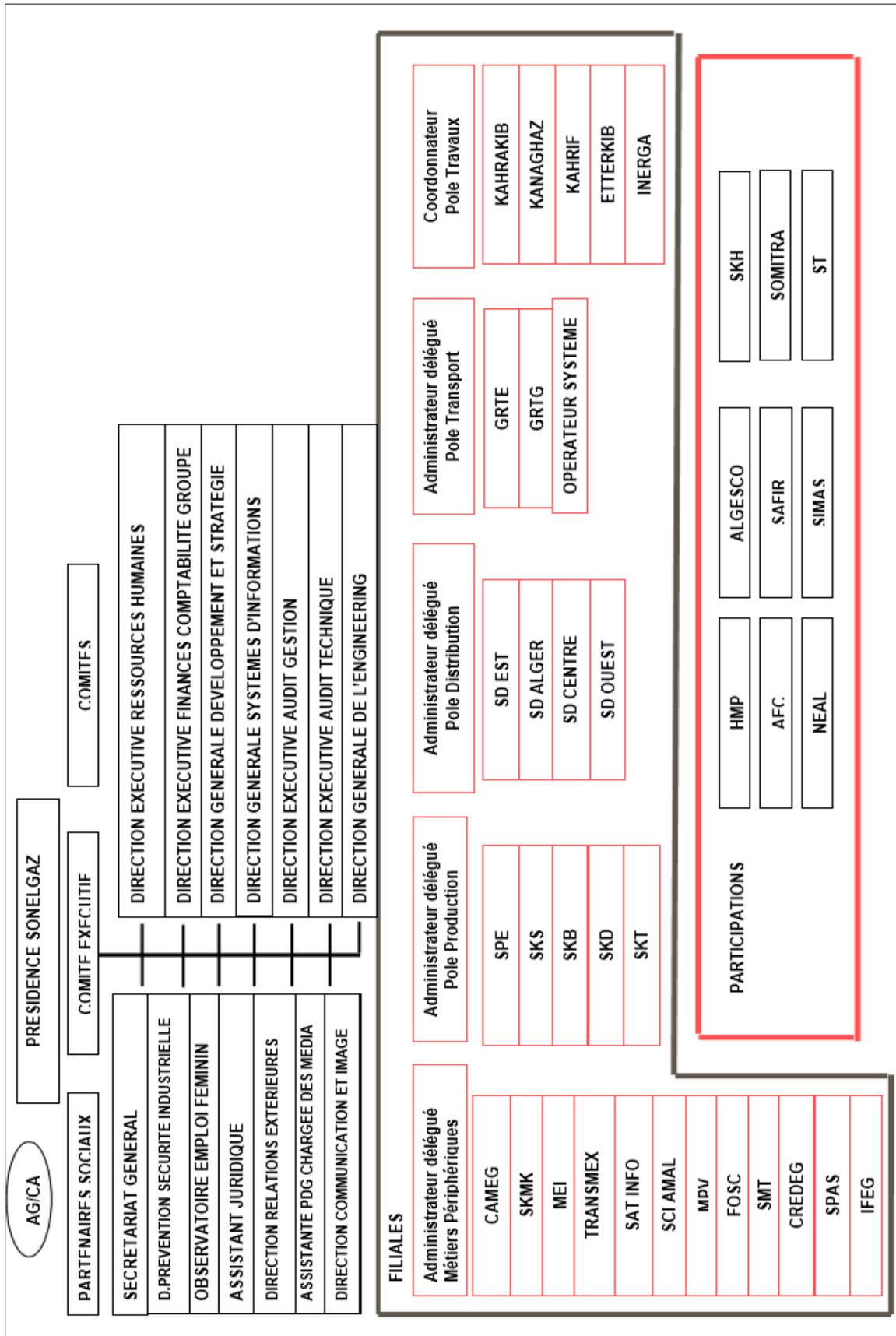


Figure 2 : Schéma organisationnel et fonctionnel du Groupe SONELGAZ

1.3 Réseau électrique :

1.3.1 Définition :

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité.

Le principe du réseau de distribution d'énergie électrique c'est d'assurer le mouvement de cette énergie (active ou réactive) en transitant par des lignes ou câbles HTA (30 et 10 kV) et entre les différents postes de livraison (postes sources HTB/HTA) et les consommateurs BT (400/230 V) .

L'architecture d'un réseau de distribution électrique moyenne tension (MT ou HTA) est plus ou moins complexe suivant le niveau de tension, la puissance demandée et la sûreté d'alimentation requise.

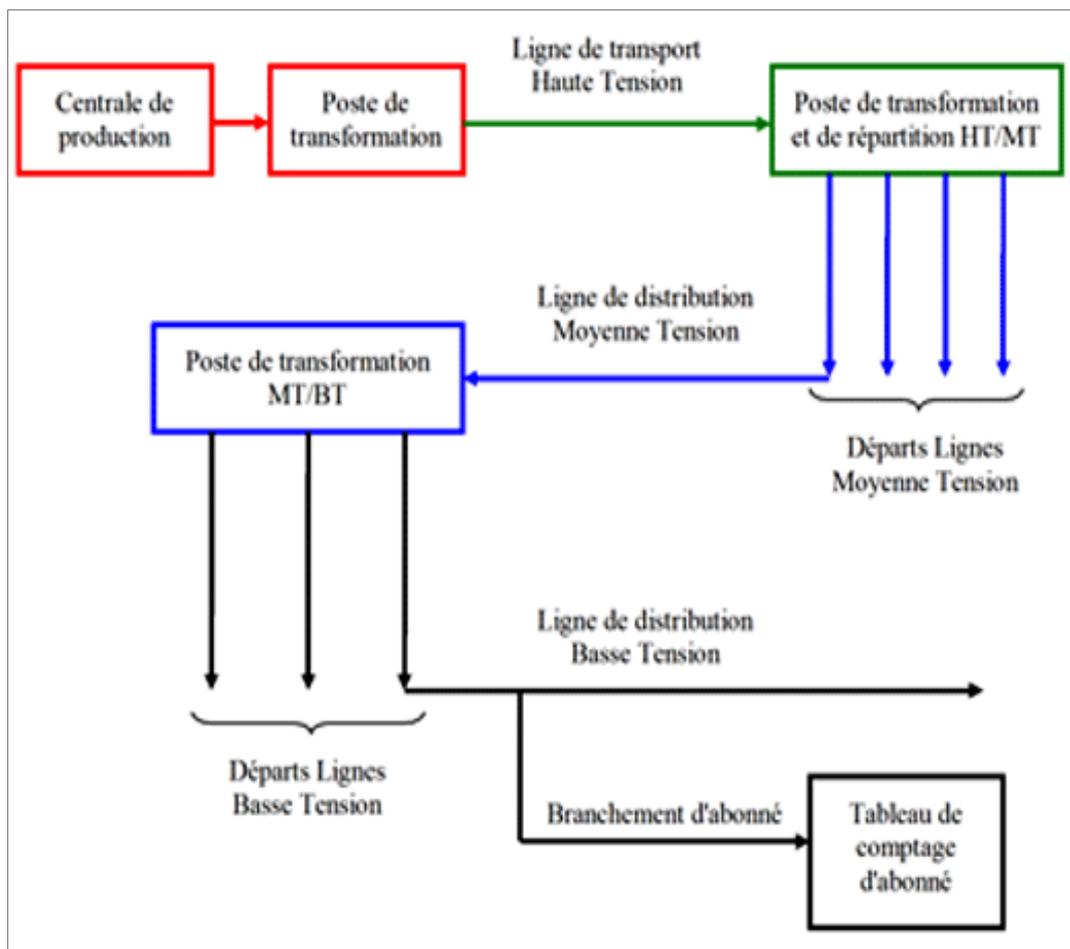


Figure 3 : Architecture globale de réseaux d'énergies électrique

Selon la définition de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), un poste électrique est la partie d'un réseau électrique, située en un même lieu, comprenant principalement les extrémités des lignes de transport ou de distribution, de l'appareillage électrique, des bâtiments, et, éventuellement, des transformateurs.

Un poste électrique est donc un élément du réseau électrique servant à la fois à la transmission et à la distribution d'électricité. Il permet d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de la redescendre en vue de sa consommation par les utilisateurs (particuliers ou industriels). Les postes électriques se trouvent donc aux extrémités des lignes de transmission ou de distribution. On parle généralement de sous-station.

Il existe plusieurs types de postes électriques :

- Postes de sortie de centrale : le but de ces postes est de raccorder une centrale de production de l'énergie au réseau.
- Postes d'interconnexion : le but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques HTB.
- Postes éleveurs : le but est de monter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur.
- Postes de distribution : le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie électrique aux clients résidentiels ou industriels.

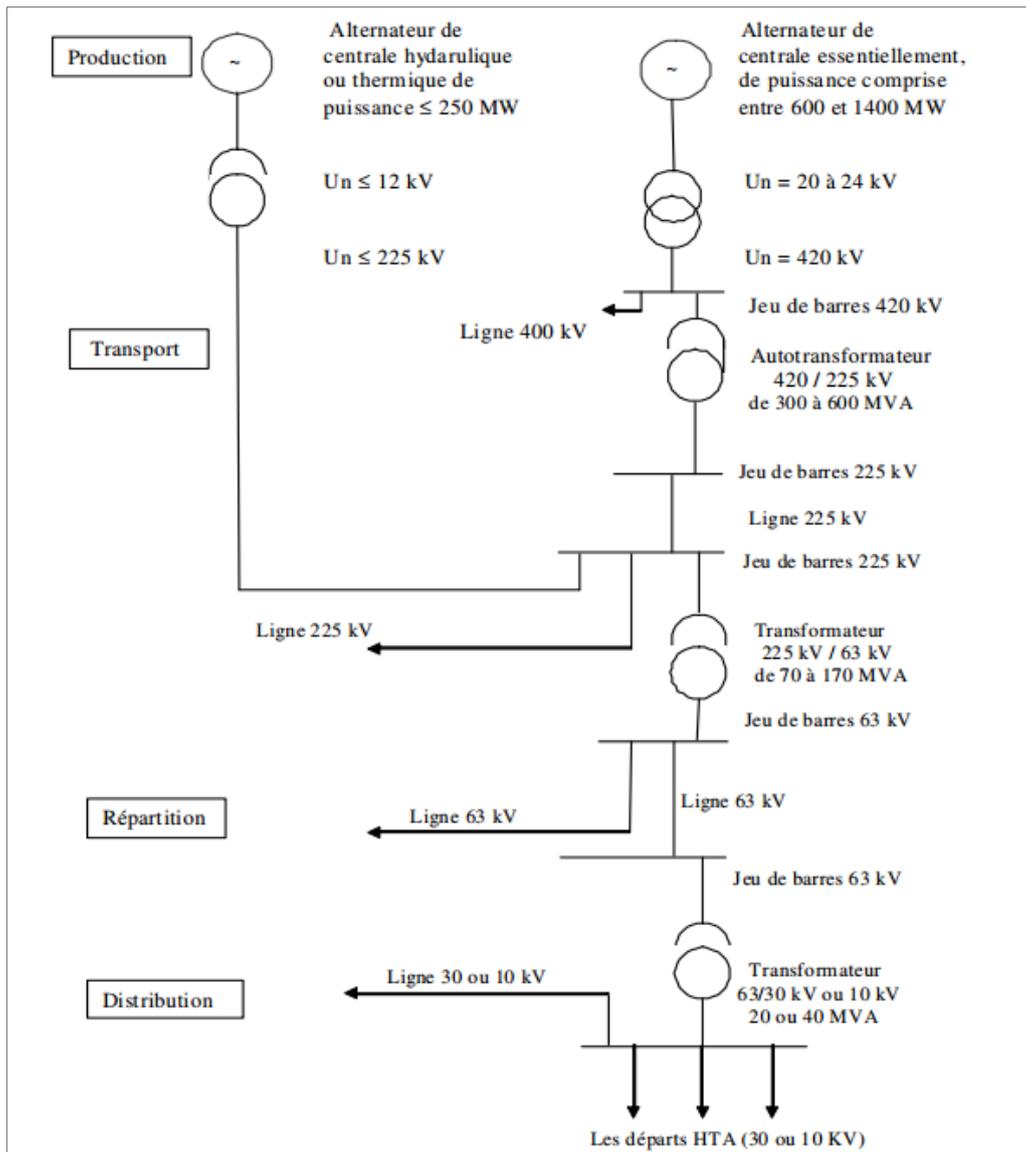


Figure 4 Architecture générale de réseaux d'énergies électrique

1.3.2 Différents types de réseaux électriques :

Les réseaux électriques sont partagés en trois types :

a. Réseaux de transport et d'interconnexion :

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission :

- De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport),
- De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation des différents aléas (fonction interconnexion),
- La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV,

- Neutre directement mis à la terre,
- Réseau maillé.

b. Réseaux de répartition :

Les réseaux de répartition ou réseaux Haute Tension ont pour rôle de répartir, au niveau régional, l'énergie issue du réseau de transport. Leur tension est supérieure à 63 kV selon les régions.

Ces réseaux sont, en grande part, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. Leur structure est, soit en boucle fermée, soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation [3].

En zone urbaine dense, ces réseaux peuvent être souterrains sur des longueurs n'excédant pas quelques kilomètres.

Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et, d'autre part, les utilisateurs industriels dont la taille (supérieure à 60 MVA) nécessite un raccordement à cette tension.

- La tension est 90 kV ou 63 kV,
- Neutre à la terre par réactance ou transformateur de point neutre,
- Limitation courant neutre à 1500 A pour le 90 kV,
- Limitation courant neutre à 1000 A pour le 63 kV,
- Réseaux en boucle ouverte ou fermée.

c. Réseaux de distribution :

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 63 kV et des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique.

1. Réseaux de distribution à moyenne tension :

- HTA (30 et 10 kV le plus répandu),
- Neutre à la terre par une résistance,
- Limitation à 300 A pour les réseaux aériens,

- Limitation à 400 A pour les réseaux souterrains,
- Réseaux souterrains en boucle ouverte.

2. Réseaux de distribution à basse tension :

- BTA (230 / 400 V),
- Neutre directement à la terre,
- Réseaux de type radial, maillés et bouclés

1.3.3 Gamme des tensions utilisées par le groupe SONELGAZ :

La nouvelle norme en vigueur en Algérie (SONELGAZ) définit les niveaux de tension alternative comme suit :

Domaines de Tension		Valeur de la tension composée nominale (U_n en Volts)	
		Tension Alternatif	Tension Continu
Très Basse Tension (TBT)		$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Basse Tension (BT)	BTB	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute Tension (HT)	HTA ou MT	$1000 < U_n \leq 50\ 000$	$1500 < U_n \leq 75\ 000$
	HTB	$U_n > 50\ 000$	$U_n > 75\ 000$

Tableau1 :tableau de domaines de tension

1.3.4 Architectures des réseaux HTA:

Nous allons identifier les principales structures de réseaux HTA permettant d'alimenter les tableaux secondaires et les transformateurs HTA/BT. La complexité de la structure diffère suivant le niveau de sûreté de fonctionnement désiré [1].

- Les schémas électriques des réseaux HTA les plus souvent rencontrés sont les suivants :

1.3.4.1 ARCHITECTURE RADIAL

A. Radial en simple antenne :

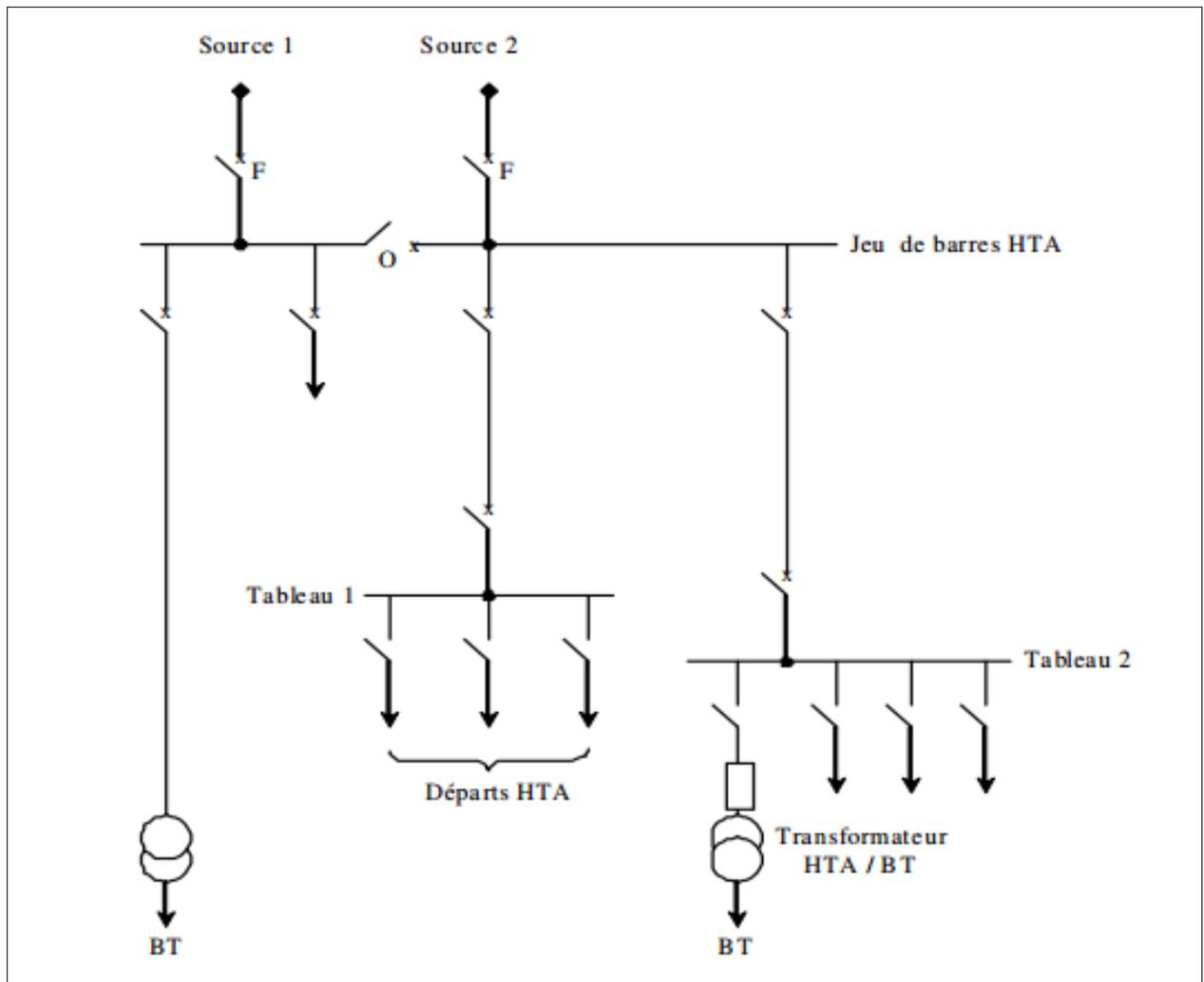


Figure 5 : Réseau HTA radial en simple antenne

Fonctionnement :

- Les tableaux 1 et 2 et les transformateurs sont alimentés par une seule source, il n'y a pas de solution de dépannage,
- Cette structure est préconisée lorsque les exigences de disponibilité sont faibles, elle est souvent retenue pour les réseaux de cimenterie.

B. Radial en double antenne sans couplage :

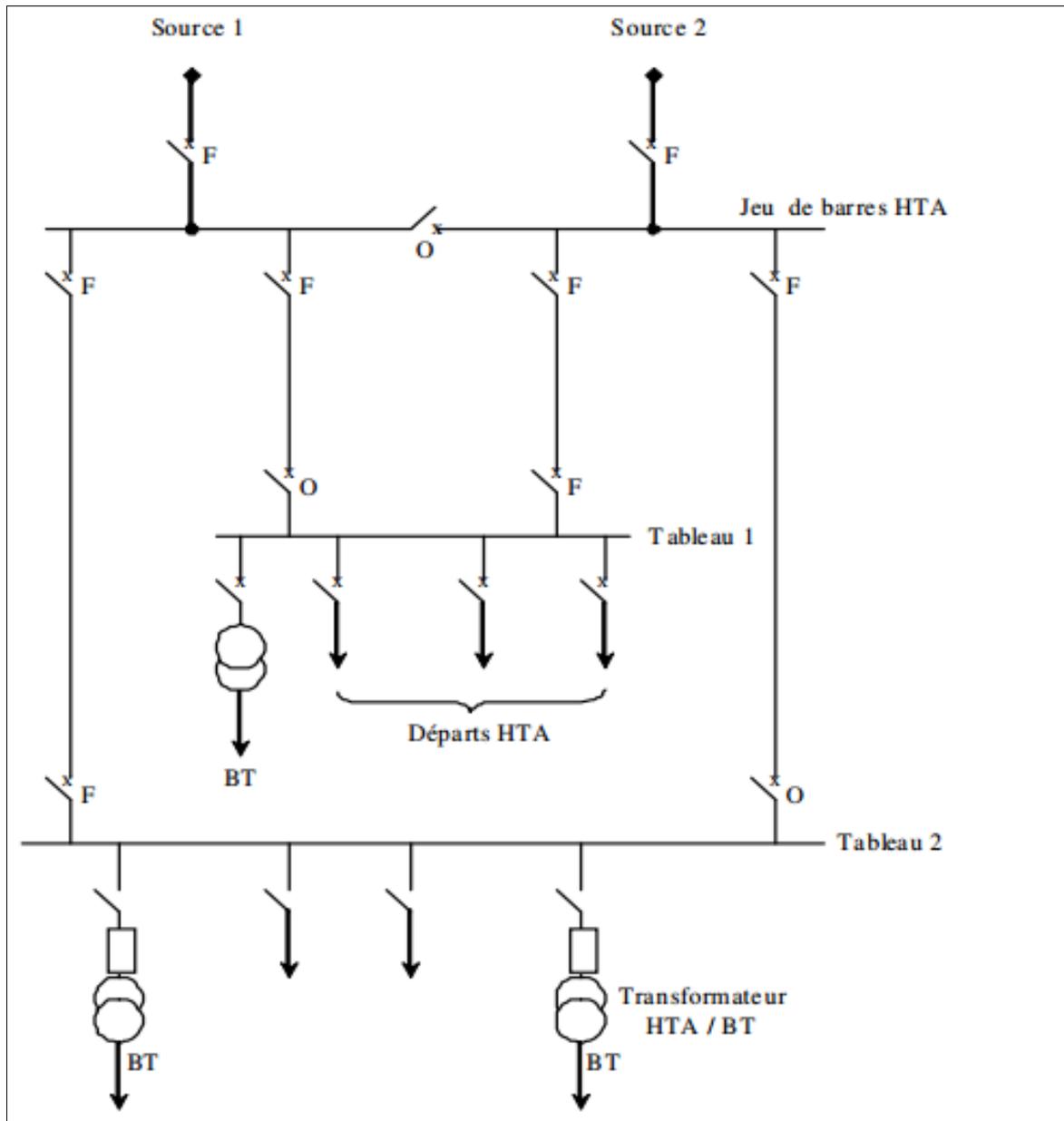


Figure 6 : Réseau HTA radial en double antenne sans couplage

Fonctionnement :

- Les tableaux 1 et 2 sont alimentés par 2 sources sans couplage, l'une en secours de l'autre.
- La disponibilité est bonne.
- L'absence de couplage des sources pour les tableaux 1 et 2 entraîne une exploitation moins souple.

C. Radial en double antenne avec couplage :

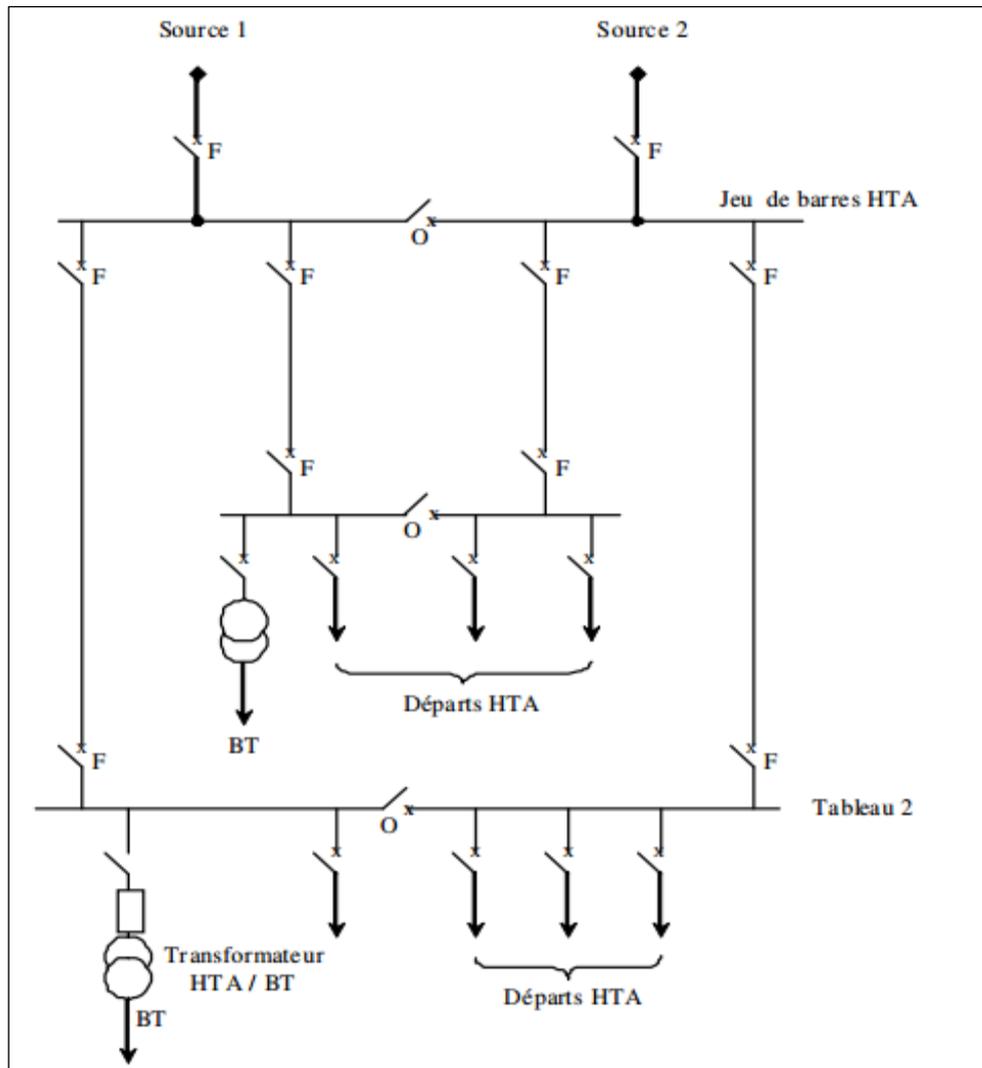


Figure 7 : Réseau HTA radial en double antenne avec couplage

Fonctionnement :

- les disjoncteurs de couplage sont ouverts,
- Chaque demi-jeu de barres peut être dépanné et être alimenté par l'une ou l'autre des sources,
- Cette structure est préconisée lorsqu'une bonne disponibilité est demandée, elle est souvent retenue dans les domaines de la sidérurgie et de la pétrochimie.

1.3.4.2 ARCHITECTEUR En boucle :

Cette solution est bien adaptée aux réseaux étendus avec des extensions futures importantes, Il existe deux possibilités suivant que la boucle est ouverte ou fermée en fonctionnement normal.

A. Boucle ouverte :

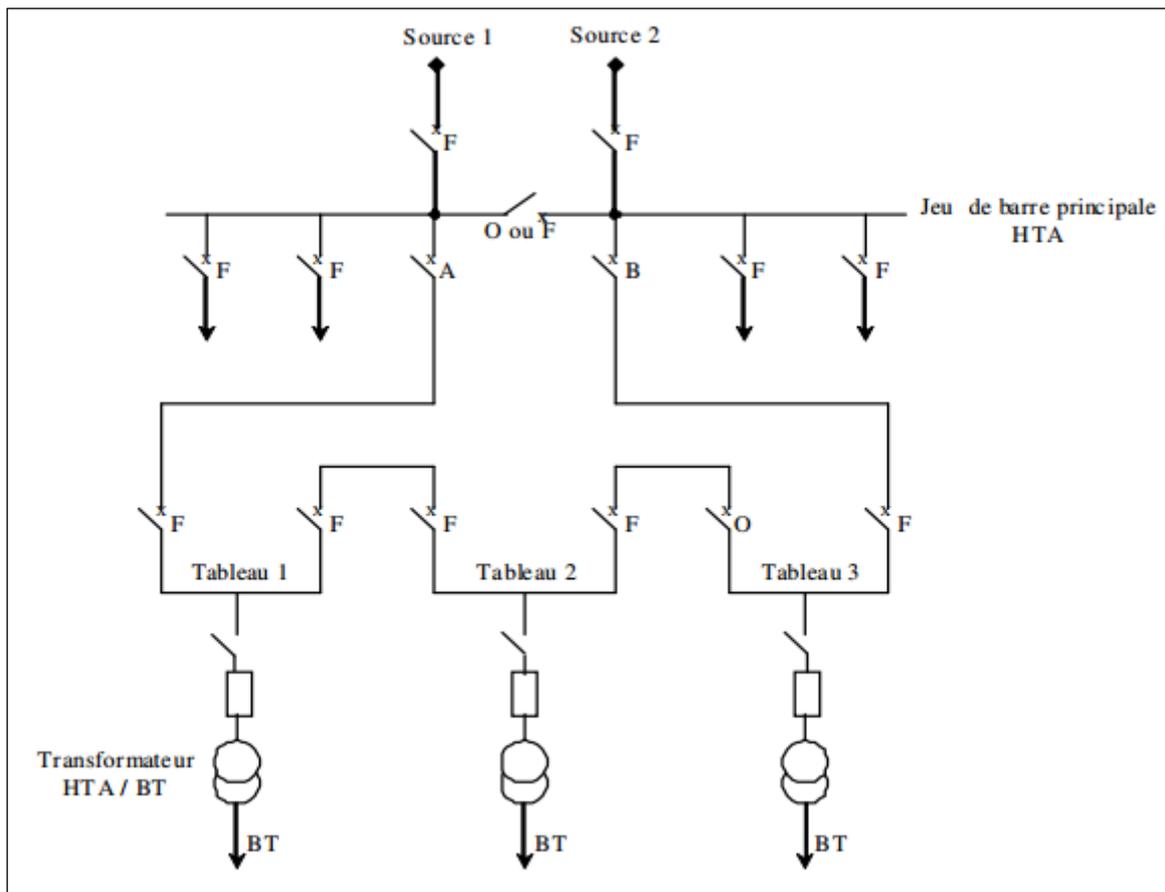


Figure 8 : Réseau HTA en boucle ouverte

Fonctionnement :

- Les têtes de boucle en A et B sont équipées de disjoncteurs.
- Les appareils de coupure des tableaux 1, 2 et 3 sont des interrupteurs.
- En fonctionnement normal, la boucle est ouverte (elle est ouverte au niveau du tableau 2).
- Les tableaux peuvent être alimentés par l'une ou l'autre des sources.
- Un défaut sur un câble ou la perte d'une source est palier par une reconfiguration de la boucle.

Cette reconfiguration engendre une coupure d'alimentation de quelques secondes si un automatisme de reconfiguration de boucle est installé. La coupure est d'au moins plusieurs minutes ou dizaines de minutes si la reconfiguration de boucle est effectuée manuellement par le personnel d'exploitation.

B. Boucle fermée :

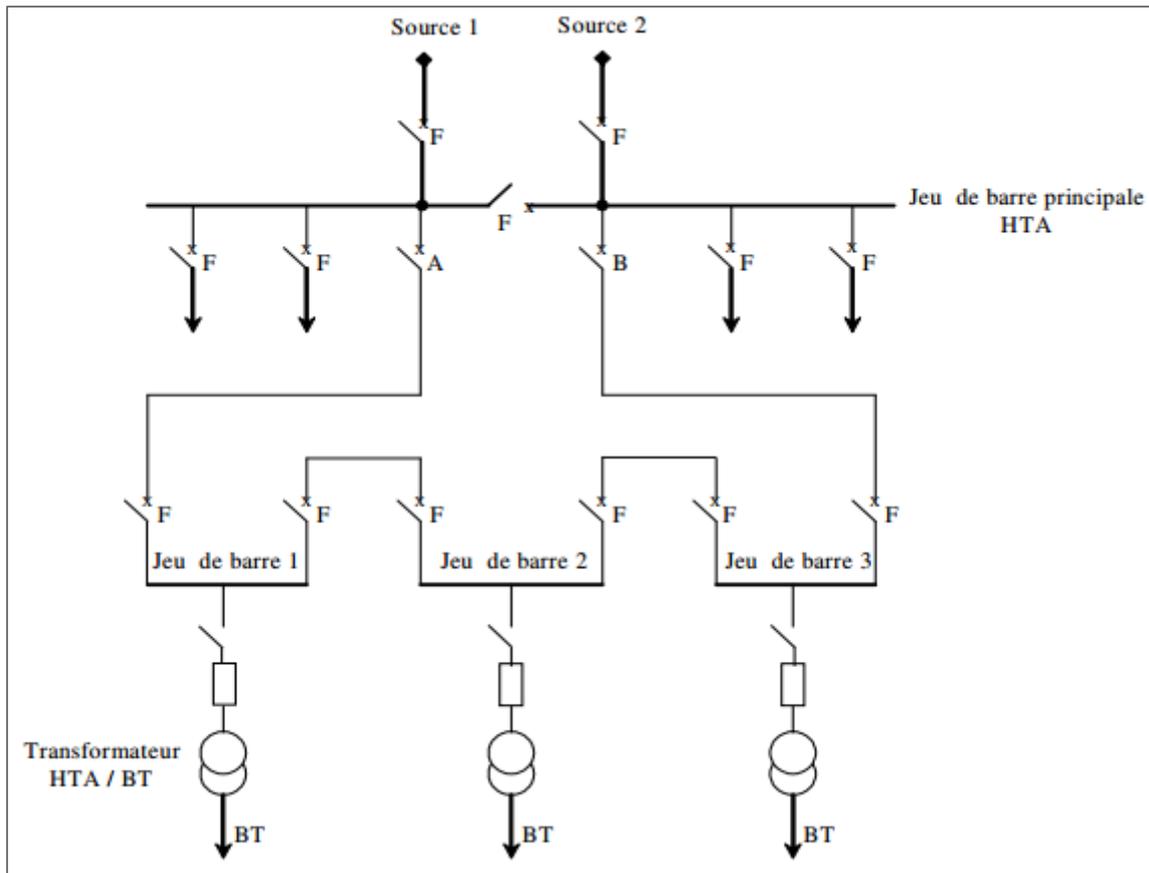


Figure 9 : Réseau HTA en boucle fermée

Fonctionnement :

- Tous les appareils de coupure de la boucle sont des disjoncteurs.
- En fonctionnement normal, la boucle est fermée.
- Le système de protection permet d'éviter les coupures d'alimentation lors d'un défaut.
- Cette solution est plus performante que le cas de la boucle ouverte car elle évite les coupures d'alimentation.
- Par contre, elle est plus onéreuse car elle nécessite des disjoncteurs dans chaque tableau et un système de protection plus élaboré.

1.3.4.3 architecteur En double dérivation :

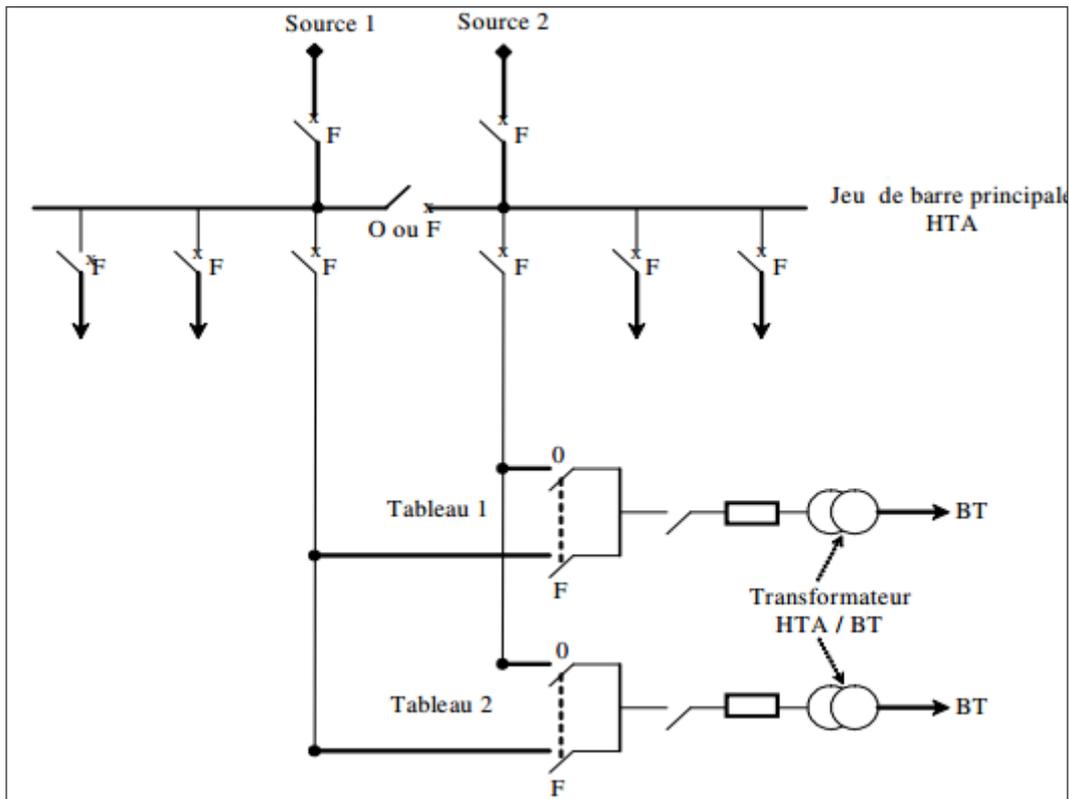


Figure 10 : Réseau HTA en double dérivation

Fonctionnement :

- Les tableaux 1, 2 et 3 peuvent être dépannés et être alimentés par l'une ou l'autre des sources indépendamment.
- Cette structure est bien adaptée aux réseaux étendus avec des extensions futures limitées et nécessitant une très bonne disponibilité.

1.4 Postes de transformation électrique :

1.4.1 Définition :

Un poste de transformation est un élément du réseau Électrique qui reçoit de l'électricité à un certain niveau de tension depuis une source de production pour l'élever ou l'abaisser à un autre niveau de tension.

1.4.2 Différents types de poste :

À la sortie des centrales génératrices, des postes de transformation élèvent la moyenne tension (12KV, 24 KV) utilisée pour la génération à la haute tension nécessaire pour assurer un transport économique de l'énergie.

La tension élevée utilisée pour le transport doit être de nouveau abaissée dans d'autres postes de transformation situés près des grands centres de consommation.

On distingue, suivant les fonctions qu'ils assurent, plusieurs types de postes :

- Les postes à fonction d'interconnexion, qui comprennent à cet effet un ou plusieurs points communs triphasés appelés jeu de barres, sur lesquels différents départs (lignes, transformateurs, etc.) de même tension peuvent être aiguillés.
- Les postes de transformation, dans lesquels il existe au moins deux jeux de barres à des tensions différentes liés par un ou plusieurs transformateurs.
- Les postes mixtes, les plus fréquents, qui assurent une fonction dans le réseau d'interconnexion et qui comportent en outre un ou plusieurs étages de transformation

Les actions élémentaires inhérentes aux fonctions à remplir sont réalisées par l'appareillage installé dans le poste et qui permet :

- D'établir ou d'interrompre le passage du courant, grâce aux disjoncteurs .
- D'assurer la continuité ou l'isolement d'un circuit grâce aux sectionneurs .
- De modifier la tension de l'énergie électrique, grâce aux transformateurs de puissance.

La figure donne un schéma unifilaire de poste de transformation.

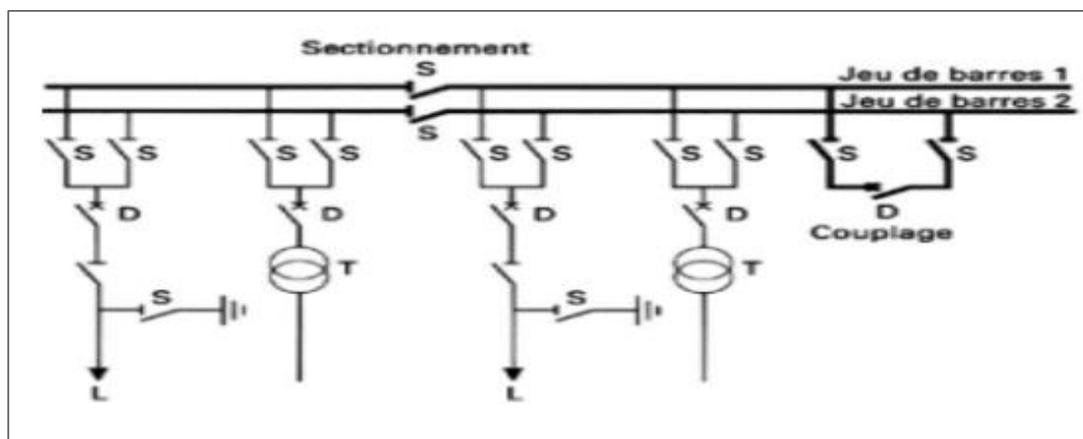


Figure 11 : schéma unifilaire de poste de transformation

Les postes de transformation au niveau de la distribution MT:

a. Le poste HT/HTA:

Ces postes de transformations comprennent les parties suivantes :

- Etage HT: se trouvant à l'extérieur il comprend des arrivées HT ; Jeux de barres ;

Transformateurs et Protections (parafoudre, sectionneurs.....).

- Etage HTA: Cellules arrivées : elles assurent la liaison entre le transformateur de puissance HT/HTA qui se trouve à l'extérieur et le jeu de barres HTA 30 qui se trouve à l'intérieur du bâtiment « moyenne tension », la liaison se fait en souterrain. Cellules départs : elles assurent la liaison entre le jeu de barres HTA et le réseau de distribution aérien ou souterrain.

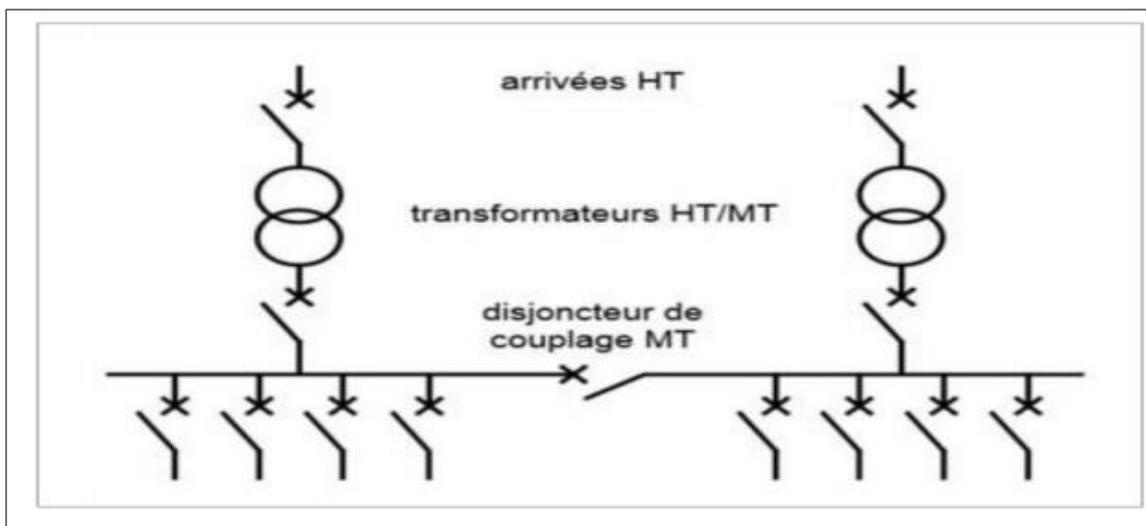


Figure 12 : Poste HTB/HTA

b. Les postes de livraison HTA/ BT:

Le poste HTA/BT en distribution publique est localisé entre le réseau de distribution HTA et le réseau de distribution BT, cet ouvrage est pour:

Assurer le passage de la HTA à la BT. Le schéma type de ce poste est évidemment beaucoup plus simple.

Comparativement au poste HTB/HTA, en particulier, l'appareil de base HTA utilisé est l'interrupteur et non plus le disjoncteur. Ces postes sont constitués de quatre parties :

- L'équipement HTA pour le raccordement au réseau amont .
- Le transformateur de distribution HTA/BT.
- Le tableau des départs BT comme points de raccordement du réseau aval de distribution (en BT)
- Et de plus en plus souvent une enveloppe extérieure préfabriquée (métallique ou de plus en plus souvent en béton) qui contient les éléments précédents.

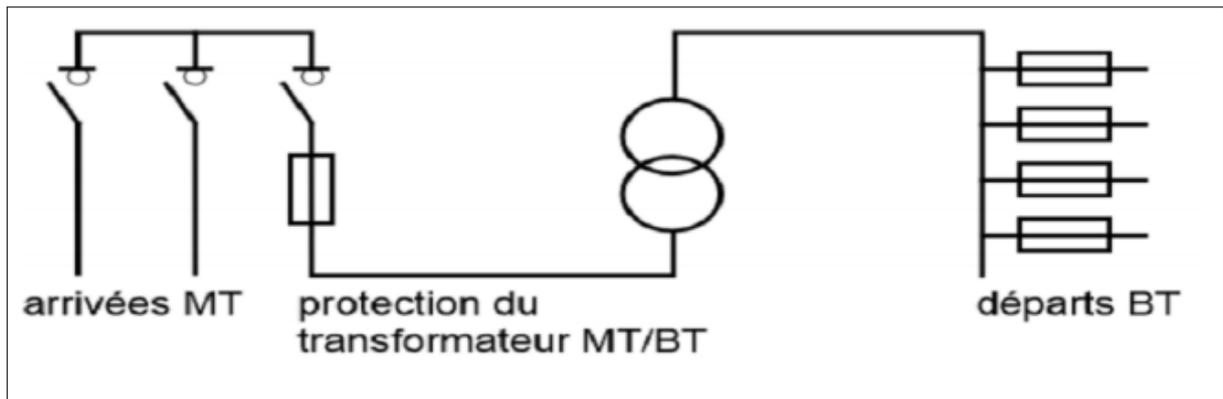


Figure 13 : Schéma unifilaire de poste de livraison HTA/ BT

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

1. Les postes d'extérieur :

Poste sur poteau :

Puissances 25 – 50 – 100 kVA. Poste économiques, de faible puissance ($\leq 160\text{kVA}$), Comprend un transformateur, un disjoncteur, éclateurs ou parafoudre, sectionneur. Ils sont raccordés en groupe et en aval. Ces postes peuvent être de type distribution publique, de livraison mais rarement mixte .

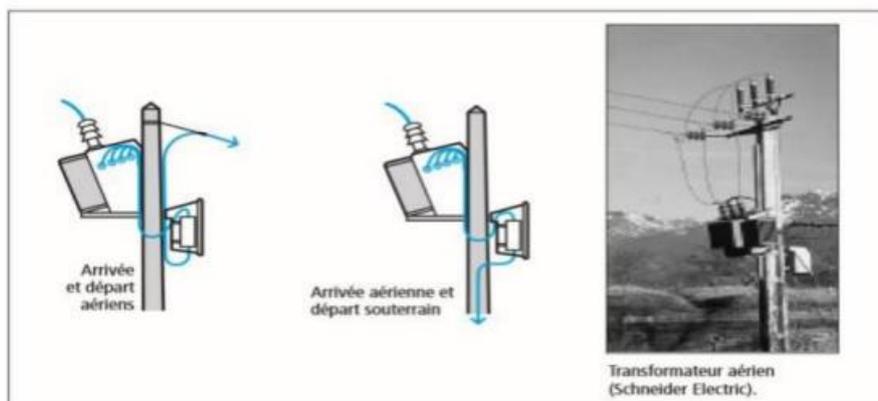


Figure 14 : Exemple de raccordement d'un poste sur poteau

2. Les postes d'intérieur :

- a. Postes ouverts maçonnés ou préfabriqués .
- b. Postes en cellules préfabriquées métalliques.
 - Les puissances sont comprises entre 100 et 1 250 kVA.
 - Le comptage BT doit être remplacé par un comptage HT dès que l'installation dépasse 2000 A, ou s'il existe plusieurs transformateurs .
- c. Postes de livraison HTA à comptage BT .
- d. Poste de livraison HTA à comptage HTA et sous stations éventuelles HTA/BT .
 - Répartition HTA et sous stations HTA/BT ou HTB/HTA .
 - Les puissances sont comprises entre 100 et 1 250 kVA.

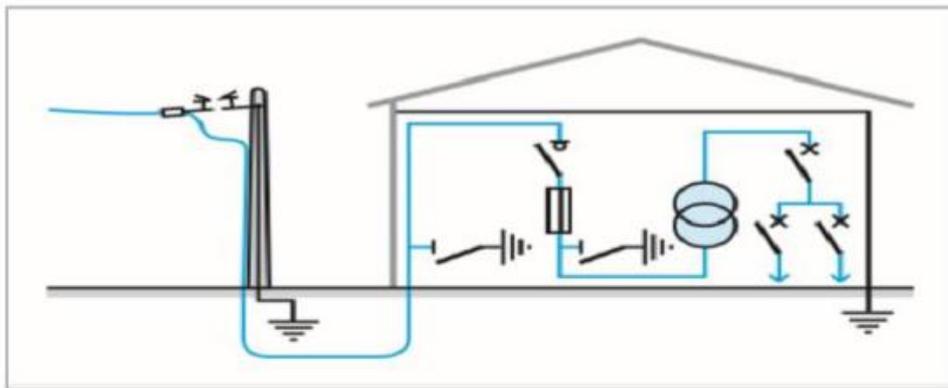


Figure 15 : Schéma général d'un poste ouvert

c. Poste de distribution publique (DP):

Il est au service de plusieurs clients, dont l'énergie est délivrée en basse tension. Il est placé soit dans un bâtiment soit sur un support.

Le schéma unifilaire type de ces postes est donné par la figure suivante :

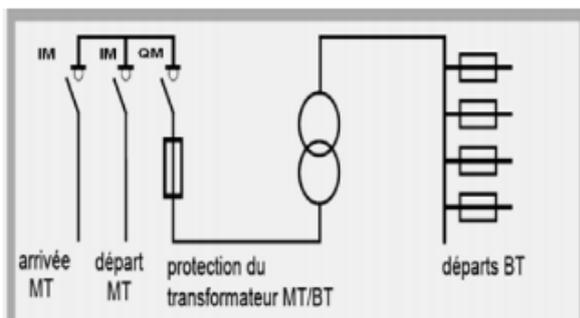


Figure 16 : Schéma unifilaire d'un poste de distribution publique (DP).

1.5 Conclusion :

La fonction générale d'un réseau électrique est d'acheminer l'énergie électrique des centres de production jusqu'aux consommateurs, en plus le réseau a un rôle de transformation, puisqu'il doit permettre délivrer aux utilisateurs un bien de consommation adapté à leurs besoins, le produit électricité caractérisé par :

- Une puissance disponible en fonction des besoins quantitatifs du client
- Une tension fixée fonction de cette puissance et du type de la clientèle Une qualité traduisant la capacité à respecter les valeurs et les formes prévues de ces deux paramètres et à la maintenir dans le temps.

2 CHAPITRE 2 : Généralités sur les systèmes SCADA



2.1 Introduction :

Le système SCADA (supervisory control and data acquisition) est un système de télégestion à grande échelle réparti au niveau des mesures et des commandes. Des systèmes SCADA sont employés pour surveiller ou commander le produit chimique ou pour transporter des processus, dans les systèmes municipaux d'approvisionnement en eau, pour commander la génération d'énergie électrique, la transmission et la distribution, les canalisations de gaz et de pétrole, et d'autres protocoles industriels.

Les réglementations se multiplient, la demande croît continuellement, la sensibilisation en matière de sécurité s'intensifie, aussi la plupart des entreprises industrielles envisagent d'équiper leurs installations d'un système de supervision, de contrôle/commande et d'acquisition de données (SCADA), ou de moderniser l'existant.

2.2 Définition SCADA/DMS:

C'est un ensemble complet de fonctions d'aide à la conduite et à l'exploitation des réseaux de distribution d'électricité dont l'objectif principal est de réduire les durées des interruptions lors d'incidents et de proposer à l'opérateur des reconfigurations du réseau permettant une exploitation optimale des équipements.

Le SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)

Les fonctions principales du SCADA se résument en:

- Acquisition et Contrôle des Données à Distance,
- Validation / Invalidation des informations,
- Traitement et Surveillance,
- Traitements des signalisations et des Compteurs,
- Gestion des éditions,
- Gestion des alarmes
- Archivages et restitutions,
- Télécommande,
- Rapports et statistiques.

Le DMS (Distribution Management System)

Les fonctions principales du DMS sont:

- Le choix entre environnements «études» et «exploitation» indépendants.
- La coloration dynamique du réseau et traces.
- La gestion des scénarios.
- La recherche de schémas optimisés.
- Analyse de réseaux: calcul du transit de charges(Power flow)et calcul de court-circuit).
- Management du réseau: modélisation et prévision de charges, optimisation du réseau
- (contrôles de tension et puissance réactive, minimisation de Pertes).
- Information statistique.

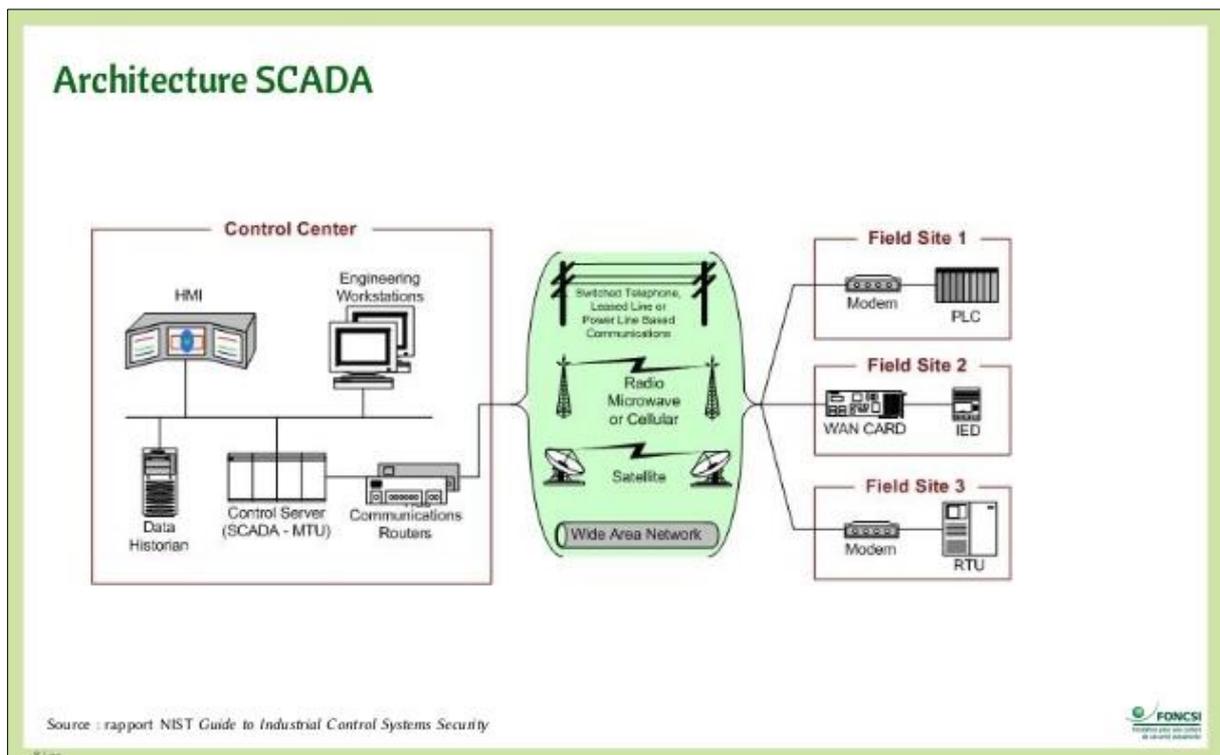


Figure 17 : Architecture SCADA

2.3 Historique :

Les premiers systèmes SCADA sont apparus dans les années 1960. Pour la première fois il devenait possible d'actionner une commande de terrain (une vanne par exemple) depuis un centre de contrôle à distance, plutôt que par une intervention manuelle sur site.

Aujourd'hui, les dispositifs SCADA ont intégré de nombreuses avancées technologiques (réseaux, électronique, informatique...) et sont devenus omniprésents sur les installations à caractère industriel. De ce fait, leur fiabilité et leur protection sont également devenues des enjeux importants.

2.4 Domaines d'applications :

Le SCADA est un système qui permet de piloter et de superviser en temps réel et à distance des procédés de production embarqués sur des plates-formes souvent géographiquement très éloignées d'un site central. Mais c'est aussi un précieux outil d'aide à la prise de décisions concernant le procédé de fabrication, et sur les choix stratégiques de conduite. La collecte des mesures et données physiques de production permet d'améliorer les rendements d'exploitation, de réduire les temps d'arrêt, d'effectuer des interventions de maintenance à distance, de renforcer la sécurité des accès, et de se prévenir des perturbations réseaux susceptibles d'entraîner des coupures ou la paralysie des principaux systèmes de transport dans le cadre d'une éventuelle attaque informatique ou terroriste. La supervision à distance facilite aussi l'acquisition et le traitement des données requises par les réglementations et les normes en vigueur.

On trouve par exemple des systèmes SCADA dans les contextes suivants :

- Distribution électrique.
- Surveillance de processus industriels.
- Systèmes municipaux d'approvisionnement en eau.
- Commande de la production d'énergie électrique.
- Canalisations de gaz et de pétrole.

2.5 Différents éléments d'un système SCADA :

Un dispositif de supervision comporte du matériel, des contrôleurs, des réseaux et des communications, une base de données, un logiciel de gestion d'entrées-sorties et une interface homme-machine.

Les informations de terrain du dispositif sont centralisées sur une unité centrale. Celle-ci permet à l'opérateur de commander tout ou une partie des actionneurs d'une installation souvent très étendue (usine, réseau de distribution...).

Le contrôle sur le terrain est réalisé par des instruments automatiques de mesure et de commande dits « terminaux distants » (abrégés RTU de l'anglais Remote Terminal Units).

Les systèmes SCADA sont constitués en général de deux parties essentielles:

2.5.1 La partie Logiciel (soft):

Un système SCADA doit être muni d'un logiciel permettant d'assurer la communication entre les éléments du SCADA et les opérateurs (interface homme-machine), et d'accomplir des tâches telles que le traitement des données, la sauvegarde des données, le déclenchement d'alarmes, et le contrôle automatique de processus de haut niveau.

Les logiciels SCADA gèrent des informations concernant les dispositifs connectés au SCADA, mais généralement l'information concernant la topologie et la structure du réseau de canalisation n'existe que sous forme de vues graphiques. Dans aucun de ces logiciels cette information existe sous forme de tableau ou de matrice. L'information sous forme matricielle est très utile (voire indispensable) pour la modélisation et le traitement des données en vue d'assister automatiquement les opérateurs.

2.5.2 La partie physique (hard) :

- a. **Opérateur:** (humain) Gérer et superviser le réseau de distribution et veiller sur le fonctionnement de base du système de télégestion (bureau de conduite- Automate programmable – connexion à distance par fibre optique ou/et Liaison GSM).
- b. **Interface homme-machine (IHM):** Ceci est utilisé pour se connecter à tous les processus et ensuite présenter ces données à un opérateur humain. L'opérateur utilise toutes les données et surveille et contrôle ainsi tous les processus.
- c. **Unité maître terminal (MTU):** Equivalent à une unité maître en maître / architecture esclave. Le MTU présente des données à l'opérateur par l'HMI, recueille des données

provenant du site distant, et transmet des signaux de commande pour le site distant. La vitesse de transmission des données entre le MTU et le site distant est relativement faible et le procédé de commande est habituellement ouvert boucle en raison de retards possibles ou des interruptions de flux de données.

- d. **Unité terminale distante (RTU):** Fonctionne comme un esclave dans le maître / esclave l'architecture, envoie des signaux de commande au dispositif sous contrôle, acquiert les données provenant de ces dispositifs, et transmet les données à l'unité MTU. Une RTU peut être un automate. Le débit de données entre le dispositif RTU et contrôlée est relativement élevée et le procédé de commande est généralement fermé en boucle.
- e. **Moyens de communication:** méthode de communication entre le MTU et télécommandes. La communication peut se faire par Internet, réseaux sans fil ou filaire (coaxiale ligne spécialisée ou bien fibre optique) ou le réseau téléphonique public commuté.

2.6 Fonctionnement d'un système SCADA :

Un logiciel d'assistance aux opérateurs peut exploiter les données provenant des dispositifs du réseau et gérés par le système SCADA, et peut agir directement sur le système grâce à des actionneurs commandés à travers le SCADA.

Le développement d'un logiciel d'assistance doit donc tenir compte d'une possible communication avec les systèmes SCADA des réseaux concernés.

Ils sont implantés dans des systèmes tels que des réseaux de distribution d'eau, des oléoducs de pétrole et de gaz, des réseaux de distribution électrique, des réseaux ferroviaires. Le centre de contrôle du SCADA réalise une surveillance des sites à travers des réseaux de communication longue distance.

Très souvent le SCADA est équipé avec un système d'alarmes et un système de traitement des données. Les dispositifs distribués dans le site permettent de contrôler des opérations locales comme l'ouverture et la fermeture des vannes, l'acheminement des données provenant des capteurs, et la surveillance des conditions environnementales locales pour évaluer les conditions d'alarme.

Les logiciels de supervision sont une classe de programmes applicatifs dédiés à la production dont les buts sont :

- L'assistance de l'opérateur dans ses actions de commande du processus de production par l'IHM.
- La visualisation de l'état et de l'évolution d'une installation automatisée de contrôle de processus, avec une mise en évidence des anomalies.
- La collecte d'informations en temps réel sur des processus depuis des sites distants (poste électriques,...) et leur archivage.

2.7 Avantages du SCADA :

Parmi les avantages du SCADA en retrouve :

1. Le suivi de près du système ; voire l'état du fonctionnement de procédé dans des écrans même s'il se situe dans une zone lointaine.
2. Le contrôle et l'assurance que toutes les performances désirées soient atteintes ; de visualiser les performances désirées du système à chaque instant, et s'il y aurait une perte de performance, une alarme se déclenche d'une manière automatique pour prévenir l'opérateur.
3. Une alarme est également déclenchée lorsqu'une faute se produit et visualise même la position où se situe la faute et l'élément défectueux, ce qui facilite la tâche du diagnostic et de l'intervention de l'opérateur.
4. Plusieurs informations sur le système sont évaluées ce qui aide l'opérateur à prendre la bonne décision, et ne pas se tromper dans son intervention.
5. Diminution de la tâche du personnel en les regroupant dans une salle devcommande.
6. Elimination ou réduction du nombre de visites aux sites éloignés; à travers une interface graphique, on peut suivre l'état de l'installation à chaque instant, et ainsi on n'aura plus besoin de faire des visites de contrôle.

2.8 Réseau de communication :

2.8.1 Introduction :

Un réseau désigne au sens concret « un ensemble de lignes entrelacées » et, au figuré « un ensemble de relations ».

Les RTU sont connectés au MTU par à un réseau de communication qui peut avoir différentes architectures. Les protocoles de communication du logiciel SCADA utilisé doivent tenir compte du type d'architecture.

2.8.2 Les types de réseaux de communication :

Il existe trois types de réseau de communication essentiels :

1. **Le réseau informatique** : c'est un ensemble d'appareils électroniques (ordinateurs, ...), géographiquement éloignés les uns des autres, interconnectés par des télécommunications, généralement permanentes, qui permettent d'échanger des informations entre eux. Le réseau Internet en est l'illustration la plus complexe. Celui-ci est issu de l'interconnexion à l'échelle globale de réseaux régionaux et locaux (extranet, intranet). Il constitue ainsi un réseau de réseaux. Les opérations réseau-centrées (net-centric) sont un concept d'organisation en réseau qui emploie des technologies informatiques.
2. **Le réseau téléphonique commuté** : (ou RTC) est le réseau du téléphone (fixe et mobile), dans lequel un poste d'abonné est relié à un central téléphonique par une paire de fils alimentée en batterie centrale (la boucle locale). Les centraux sont eux-mêmes reliés entre eux par des liens offrant un débit de 2 Mb/s, ce sont les Blocs Primaires Numériques (BPN) ou par des liaisons optiques PDH ou SDH plus performantes.
3. **Un réseau de téléphonie mobile** : est un réseau téléphonique qui permet l'utilisation simultanée de millions de téléphones sans fil, immobiles ou en mouvement, y compris lors de déplacements à grande vitesse et sur une grande distance.

a. **le réseau GSM (Global System for Mobile communications) :**

Le GSM, est un système cellulaire et numérique de télécommunication mobile. Il a été rapidement accepté et a vite gagné des parts de marché telles qu'aujourd'hui la majorité des

pays ont adopté cette norme et plus d'un milliard d'utilisateurs sont équipés d'une solution GSM, Le système GSM fournit différents services comme le transport de la voix, données, SMS....etc.

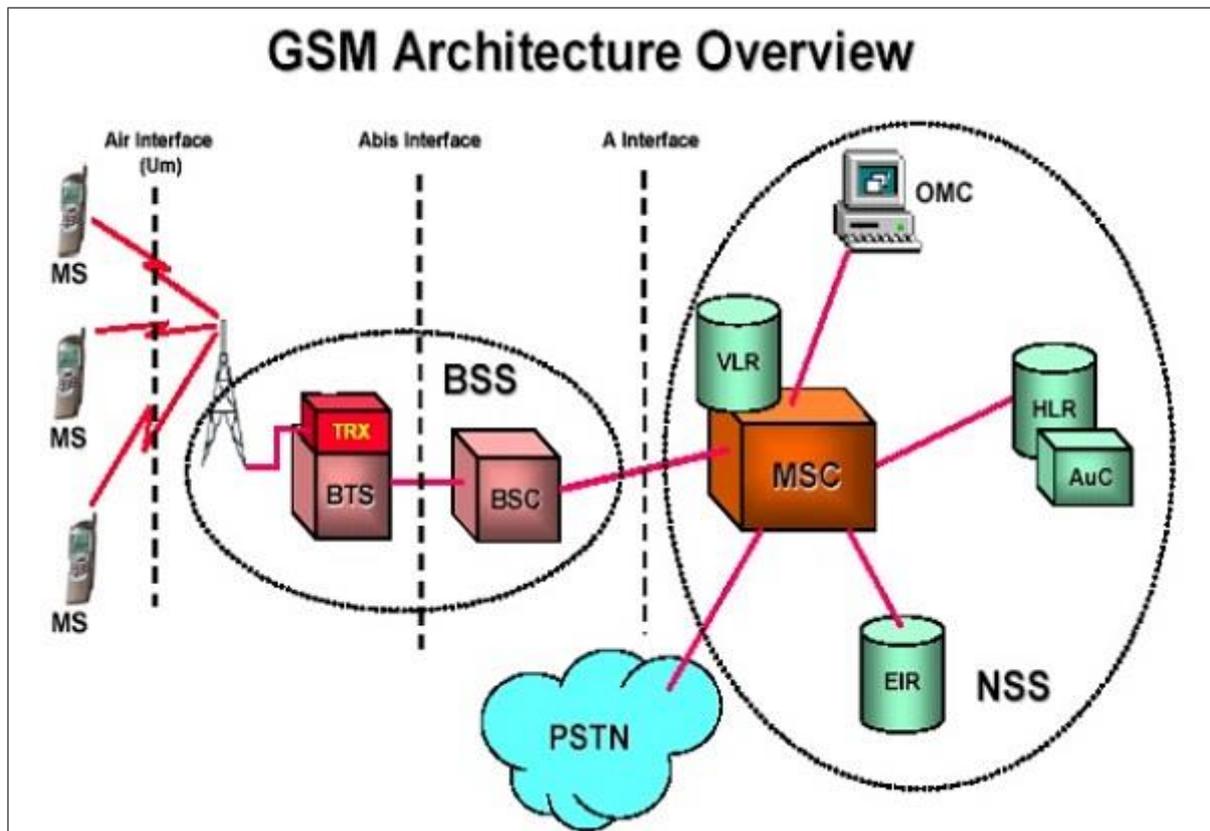


Figure 18 : Architecture GSM

Autrement dit pour des communications en mode circuit à faible débit. Certains choix techniques du GSM sont faits en conséquence, notamment en matière d'architecture réseau et de mise en forme des ondes (modulation, codage, etc.). Ces choix se révèlent toutefois contraignants pour les services de données (transfert de fichier, vidéo, ...etc.).

Le standard GSM évolue sans cesse. Dans un premier temps, le GSM a standardisé des règles pour réaliser du transfert de données en utilisant les circuits de voix.

C'est pourquoi un certain nombre de normes et de protocoles ont été conçus à la fois pour contourner le problème de monopolisation de canal, ainsi que pour permettre également de débit résolument plus important.

Un réseau cellulaire GSM est composé de trois (03) parties fondamentales :

1. **Le terminal** : C'est le vecteur qui permet de transmettre et de recevoir les données générées et destinées par ou à l'utilisateur.
2. **Le réseau d'accès radio** : Son rôle est l'acheminement de l'information depuis le terminal jusqu'au réseau cœur et vice versa.
3. **Le réseau cœur** : Il assure la gestion du service et l'acheminement des communications vers les autres réseaux tels que le réseau public de téléphonie fixe, le réseau internet...etc.

Une évolution des réseaux GSM en termes de services et de débits, Toutefois, la transition du GSM vers l'autre norme (GPRS) demande plus qu'une simple adaptation logicielle, mais aussi l'intégration de nouvelles entités qui offre ces nouveaux services et débits.

b. Présentation du GPRS:

La norme GPRS spécifie un nouveau support de transmission de données en mode autre que le mode circuit, c'est le mode paquets. Ce mode permet de transporter des données en optimisant l'utilisation des ressources du sous-système radio et du sous-système fixe.

Le GPRS est une technologie orientée paquets à fonctionner sur des réseaux GSM fonctionnant eux en commutation de circuit. Cette technologie (GPRS) est destinés à remplacer les technologies CSD (Circuit Switched Data) et SMS (Short Message Service) qui est utilisée pour le transport des données sur les réseaux GSM.

Le déploiement de GPRS ne nécessitera que la mise en place de nouvelles couches logicielles pour gérer ce mode, ainsi que le déploiement de nouvelles cellules afin de densifier le réseau, condition incontournable si l'on souhaite augmenter le débit des transferts de données.

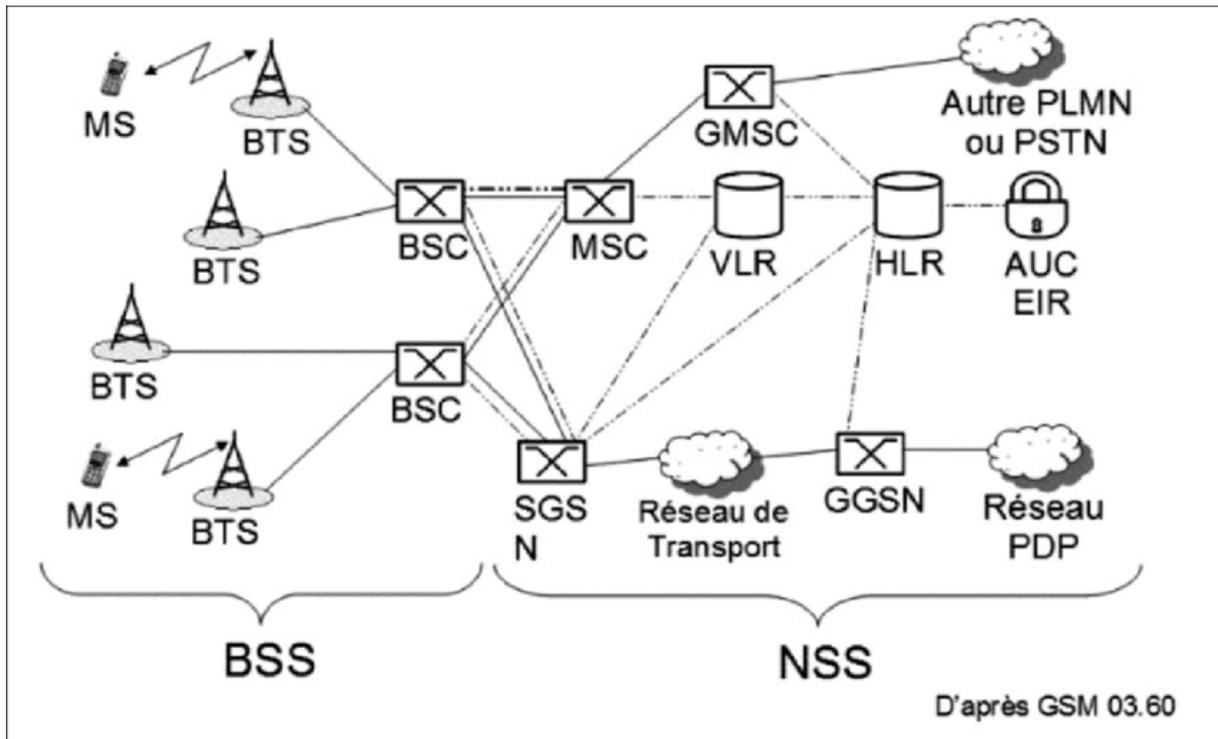


Figure 19 : Architecture reseta GPRS

Le fonctionnement de GPRS a nécessité d'adapter en second cœur de réseau chez les opérateurs GSM, et de développer une maîtrise des technologies de routage TCP/IP.

Equipements du réseau GPRS:

Dans cette partie on procédera à la description de chaque entité du réseau GPRS :

- PCU (Packet Control Unit) : Unité de contrôle chargé de la gestion de l'allocation des ressources radio pour des services GPRS, la congestion, et de la diffusion d'informations système liées au GPRS. La PCU est Localisée dans la BTS (Base transceiver Station) ou BSC(Base Station Controllers) ou SGSN (Serving GPRS Support Node).
- SGSN (Serving GPRS Support Node): Nœud GPRS en charge de la gestion des services à commutation de paquets des abonnés attachés au réseau. En GPRS, il est relié via l'interface Gb à un ou plusieurs BSC.

- GGSN (Gateway GPRS Support Node): le nœud passerelle GPRS est un routeur qui effectue le routage des paquets, venant des réseaux PDP (Packet Data Protocol) externes, vers le SGSN du destinataire. Il est également en charge de l'acheminement des paquets sortant vers le réseau PDP correspondant.

2.8.3 Les supports de transmission :

Nous appelons support de transmission tout moyen permettant de transporter des données sous forme de signaux de leur source vers leur destination.

La transmission des informations nécessite aussi de disposer d'un ou de plusieurs supports matériels. Dans le cas du contrôle-commande des réseaux électriques, les supports utilisés sont :

- les supports limités (point à point) : la paire torsadée, le câble coaxial, la fibre optique
- les supports non limités tels que l'air (ondes électromagnétiques, infrarouges ou ondes radios).

2.8.4 Les protocoles de communication :

Pour que deux ou plusieurs entités puissent communiquer, elles doivent parler le même langage (protocole) et se conformer à certaines règles de déclenchement, de conduite, et d'arrêt de la communication.

SCADA protocoles évolue sur la nécessité d'envoyer et de recevoir des données et de contrôle d'informations au niveau local et sur des distances en temps déterministe.

Pour accomplir la communication en temps déterministe pour des applications dans les services d'électricité et d'autres utilisateurs de systèmes SCADA, des fabricants de dispositifs de commande, comme les automates, ont développé leurs propres protocoles de communication. Le tableau suivant résume certains de ces constructeurs et leurs protocoles correspondants.

fabricant	Protocole
Allen Bradley	DeviceNet, ControNet, DFI, Data Highwau, Data Highway 485
Siemens	Profibus
Modicon	MODBUS, MODBUS plus, MODBUS TCP/IP

Tableau 2 : Tableau constructeurs et leurs protocoles

2.8.4.1 Communication selon le modèle OSI :

Le modèle de référence d'interconnexion de systèmes ouverts (OSI) a été développé par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) dans le début des années 1980.

La communication entre des équipements de type identique est possible uniquement avec des normes d'interconnexion qui définissent le comportement de chacun d'eux par rapport aux autres. Ces normes ont été développées par l'organisation internationale de normalisation ISO, qui a défini une architecture réseau normalisée, plus connue sous le nom de modèle OSI (interconnexion de systèmes ouverts).

Ce modèle est structuré en sept couches auxquelles est attribué un ensemble spécifique de fonctions pour interconnecter des systèmes. Ces couches communiquent avec les couches équivalentes d'autres équipements via des protocoles normalisés.

2.8.4.2 Le protocole IEC-101 :

C'est une norme internationale spécifiée par la Commission Electrotechnique Internationale. Le protocole IEC 101 spécifie le codage des données et les règles d'échange de ces données entre deux équipements. Le protocole IEC101 est basé sur le modèle de référence à 3 couches qui est une version simplifiée du modèle ISO à 7 couches.

Les 3 couches utilisées sont les couches : Physique, Liaison, Application.

Le protocole CEI 60870-5-101 permet de fonctionner selon 2 modes de transmission :

Les échanges peuvent être de type asymétrique (mode maître - esclave) ou de type symétrique (mode maître – maître).

Dans le mode asymétrique, le Superviseur est le maître et les équipements à commander, en tant qu'esclaves, se limitent à répondre aux demandes du maître.

Dans le mode symétrique, chaque équipement peut initier un dialogue.

Le protocole IEC-101 spécifie les données qui peuvent être échangées et la forme sous laquelle elles sont transmises. Parmi les nombreuses informations auxquelles le protocole donne accès, on trouve:

- Des signalisations (simples ou doubles).
- Des mesures (suivant plusieurs formats).
- Des compteurs.

2.8.4.3 Le protocole TCP (Transmission Control Protocol) :

Le protocole TCP est un protocole de transport fiable. Aussi appelé modèle TCP/IP, TCP est situé au niveau de la couche transport (entre la couche réseau et la couche session).

Les applications transmettent des flux de données sur une connexion réseau, et TCP découpe le flux d'octets en segments, dont la taille dépend de la MTU du réseau sous-jacent (couche liaison de données). Une session TCP fonctionne en trois phases :

- l'établissement de la connexion ;
- les transferts de données ;
- la fin de la connexion.

Le protocole TCP se charge de la communication entre les applications, c'est-à-dire entre les logiciels utilisés par les ordinateurs. Il vérifie que le destinataire est prêt à recevoir les données. Il fractionne les messages en paquets plus petits et numérote les paquets.

A la réception, il vérifie que tous les paquets sont bien arrivés et peut redemander les paquets manquants. Il réassemble les paquets avant de les transmettre aux logiciels.

Il envoie des accusés de réception pour prévenir l'expéditeur que les données sont bien arrivées.

2.8.4.4 Le protocole ModBus :

Le protocole Modbus (marque déposée par MODICON) est un protocole de dialogue basé sur une structure hiérarchisée entre un maître et plusieurs esclaves.

Sa vitesse de transmission est de 9600 ou 19200 bits/seconde sur une trame de 8 bits. Il utilise un mode de communication « half-duplex », c'est-à-dire, le maître parle à un esclave et attend sa réponse, le maître parle à l'ensemble des esclaves, sans attente de réponse (diffusion générale).

2.9 Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à la présentation de la télé conduite, par ses différentes structures, à l'étude du système scada, et des réseaux de communications. La protection des réseaux électriques nécessite la mise en œuvre de nombreuses et différentes techniques, dont l'organisation, ou le plan de protection, nécessite les compétences d'un spécialiste.

Il en ressort que la télé conduite est le regroupement en un ou quelques points de tout ce qui est nécessaire au contrôle-commandé à distance d'un réseau électrique .Ces points de regroupement sont des postes de conduite fixe ou mobile (embarqués dans un véhicule). Ils sont aussi appelés, selon les distributeurs, centre de conduite, dispatching ou SCADA.

3 CHAPITRE 3 : ETUDE ET REALISATION DE LA TELECOMMANDE DE LA CABINE MOBILE DE MEFTAH



3.1 Introduction :

Dans le cadre d'assurer la qualité et la continuité de service, et afin de satisfaire les besoins de nos clients en terme d'énergie électrique et vu la longueur des réseaux électriques de distribution, l'entreprise a misé sur des solutions moins coûteuses, efficaces et exploitables pour rendre le réseau maniable d'utilisations. Elle a ainsi créé des solutions adéquates pour télécommander ce réseau à travers des équipements et des supports de communication, et des bureaux de conduite pilotés par le système SCADA (supervisory control and data acquisition).

Le projet met en application une étude de cas de télécommande d'une source électrique pour une cabine mobile 60/30 KV au poste source de MEFTAH 60/30Kv.

3.2 Le poste 60/30 Kv de MEFTAH:

Le poste de MEFTAH est un poste source HTB/HTA 60/30 Kv de distribution situé a MEFTAH exactement à ELBOUR, il alimente les localités de MEFTAH, et la région EST de la wilaya de BLIDA, une partie d'El-Harrach et une partie de BOUMERDES. Il contient deux transformateurs 60/30 Kv d'où au total 80 MVA. Suite à la demande de charge enregistrée à ce poste, la cabine mobile 60/30 Kv de 20 MVA a été rajoutée pour qu'on puisse satisfaire les besoins en charge de nos clients au niveau de cette localité.



Figure 20 : photo du poste HTB/HTA de MEFTA

3.3 Historique de la cabine mobile :

La cabine mobile 60/30 Kv du poste source a été précédemment au poste 60/30 Kv de BOUFARIK en exploitation et après la réalisation de deux bâtiments MT, la cabine a été transférée pour l'exploiter à une autre source et selon nos besoins elle l'a été vers le poste source de 60/30 Kv de MEFTA.



Figure 21 : photo de la Cabine Mobile du poste de MEFTAH

La cabine mobile installée au niveau du poste source de MEFTAH contient un transformateur 60/30 de puissance 20 MVA, deux redresseurs de tension produisent le 48 v continue et un skid (cabine) contient 05 cellules 30 Kv : une arrivée et 04 départs MT qui alimente les localités suivantes : centre-ville de LARBBA, cite 05 juillet et une partie de 4000 logements de SIDI HAMED.



Figure 22 : Photo intérieur de la CM de MEFTA

3.4 Difficulté rencontrée :

L'installation de cette cabine étant spécifique, une solution de la télécommande de cette dernière par le bureau de conduite qui se trouve à distance de 50 Km en moyenne, a été envisagée ; pour ce faire une étude a été faite pour assurer la surveillance et la télécommande de la cabine mobile.

3.5 Le Système CCN :

Le SCCN (système de contrôle et de commande numérique) permet d'accéder à distance aux événements, aux commandes et aux paramètres et permet d'assurer des fonctions supplémentaires au niveau de tout le POSTE (cabine mobile dans notre cas).

Sous le terme de contrôle-commande sont regroupés tous les éléments liés à l'exploitation des réseaux. Un plan de contrôle-commande définit l'ensemble de ces éléments et l'organisation de leur fonctionnement relatif.

En cela le plan de contrôle-commande d'un réseau doit permettre à l'exploitant (le distributeur) de tenir compte des trois situations :

- **En exploitation normale** : le schéma d'exploitation normal détermine qu'aucune perturbation du réseau n'est décelable ; dans ce cas les départs alimentent les localités citées ci-dessus.
- **En situation de défaut** : l'existence d'un incident au réseau nécessite premièrement l'isolation de défaut et passage au schéma perturbé du réseau proprement dit alimentation en retour pour assurer la continuité de service.
- **En maintenance (hors et sous tension)** : des travaux programme sont initiés pour entretenir ou bien créer un nouveau ouvrage, dans ce cas on assure la continuité de service par l'alimentation en retour.

La conduite s'effectue depuis des centres de conduite régionaux (dispatchings) ou nationaux.

Ceux-ci disposent d'instruments de télé conduite (des SCADA, notamment) comprenant des dispositifs permettant de:

- Commander les organes de coupure (disjoncteurs, sectionneurs).
- Connaître la position de ces organes.
- Mesurer un certain nombre de grandeurs (tension, intensité, fréquence).
- Signaler des dysfonctionnements (alarmes).

Un réseau électrique peut lui-même être décomposé en zones. Chacune de ces zones est généralement protégée par un disjoncteur en association avec des dispositifs de détection (capteur de mesure : transformateur de courant, de potentiel,..), de protection et de contrôle commande (relais de protection), et de déclenchement (actionneurs).

3.6 Réalisation:

3.6.1 Procédure :

Suite à l'indisponibilité des moyens de communications adéquats tel que la radio UHF/VHF déjà utilisée dans l'entreprise dont la couverture du site de MEFTAH n'étant pas assurée et

en prenant en considération les délais et les moyens de déploiement pour réaliser une liaison fibre optique, notre choix s'est fixé autour d'une solution sur le réseau GPRS, sachant que ce dernier est disponible et public, facile à déployer et assurant les principes souhaités.

Pour cela, on utilise le système SCADA pour gérer, télécommander et superviser la cabine mobile du poste 60/30 de MEFTAHA, pour ce faire on a déployé une armoire locale (au niveau de la cabine) équipée d'un modem de télécommunication qui assure la communication entre la cabine mobile et le bureau de conduite à travers un réseau GPRS à distance d'environ 50 km. Le système utilisé fonctionne avec le protocole de communication IEC 101, le modem assure la communication entre le RTU locale et le RTU déporté au niveau du bureau de conduite de la direction distribution de BLIDA.

Une petite réalisation faite au niveau de laboratoires afin de simuler les travaux réalisés sur terrain, pour cela on a choisi la carte ARDUINO UNO carte programmable et le module GPRM SIM 800, deux puces GPRS pour assurer la communication entre l'opérateur et la carte ARDUINO afin de commander une opération dans notre cas on a choisi le système d'allumage des LED, le but de notre simulation est de montrer le principe de fonctionnement du SCADA distribution électrique le schéma et les photos de réalisation suivantes expliquent beaucoup plus les travaux effectués.

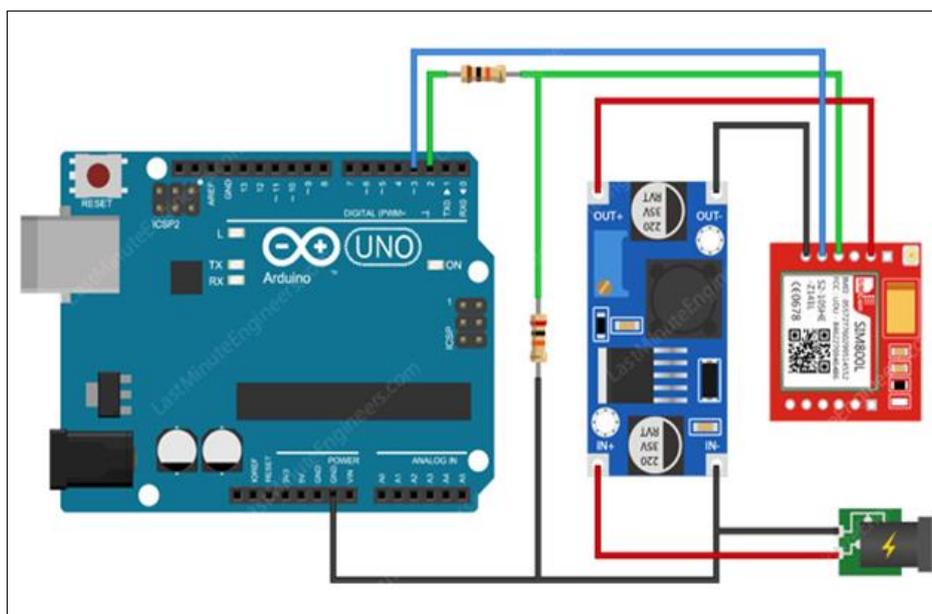


Figure 23 : schéma du Câblage de réalisation

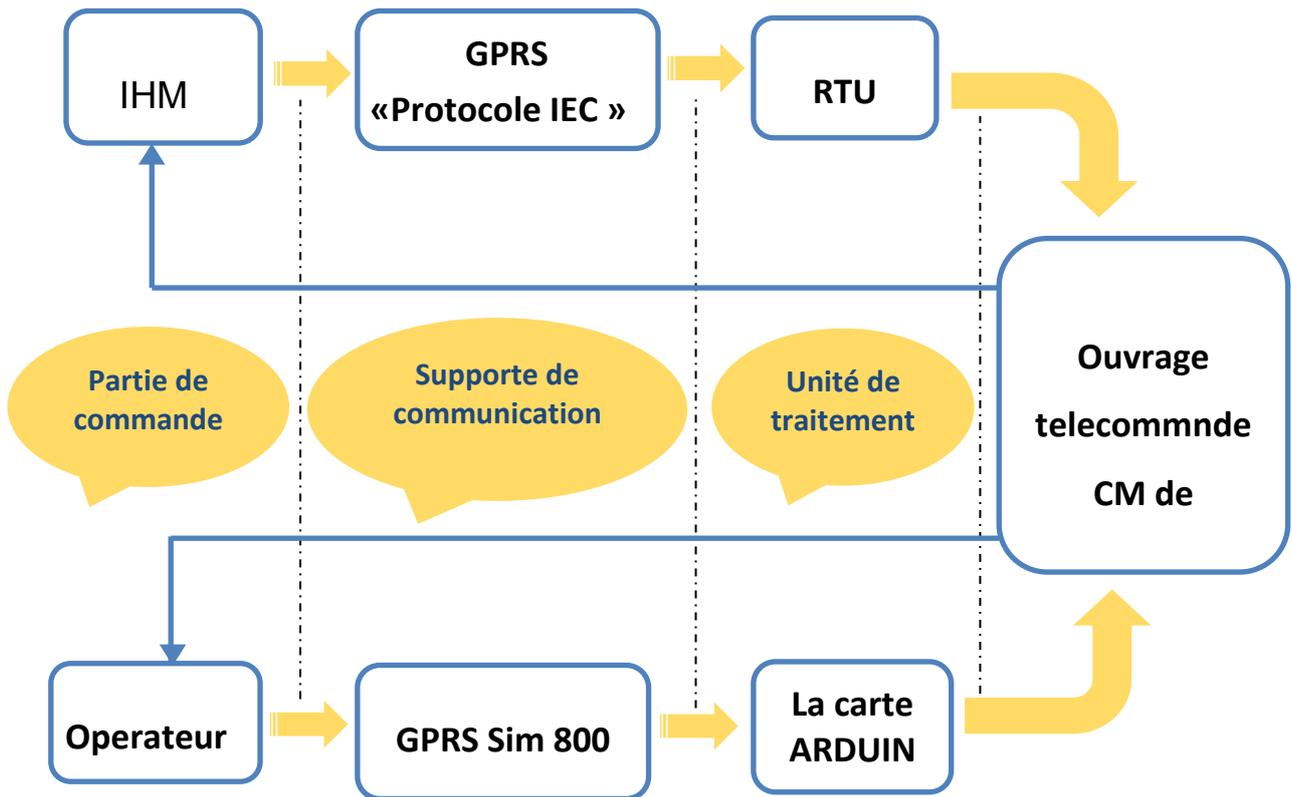


Figure 24 : schéma synoptique du projet

mobile du MEFTAH



Figure 25 :RTU locale et le modem du communication au niveau du CM de MEFTAH

La figure 26 représente le RTU déporté et le schéma unifilaire de la cabine mobile de MEFTAH. L'armoire et le PC de commande se trouvent au niveau du bureau de conduite de BLIDA.



Figure 26 : RTU déportée et le schéma unifilaire de la cabine mobile de MEFTAH

Principe de fonctionnement de notre réalisation:

La télécommande de la cabine mobile 60/30 Kv de poste source de MEFTAH est assurée par un support de communication (GPRS) qui lui assure le fonctionnement du système SCADA entre le bureau de conduite de la direction de distribution de BLIDA et la cabine mobile de MEFTAH, le principe est simple, Le RTU locale collecte les informations (événement, tensions, charges, puissance...etc.) auprès des protections des cellules 30 Kv de MEFTAH, SIDI HAMED, BENDALI...ect, le RTU interprète les informations collectées et les envoie au bureau de conduite à travers un support de communication. Dans notre étude est le GPRS, le RTU déporté qui se trouve au niveau du bureau de conduite de la DD de BLIDA reçoit les informations, événement, charge, puissance, tensions et les interprète pour les afficher à un écran (IHM) interface homme machine la lecture et la commande se fait par

un agent appelé dispatcheur, tout ce système de contrôle et de surveillance se communique avec le protocole de communication IEC 61850 101.

3.6.2 ARDUINO :

L'ARDUINO est une plateforme de prototypage électronique open-source, basée d'une part sur du matériel et d'autre part sur un ensemble de logiciels faciles à utiliser, La carte la plus utilisée est L'ARDUINO UNO. Il s'agit d'une carte équipée d'un microcontrôleur de la famille AVR 8 bits : l'ATMega328.



Figure 27 : la carte ARDOUINO UNO

3.6.3 Fonctionnalité :

Une carte Arduino est une petite (5,33 x 6,85 cm) carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Le microcontrôleur permet, à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs ; la carte Arduino est donc une interface programmable.

3.6.4 Langage de programmation :

Il est en effet possible de programmer la carte Arduino en C/C++. En fait, vous le faites déjà dès que vous utilisez le langage Arduino, puisqu'il est simplement un ensemble de fonctions C/C++ qui peuvent être appelées à partir de votre code.

Le langage de programmation : Comme nous l'avons mentionné, le langage de l'IDE Arduino est un mélange entre le C et le C++, il possède un jeu d'instruction très riche. Ces instructions décrivent :

1. Les données, qui peuvent être numériques (byte, int, word,...), logiques (booleen, ...), sous forme de tableaux (array), caractères ou chaînes de caractères (char, string), ou constantes particulières (True/False, HIGH/LOW) ...etc.
2. Les fonctions arithmétiques et mathématiques : comme les fameuses quatre opérations arithmétiques (+, -, * et /) simples ou composées, les fonctions mathématiques (abs, min, max,...) et trigonométriques (cos, sin, ...).
3. Les opérateurs logiques (&&, ||, !,...) et les opérateurs de comparaisons (=, <, >, ..). Les structures de contrôle comme les boucles (for, while,...), les prises de décision (if-else,...), les sauts (break, goto, continue,...).
4. Gestions du temps (delay) et des entrées /sorties numérique (pinMode, digitalWrite/Read) ou analogique (analogRead/Write).
5. Fonctions diverses pour générer des nombres aléatoires (random, randomSeed), et pour manipuler des bits (low/highByte, bitRead/Write/Set/Clear,...), ainsi que pour gérer les interruptions (attach/detach/noInterrupt).
6. Gestion du port série (Serial.begin/.end/.available/.read/.print,...etc).

3.6.5 Programmation de la carte ARDUINO et câblage de circuit :



```
gsmParseSMS | Arduino 1.8.6
Fichier Édition Croquis Outils Aide

gsmParseSMS
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial GPRS(7, 8); // RX, TX

enum _parseState {
  PS_DETECT_MSG_TYPE,

  PS_IGNOREING_COMMAND_ECHO,

  PS_READ_CMTI_STORAGE_TYPE,
  PS_READ_CMTI_ID,

  PS_READ_CMGR_STATUS,
  PS_READ_CMGR_NUMBER,
  PS_READ_CMGR_SOMETHING,
  PS_READ_CMGR_DATE,
  PS_READ_CMGR_CONTENT
};

byte state = PS_DETECT_MSG_TYPE;
char buffer[80];
byte pos = 0;

int lastReceivedSMSId = 0;
boolean validSender = false;

void resetBuffer() {
  memset(buffer, 0, sizeof(buffer));
  pos = 0;
}

Compilation terminée.

Le croquis utilise 4660 octets (14%) de l'espace de stockage de programmes. Le maximum est de 32256 octets.
Les variables globales utilisent 551 octets (26%) de mémoire dynamique, ce qui laisse 1497 octets pour les variables locales. Le maximum est de 2048 octets.
```

Figure 28 : Interface du programme ARDUINO de notre simulation

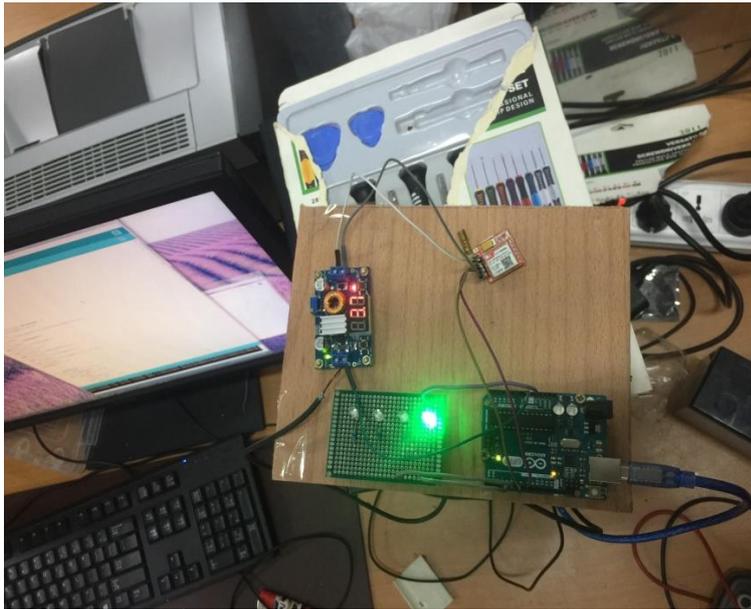


Figure 29 : câblage du circuit de commande.

Après le câblage du circuit de commande (figure 23) nous avons enregistré les événements suivants ouverture et fermeture des disjoncteurs (MT) via le réseau télécom mobile GPRS, les résultats obtenus sont affichés par SMS dans



Figure 30 : photo d'affichage des SMS de commande à distance

Envoie et réception des messages de commande et de confirmation des disjoncteurs arrivée et départs.

3.6 Conclusion :

Dans ce chapitre on a montré la réalisation de la télécommande de la cabine mobile 60/30Kv du poste de MEFTAH, le principe de fonctionnement, les mesures, les évènements qui sont affichés sur les photos ci-jointes, l'opération est terminée avec succès. Actuellement la cabine mobile est télécommandée via un réseau GPRS.

En ce qui concerne la simulation, le système à base de la carte ARDUINO a bien été mis en place simulant notre réalisation sur terrain. Le principe se base sur une carte programmable et un module GSM/GPRS, le schéma et le câblage sont aussi affichés sur des photos jointes à ce projet, enfin notre étude est basée sur une expérience du système SCADA distribution électrique.

Conclusion générale

De nos jours, les facteurs temps et distance rencontrent des contraintes de plus en plus sévères. Vu l'importance donnée en industrie et dans la vie moderne à ces facteurs, on se trouve devant l'obligation d'améliorer les méthodes et les outils de communication.

En effet, dans le domaine de l'électricité, les points de production, de transport, et de consommation, sont des sites de haute importance. Par conséquent la technique de télé conduite s'est avérée indispensable et très utile pour la bonne gestion des différentes tâches dans ses points en toute sécurité et délais.

Dans cette optique et dans le souci de se conformer aux standards et lois internationaux dans le domaine d'électricité, la SONELGAZ ainsi que ses filiales de tous types, se sont dotées de systèmes de télé conduite dans leurs différents sites et installations, et cela pour une meilleure maîtrise de leur réseau électrique.

Cette présente étude sur la supervision de réseaux électriques nous a permis d'affiner mes connaissances dans le domaine, et de proposer une solution de télé conduite d'organes de postes MT (cabine mobile) via une liaison mobile GPRS. Nous avons pu vérifier qu'un tel système de transmission apporte des solutions fiables et même indispensable pour certains services et applications comme exemple la télé-relève.

Nous signalons que ce travail est une simple application dans le domaine de la télé conduite. En perspectives, cette proposition peut être améliorée pour devenir plus autonome, plus pratique, et assez évolutive vu les progrès réalisés dans les technologies de communication actuelles.

Au terme de ce travail, nous mesurons combien ce projet nous a été d'un grand apport. En effet, il nous a permis d'approfondir mes connaissances techniques en électrotechnique, électronique et télécommunications et de maîtriser divers concepts technologiques.

BIBLIOGRAPHIE

- i. Mémoire de fin d'étude ; thème : Etude et dimensionnement du nouveau poste de livraison 30kv a SONATRACH de BEJAIA, 2013/2014
- ii. Mémoire master ; thème : Présentation et la télé conduite du poste HT/MT 60/30kV OULED MOUSSA, UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES ,2017
- iii. Mémoire master ; thème : intégration de D-FACTS aux réseaux électriques de distribution, université de BEJAIA ,2014.
- iv. Mémoire magistère ; thème : ÉTUDE DES PROTECTIONS DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES MT (30 & 10 kV), UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE, 2010.
- v. Manuel interne SONELGAZ.
- vi. www.arduinoplanet.ma/produit/module-gsm-gprs-quadri-bande-sim800
- vii. <https://fr.sawakinome.com/articles/applications/difference-between-scada-and-hmi.html>
- viii. https://www.tango-controls.org/media/filer_public/95/07/95079b22-a896-405b-89e4-06d8e9804e95/ai_5_scada_light.pdf