

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire



وزارة التعليم العالي والبحث 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 : Automatique

Spécialité : Automatique et informatique industrielle

Présenté par

M^r ARIBI Walid

&

M^{lle} BOUDALI Ihcene

Réalisation d'une Interface Homme Machine Pour La Supervision des Interrupteurs Aériens Télécommandés

Proposé par : M^r MAAMAR Rahmani & M^{me} CHEGGAGA Nawal

Année universitaire 2019-2020

Remerciements

Le plus grand merci s'adresse au bon dieu

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus distingués

*A notre promotrice M^{me} CHEGGAGA Nawal de nous avoir fait
l'honneur d'assurer l'encadrement de notre travail et pour la confiance
qu'elle a témoigné, pour sa disponibilité, ses efforts et ses
encouragements.*

*Il est comme même très agréable de remercier notre encadreur de la
société Sonelgaz SDC Mr. MAAMAR Rahmani pour les efforts, les
conseils et ses directives précieuses durant la réalisation de notre projet
de fin d'étude.*

*En tient à remercier vivement les membres du jury d'avoir consacré de
leur temps à la lecture de ce manuscrit, d'accepter de juger et d'évaluer
ce travail.*

*Nous n'oublions pas dans nos remerciements tous les membres des
personnelles de l'entreprise SONELGAZ*

*Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la
réalisation de ce travail, trouvent ici notre sincère reconnaissance.*

Walid et Ihcene

Dédicaces

Je dédie cet humble travail en guise d'amour, de respect et de reconnaissance :

Aux deux être les plus chers au monde, ma mère et mon père, qui ont toujours été là pour moi, et qui de labeur et de Persévérance.

*A mes chères sœurs Lamia et Radhia, et mon cher frère Mohamed.
Pour tout ce beau monde, je dédie ce mémoire en signe de gentillesse, amour et compréhension lesquels ont été pour moi un grand apport.*

A mon ami Walid que je ne serais pas ici sans lui, et sa famille pour laquelle je souhaite une vie pleine de joie et de réussite.

A mon ami Ilyes.M, qui m'a toujours soutenu et encouragé.

A mes très chères Amies, Kenza, Manel, Fella et Habiba

A mes Camarades Abdelhak, Mohamed et Amine

A ce qu'est fantastique avec moi,

A ce qu'est me comprend toujours,

Merci d'être là...

B.IHCENE



DEDICACES

*C'est avec une grande émotion,
Je dédie ce modeste travail
de fin d'étude ...*

À Mes CHERS PARENTS

*Aucune dédicace ne peut exprimer mon respect, mon amour éternel et ma
considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon
instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et
l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre
bénédiction m'accompagne toujours.*

*Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et
faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.*

À mes chers frères et sœurs

Pour leur patience et leur soutien tout au long de cette période

À mon binôme Ihcene, ainsi qu'à toute sa famille.

À tous mes amis, spécialement mon vrai ami Sidali.

Sans oublier tous mes professeurs.

Merci à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.



A. Walid



إن العمل المقدم في هذه الأطروحة هو جزء من الرقابة والإشراف على النظم الصناعية. تعد الإدارة عن بعد في سونلغاز حلاً مثاليًا للتشغيل بسبب التشتت الجغرافي للهياكل. يتمثل الهدف من هذا العمل في تطوير نافذة إشرافية تسمح بإنشاء تفاعل بين الإنسان والآلة، وذلك للتحكم في القاطعة الهوائية والإشراف على وضع التشغيل الخاص بها مع تسهيل تدخل العمال في حالة حدوث أعطال أو شذوذ. تم تحقيق مشروعنا باستخدام برنامج دلفي، حيث طورنا واجهة تحتوي على لوحة قيادة، والتي توفر التحكم في خصائص الاتصالات وحالة المعدات، بالإضافة إلى خيارات أخرى مثل تاريخ الحالات والمسح. تم إجراء الاختبارات بنجاح جزئي على القاطعة وبنجاح كلي على آلية القاطعة مع دائرة مبنية حول لوحة اردوينو اينو.

الكلمات المفتاحية: دلفي ; القاطعة الهوائية ; واجهة جهاز-انسان ; الإشراف ; الإدارة عن بعد.

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre de la supervision et du contrôle des systèmes industriels. A Sonelgaz La télégestion est une solution idéale ou inévitable pour l'exploitation du fait de la dispersion géographique des ouvrages. L'objectif de ce travail consiste à développer une application de supervision permettant de créer une interaction Homme-Machine dédiée au contrôle de l'IAT et à la supervision de son mode de fonctionnement tout en facilitant l'intervention de l'opérateur en cas de dysfonctionnements ou d'anomalies. La réalisation de notre projet est faite avec le logiciel de programmation DELPHI. Il s'agit d'une interface qui renferme une Commande board, qui offre la commande des paramètres de communications et l'état de l'équipement, ainsi que d'autres options comme l'historique et le clear. Les tests ont été réalisés avec succès partiellement sur IAT est complètement sur mécanisme IAT plus circuit bâtie autour de carte arduino Uno.

Mots clés : DELPHI ; IAT ; IHM ; Supervision ; Télégestion.

Abstract :

The presented work in this Master's thesis focuses on the supervision and control of industrial systems. At Sonelgaz, the remote management is an ideal solution for the exploitation due to the geographical dispersion of the works. The objective of this work consists on developing a supervision application enabling to create a Human Machine Interaction that dedicates to the control of the IAT and to the supervision of its operating mode all by facilitating the intervention of the operator in case of malfunctions or

anomalies. The realization of our project is made with the programming software DELPHI. This is an interface that contains a Command board, which offers the control of the communication parameters and the status of the equipment, also other options such as history and clear. The tests were successfully executed partially on IAT and completely on IAT mechanism plus circuit built around arduino Uno board.

Keywords : DELPHI; IAT; HMI; Supervision; remote management.

Listes des acronymes et abréviations

A : Ampères.

API : Automate programmable industriel.

ASCII : American Standard Code for Information Interchange (Code américain normalisé pour l'échange d'information).

BP : Bouton Poussoir.

BT : Basse Tension.

CAN : Campus area network (Réseau de zone de campus).

CCP : Centre de Conduite Principale.

CEI : Comité d'Electrotechnique international.

DC : Directe Courant (Courant Continue).

DNP3 : Distributed Network Protocol (Protocole de réseau distribué).

EDI : Integrated Development Environment (Environnement de Développement Intégré).

EGA : Électricité et gaz d'Algérie.

EPA : Enhanced Performance Architecture (Architecture de performance améliorée).

ES/HS : En Service / Hors Service.

Exe : Exécutable.

FBD : Function Block Diagram (Bloc Fonction Diagramme).

FO : Fibre Optique.

Gbit : Gigabits.

GPRS : General Packet Radio Service (Service général de radio par paquets).

GSM : Globale système for mobile (Globale système pour mobile).

HMI : Human Machine Interface (Interface Homme Machine).

HT : Haute Tension.

HTA : Haute Tension Niveau A.

HTB : Haute Tension Niveau B.

IAT : Interrupteur Aérien Télécommandé.

ITI : Interface de Téléconduite d'Interrupteur.

ISO : International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation).

JDB : Jeu de Barres.

Kbits : Kilobits.

Km : Kilomètres.

KV : Kilovolt.

LABVIEW : Laboratory Virtual instrument Engineering Workbench ().

LAD : Ladder Diagram (Langage à Contact).

LAN : Local Area Network.

LED : Light Emitting Diode (Diode Electroluminescente).

M : Mètres.

MAN : Metropolitan Area Network.

Mb/s : Mégabits Par Seconde.

Ms : Millisecondes.

MT : Moyenne Tension.

MTU : Master terminal Unit (Unité terminale maîtresse).

MVA : Méga volts ampères.

OSI : Open System Interconnexion (Interconnexion de systèmes ouverts).

PA : Partie Actionneur.

PA : Poste Asservi.

PC : Partie Commande.

PC : Personal Computer (Ordinateur).

PC : Poste Commande.

PDH : Plesiochronous Digital Hierarchy (Hiérarchie Numérique Plésiochrone).

PLC : Programmable Logic Controller (Programmable Logic Controller).

PO : Partie Opérative.

RAD : Rapide Application Développement.

RJ11 : Registered Jack Type 11 (Jack Enregistré type 11).

RJ45 : Registered Jack Type 45 (Jack Enregistré type 45).

RTC : Réseau Téléphonique Commuté.

RTU : Remote Terminal Unit (Unité terminale distante).

SCADA : Supervisory Control And Data Acquisition (Système De Contrôle Et D'acquisition de Données).

SCL : Structured Control Language.

SDC : Société de Distribution de l'électricité et du gaz de Centre.

SDH : Synchronous Digital Hierarchy (Hiérarchie Numérique Synchrone).

SFC : Sequential Function Chart.

SF6 : Hexafluorure de Soufre.

SPA : Société Par Actions.

STP : Shielded Twisted Pair (Paire Torsadée Blindée).

TAN : Tiny Area Network.

TC : Transformateur de Courant

TCD : Télécommande Double.

TCP/IP : Transmission Control Protocol/Internet Protocol.

THT : Très Haute Tension.

TIA : Totally Intergrated Automation.

TSD : Télésignalisation Double.

TT/TP : Transformateur de Tension/Transformateur de Potentiel.

UTP : Unshielded Twisted Pair (Paire torsadée non blindée).

V : Volts.

Tables des matières

Introduction générale	1
Chapitre I :	
I.1 Introduction	4
I.2 Présentation de SONELGAZ	4
I.3 Présentation de l'entreprise d'accueil	5
I.4 Les réseaux électriques	8
I.4.1 Définition	8
I.4.2 Les différents réseaux électriques	8
I.4.2.1 Réseau de transport et d'interconnexion THT	8
I.4.2.2 Réseau de répartition HT	9
I.4.2.3 Réseau de distribution	9
I.4.3 Tension normalisées	11
I.4.4 Architecture des réseaux électriques	12
I.5 Les postes électriques	13
I.5.1 Types des postes	13
I.5.1.1 Le poste HTB/HTA	14
I.5.1.2 Le poste HTA/HTA	14
I.5.1.3 Le poste HTA/BT	15
I.5.2 Les différents éléments d'un poste	16
I.6 Fonctionnement du réseau électrique	17
I.7 Conclusion	18
Chapitre II :	
II.1 Introduction	20
II.2 Téléconduite en électricité	21
II.2.1 Présentation	21
II.2.2 Informations échangées dans un réseau électrique	22
II.2.2.1 Informations émises du (PC) vers le (PA) ou La télécommande	22
II.2.2.2 Informations émises du (PA) vers le (PC) ou La télésurveillance	22
II.2.3 Protection et contrôle-commande des réseaux électriques	23
II.2.3.1 Le plan de protection (système de protection)	23
II.2.3.2 Le Plan de Contrôle-Commande	23
II.2.3.3 Relais de protection	25

Tables des matières

II.2.3.4 Réducteurs de mesure	26
II.2.3.5 Les organes de coupure électrique	27
II.3 Avantages de la téléconduite	32
II.4 Conclusion :	32
Chapitre III :	
III.1 Introduction	34
III.2 Le système SCADA	34
III.3 Composants de système SCADA	34
III.3.1 Les composants hardware (La partie physique)	35
III.3.1.1 Interface homme-machine (IHM)	35
III.3.1.2 Unités Terminaux distants RTU	36
III.3.1.3 Le serveur central MTU	37
III.3.1.4 Automate Programmable Industriel (API)	37
III.3.2 Les composants software (partie logiciel)	37
III.4 Fonctionnalités d'un système de Supervision	38
III.5 Réseaux de communications	39
III.5.1 Définition	39
III.5.2 Les types de réseaux de communication	39
III.5.2.1 Le réseau informatique	39
III.5.2.2 Le réseau téléphonique commuté (ou RTC)	39
III.5.2.3 Un réseau de téléphonie mobile	40
III.5.3 Architecture de communication	41
III.5.4. Modes d'accès au medium	43
III.6 Les supports de transmission	43
III.6.1 La fibre optique	43
III.6.2 Le câble coaxial	44
III.6.3 La paire de fils torsadée	44
III.6.4 Radio	45
III.6.5 GSM.....	46
III.7 Protocoles employés dans un environnement SCADA	46
III.7.1 Le protocole Modbus	46
III.7.1.1 Le Modbus RTU	46

Tables des matières

III.7.1.2 Le Modbus ASCII	46
III.7.1.3 Le Modbus TCP/IP (Ethernet)	47
III.7.2 Le protocole IEC 60870-5-101	47
III.7.3 Le protocole DNP3	48
III.7.4 Le protocole PROFIBUS	48
III.8 Avantages du SCADA	49
III.9 Conclusion	50
Chapitre IV :	
IV.1 Introduction	52
IV.2 Etude du choix d'un outil de supervision	52
IV.2.1 Les outils libres	52
IV.2.1.1 TIA Portal	52
IV.2.1.2 Delphi	53
IV.2.1.3 Microsoft Visual Studio	53
IV.2.1.4 LabVIEW	53
IV.2.2 Avantage de ces outils	54
IV.2.3 Choix du langage de programmation	54
IV.3 L'environnement de développement Delphi	55
IV.3.1 Conception et réalisation des HMI avec Delphi	57
IV.3.2 Conception des HMI	57
IV.3.2.1 Création du Form	58
IV.3.2.2 Génération du code	59
IV.3.2.3 Fonctionnalités de l'interface	60
IV.4 Première utilisation de l'application	63
IV.4.1 Test de l'interface	63
IV.4.2 Essais sur la carte	65
IV.5 Deuxième utilisation de l'application	65
IV.5.1 Fonctionnement du mécanisme d'un IAT	66
IV.5.2 Étapes de réalisation	67
IV.5.2.1 Partie matérielle	67
IV.5.2.2 Partie logicielle	69

Tables des matières

IV.6 Conclusion	71
Conclusion générale	72
Références bibliographique	74

Liste des figures

Chapitre I :

Fig. I.1 : Logo de Sonelgaz.	4
Fig. I.2 : Organigramme de La direction de la société de distribution BLIDA.	6
Fig. I.3 : Organigramme de la division technique électricité.	7
Fig. I.4 : Schéma de description de réseaux électriques.	10
Fig. I.5 : Topologie des réseaux électriques.	12
Fig. I.6 : Cellules d'un Poste HTB/HTA.	13
Fig. I.7 : Schéma d'un poste de distribution HTB/HTA.	14
Fig. I.8 : Schéma d'un poste de distribution HTA/HTA.	14
Fig. I.9 : Schéma d'un poste de distribution HTA/BT.	15
Fig. I.10 : Structure d'installation d'un poste en immeubles / sur poteau.	16
Fig. I.11 : Le schéma illustré d'un réseau électrique montrant que l'électricité produite, transportée et distribué à des niveaux de tensions différentes.	17

Chapitre II :

Fig. II.1 : Vue de la salle de contrôle du dispatching (ou SCADA).	20
Fig. II.2 : Principe du système de téléconduite.	21
Fig. II.3 : Exemple de conduite d'un réseau de distribution HTA	24
Fig. II.4 : Eléments constituant les protections du réseau électrique.	25
Fig. II.5 : Type des relais.	26
Fig. II.6 : Transformateur de tension et du courant type bobiné.	27
Fig. II.7 : Sectionneur.	27
Fig. II.8 : Disjoncteur.	28
Fig. II.9 : Installation d'un Interrupteur Aérien Télécommandé (IAT).	29
Fig. II.10 : Position d'ouverture/fermeture de l'interrupteur	30
Fig. II.11 : Eléments constitutifs d'un coffret ITI aérien.	31

Liste des figures

Chapitre III :

Fig. III.1 : Schéma synoptique du SCADA.	35
Fig. III.2 : Interface Homme-Machine.....	35
Fig. III.3 : Schéma général d'un RTU.	36
Fig. III.4 : Automate Programmable Industriel.....	37
Fig. III.5 : Exemple de téléconduite d'un réseau HTA, avec les différentes liaisons nécessaires aux échanges d'informations.	40
Fig. III.6 : Topologie point à point.....	41
Fig. III.7 : Topologie en étoile	41
Fig. III.8 : Topologie en anneau.....	42
Fig. III.9 : Topologie maillé.....	42
Fig. III.10 : Topologie en bus.....	42
Fig. III.11 : Composants d'un câble optique.....	44
Fig. III.12 : Paires torsadées UTP, STP et connecteur	44
Fig. III.13 : Communication Maître-esclave.....	47
Fig. III.14 : les procédures d'accès au médium sous PROFIBUS	49

Chapitre IV :

Fig. IV.1 : Fenêtre de démarrage du logiciel Delphi.	55
Fig. IV.2 : Principales parties de l'interface.....	56
Fig. IV.3 : Interface Homme-Machine.....	57
Fig. IV.4 : Fenêtre principale de notre interface.....	58
Fig. IV.5 : Vue globale de l'interface utilisateur.	58
Fig. IV.6 : Exemple du code générer.	59
Fig. IV.7 : Organigramme de bouton Com Settings.	60
Fig. IV.8 : Organigramme de bouton CNX_DCNX.	61

Liste des figures

Fig. IV.9 : Organigramme de bouton ON/OFF.	62
Fig. IV.10 : Organigramme de bouton Read.	62
Fig. IV.11 : Organigramme de bouton Historique.	63
Fig. IV.12 : Organigramme de bouton Clear.....	63
Fig. IV.13 : Communication entre l'interface et la carte Arduino.	65
Fig. IV.14 : Vue d'interface utilisateur ITI durant la communication.	65
Fig. IV.15 : Mécanisme d'un IAT.	66
Fig. IV.16 : Mécanisme en face arrière / avant.	66
Fig. IV.17 : Schéma réelle du circuit électronique.	67
Fig. IV.18 : Différents composants électroniques utilisé.	68
Fig. IV.19 : Schéma de câblage.	68
Fig. IV.20 : Organigramme de nouveau bouton Send.	70
Fig. IV.21 : Mécanisme en état fermé.	70
Fig. IV.22 : Mécanisme en état ouvert.	71

Liste des tableaux

Chapitre I :

Tableau I.1 : Tension normalisées du réseau national Algérienne, les lignes HTB, HTA, et BT.....11

Chapitre III :

Tableau III.1 : Tableau comparatif de RS-232, RS-485 et RS-422.....47

Introduction générale :

Dans un contexte de développement et de progression, le groupe industriel énergétique Algérien SONELGAZ, est obligée d'automatiser de plus en plus les installations de la production, du transport et de la distribution de l'électricité et de gaz afin d'améliorer la supervision des stations et des unités entrant dans ce contexte.

Cette automatisation renferme la supervision qui présente la notion du dialogue Homme-Machine, qui permet de visualiser en temps réel l'évolution de l'état du bon fonctionnement d'un système automatisé ou d'un procédé dont les possibilités vont bien au-delà de celles des fonctions de conduite et de contrôle réalisées avec des interfaces. La supervision et le contrôle à distance de la distribution d'électricité est une solution idéale pour l'exploitation, afin de minimiser le nombre de défauts et réduire le temps de maintenance et de déplacement.

La société de distribution de l'électricité et de gaz se voit la nécessité de superviser ses stations et ses unités, pour cela elle a mis en service un nouveau système de téléconduite des réseaux de distribution d'électricité en développant des systèmes de contrôles et d'acquisitions des données (SCADA en anglais : Supervisory Control And Data Acquisition). Ceci se fait dans un but de réduire les durées des interruptions lors d'incidents et de proposer à l'opérateur des reconfigurations du réseau permettant une optimale des équipements.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail, il s'intéresse à l'étude d'un système de télégestion permettant la commande et la surveillance des réseaux de distribution d'électricité. L'idée consiste à développer une interface graphique implémentée sous le logiciel de programmation 'DELPHI' et dédiée au contrôle et à la supervision de l'interrupteur aérien télécommandé. Afin de réaliser une supervision de l'état de son fonctionnement et de faciliter l'intervention de l'opérateur en cas de dysfonctionnement ou d'anomalies. Le présent mémoire est composé de quatre chapitres répartis comme suit :

- ✓ Le premier chapitre permettra la familiarisation avec l'environnement du lieu de notre stage ainsi que la présentation des généralités sur les réseaux électriques, leur architectures et fonctionnement.
- ✓ Le deuxième chapitre renferme la présentation de la téléconduite par ces différentes structures. Il évoque également le système de protection et de contrôle commande.

Introduction générale

- ✓ Le troisième chapitre concerne la présentation succincte de système SCADA, ses éléments et son fonctionnement, suivies par l'architecture et les protocoles de communication, en terminant le chapitre avec les avantages du système.
- ✓ Le quatrième chapitre et le dernier est consacré aux étapes de conception, de programmation et de la supervision du système de contrôle réalisé pour la commande de l'IAT.

Nous terminons notre travail par une conclusion générale dans laquelle on résumera les principaux résultats obtenus et on énumérera les perspectives à ce travail.



Chapitre I :

Généralités sur

les réseaux

électriques

I.1 Introduction :

L'être humain dépend aujourd'hui de l'électricité pour ces besoins quotidiens, dans tous les domaines. Il est donc nécessaire de produire l'électricité de manière efficace et continue. Pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu construire des centrales électriques capables de produire de l'électricité en grande quantité. Une fois le courant produit, il doit être amené jusqu'au consommateur. En Algérie, ce service est assuré par la SONELGAZ qui est une société nationalisée à cet effet.

I.2 Présentation de SONELGAZ :

SONELGAZ, ou Société nationale de l'électricité et du gaz, est un groupe industriel énergétique Algérien, chargée de la production, du transport et de la distribution de l'électricité et du gaz en Algérie [1].

SONELGAZ est le premier producteur et fournisseur d'électricité et le premier distributeur de gaz en Algérie.

❖ Identité visuelle (logo) :

La figure I.1 représente le logo de Sonelgaz :



Figure I.1 : Logo de Sonelgaz [1].

❖ Historique :

Elle a été créée en 1969, en remplacement de l'entité précédente Électricité et gaz d'Algérie (EGA), et on lui a donné un monopole de la distribution et de la vente de gaz naturel dans le pays, de même pour la production, la distribution, l'importation, et l'exportation d'électricité. En 2002, le décret présidentiel no 02-195, la convertit en une Société par actions SPA entièrement détenue par l'État. La loi n° 02-01 du 5 février 2002 ouvre le secteur de la

production d'énergie électrique à la concurrence et met fin à son monopole. En 2003, elle produisait 29 milliards de kilowattheures par an, vendait 4,6 milliards de mètres cubes de gaz par an. En 2006, elle employait environ 28 000 personnes. En 2010, on parle de Groupe Sonelgaz [10].

I.3 Présentation de l'entreprise d'accueil :

La société de distribution de l'Electricité et du Gaz de centre SDC, est une société par actions, filiale du groupe SONELGAZ, elle a été créée en Janvier 2006, elle dispose d'un réseau d'électricité d'une longueur très important et un réseau de gaz aussi important, soit :

- 28 542 km en HTA.
- 31 115 km en BT.

❖ Missions et objectifs :

L'entreprise a pour missions principales [10] :

- L'exploitation et la maintenance du réseau de distribution de l'électricité et du gaz.
- Le développement des réseaux électricité et gaz permettant le raccordement des nouveaux clients.
- La commercialisation de l'électricité et du gaz, dans les meilleures conditions de Sécurité au moindre coût.

La Société de Distribution de l'électricité et du Gaz De Centre « SDC », met en œuvre un programme d'investissement dans un double objectif :

- Celui de développer ses réseaux et de répondre à la demande.
- Celui de la modernisation de son exploitation et de sa gestion.

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

❖ Différents organes constituant l'entreprise :

L'organigramme de la figure I.2, donne une vue générale sur les différents organes constituant l'entreprise :

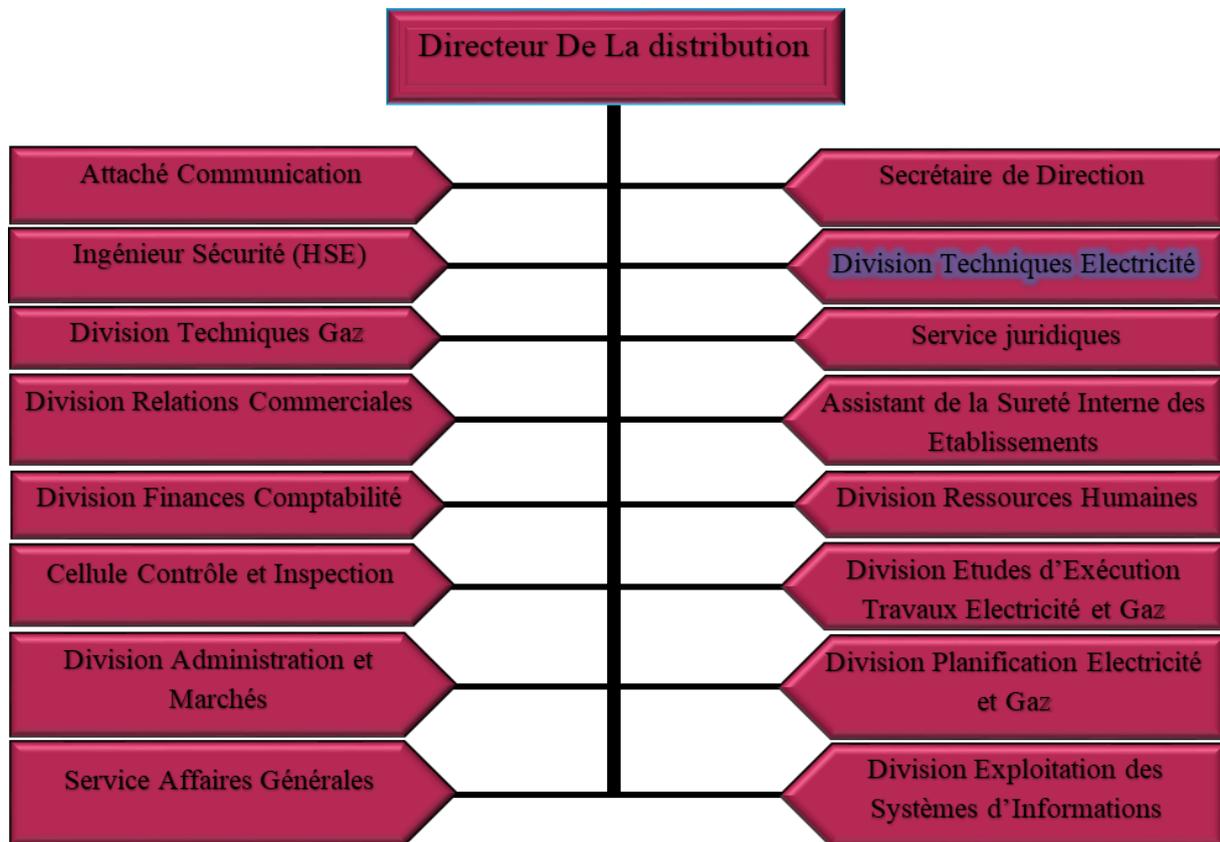


Figure I.2 : Organigramme de La direction de la société de distribution BLIDA.

La direction de la société de distribution de Blida contient plusieurs divisions lesquelles se complètent entre eux se compose de [10] :

- **Le directeur :** C'est le premier responsable pour gérer l'entreprise économique et Financial, et prend toutes les décisions administratives.
- **Secrétariat :** C'est l'intermédiaire entre le directeur et le personnel et aussi les clients. Il s'occupe de la réception des plaintes des clients et les transmettre au directeur.
- **Attaché juridique :** Son rôle axé sur la défense les intérêts de l'entreprise de manière le recours à la justice s'il y a des plaintes contre elle ou bien a déposé une plainte contre les clients par Ex : vol d'électricité et le gaz.

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

- **L'ingénieur de sécurité** : Effectue une étude de l'environnement de travail afin de bien équiper le personnel pour assurer sa sécurité.
- **Division ressource humain** : Cette section est d'une grande importance en raison de sa relation avec les autres divisions mais aussi avec la clientèle.
- **Division études et exécution des travaux** : Faire l'étude des demandes des clients et d'exécution (réalisation le raccordement l'électricité et le gaz).
- **Division relation commercial** : Cette section d'une grande importance en raison de sa relation avec les autres divisions et aussi il possède des tâches techniques et gestionnaires.
- **Division technique électrique** : Cette section étudie le réseau électrique afin d'améliorer la qualité des services et de la maintenance.

L'organigramme de la division technique électricité est illustré dans la figure I.3 :

➡ Division Techniques Electricité (Type urbain)

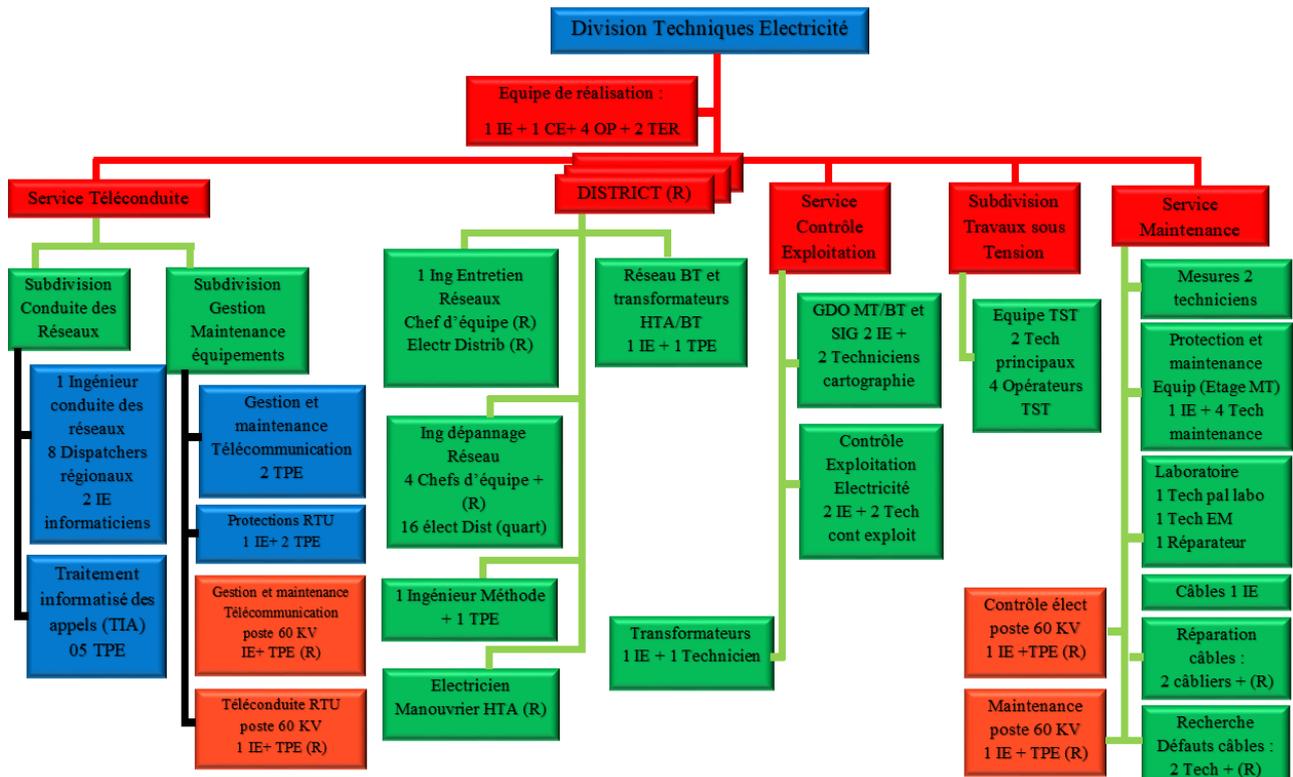


Figure I.3 : Organigramme de la division technique électricité.

I.4 Les réseaux électriques :

I.4.1 Définition :

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

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs [2].

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production, transport et consommation, mettant en œuvre des réglages afin d'assurer la stabilité de l'ensemble [5].

I.4.2 Les différents réseaux électriques :

Le réseau électrique est structuré en plusieurs niveaux, Il ne suffit pas de produire le courant électrique dans les centrales, il faut aussi l'amener en différentes tension et puissance jusqu'à l'utilisateur final.

I.4.2.1 Le réseau de transport et d'interconnexion THT :

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).
- Gérer la répartition de l'offre en orientant la production en fonction de la répartition géographique et temporelle de la demande (fonction d'interconnexion nationale).
- Gérer des flux d'énergie entre les pays en fonction d'échanges programmés ou à titre de secours (fonction interconnexion d'internationale) [6].

Parmi les caractéristiques de ce réseau :

- La tension est 150 kV, 225 kV et dernièrement 400 kV.
- Neutre directement mis à la terre.
- Des pylônes souvent métalliques, les hauteurs de 10 à 90 m, distants de quelques centaines de mètres [7], [9].

I.4.2.2 Réseau de répartition HT :

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

Ces réseaux sont constitués par des lignes aériennes en grande part, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de 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 nécessite un raccordement à cette tension (supérieure à 60 MVA).

- La tension est 63 kV ou 90 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 [9].

I.4.2.3 Réseau de distribution :

Les réseaux de distribution sont alimentés à partir des réseaux de répartition. Ils commencent à partir des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension (inférieures à 63 kV) jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA. Le poste de transformation HTA/BT constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique [8], [21].

Il existe deux sous niveaux de tension :

❖ Réseau de distribution moyenne tension MT (ou HTA) :

Les réseaux de distribution MT permettant l'acheminement de l'énergie électrique des réseaux de répartition aux points de moyenne consommation. Ces points de consommation sont :

- Soit du domaine public, avec accès aux postes de distribution publique HTA/BT.
- Soit du domaine privé, avec accès aux postes de livraison aux abonnés à moyenne consommation, tels que les hôpitaux, les bâtiments administratifs, les petites industries...etc [6], [8].

➤ Les spécificités de ce réseau :

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

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

- Limitation à 1000 A pour les réseaux souterrains.
- Réseaux souterrains en boucle ouverte.
- Supports ou poteaux en béton ou en bois, des hauteurs de 10 à 14 m et distants d'une centaine de mètres [7], [9].

❖ Réseau de distribution à basse tension BT :

C'est le réseau qui nous est en principe familier puisqu'il s'agit de la tension 220/380 V en Algérie. Nous le rencontrons dans nos maisons via la chaîne : compteur, disjoncteur, fusibles (micro disjoncteurs) [9].

La finalité de ce réseau est d'acheminer l'électricité du réseau de distribution MT aux points de faible consommation dans le domaine public avec l'accès aux abonnés BT [8]. Il représente le dernier niveau dans une structure électrique illustré en Figure I.4.

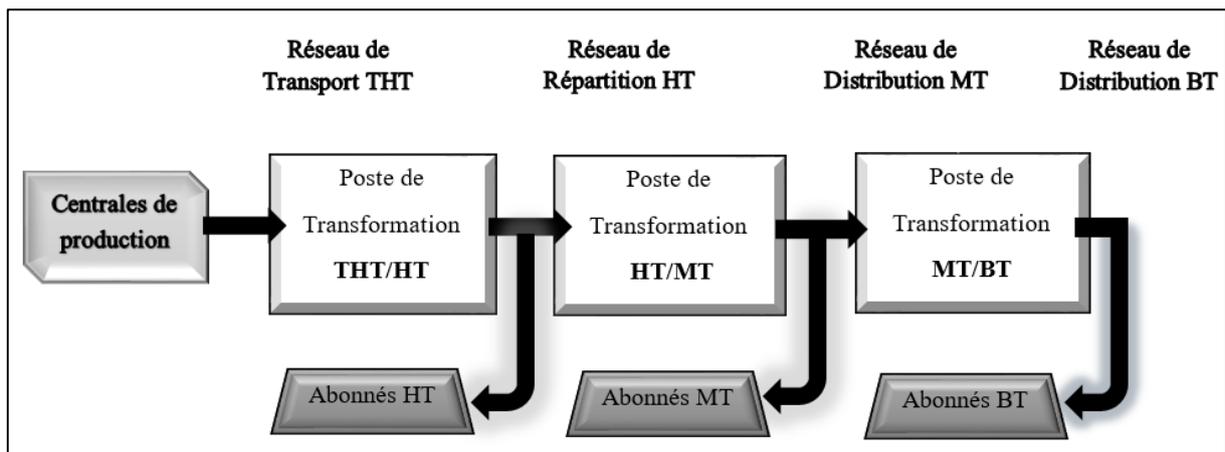


Figure I.4 : Schéma de description de réseaux électriques.

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

I.4.3 Tension normalisées :

Chaque réseau électrique est organisé à partir de quelques niveaux de tension normalisés.

À titre d'exemple, les tensions normalisées du réseau électrique en Algérie (Sonelgaz) sont indiquées dans le tableau I-1, accompagnées de photographies qui illustrent l'allure des lignes correspondantes :

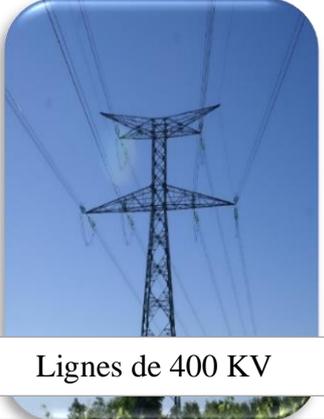
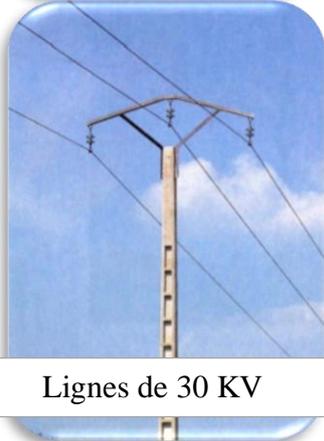
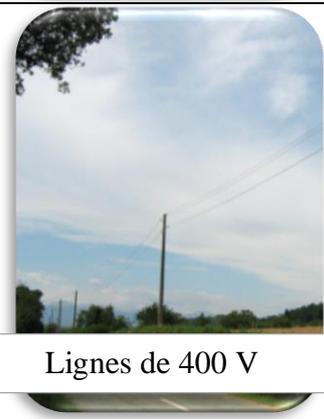
	Usage Tensions	Tensions Normalisé	Noms (standard Européen)	Aspect visuel des lignes
HTB	Grande Transport national et interconnexion	220/400 KV ↓ THT 60 kV ↓ HT	HTB (50 kV à 400 kV) HTB 3 ➡ 400 kV HTB 2 ➡ 225 kV HTB 1 ➡ 90 et 63 kV	 Lignes de 400 KV
HTA	Lignes interrégionales et répartitions régionale	10 KV (lignes souterrains) 30 kV (lignes aériennes) ↓ MT	HTA (1 kV à 50 kV)	 Lignes de 30 KV
BT	Répartition locale distribution et consommation	220 V ↳ Monophasé 380/400 V ↳ Triphasé	BT < 1 kV	 Lignes de 400 V

Tableau I.1: Tension normalisées du réseau national Algérienne, les lignes HTB, HTA, et BT

[5], [10].

I.4.4 Architecture des réseaux électriques :

L'énergie électrique produite est injectée sur le réseau de transport maillé à très haute tension pour être transportée sur de grandes distances avec un minimum de pertes.

Elle "descend" ensuite sur les réseaux de répartition, puis ceux de distribution d'où elle est distribuée aux gros consommateurs et aux réseaux de distribution à basse tension.

Les réseaux de transport d'énergie et d'interconnexion sont liés entre eux sous forme des boucles, réalisant ainsi une structure semblable aux mailles d'un filet (Figure I.5.A).

Les réseaux de répartition qu'ils alimentent ont fréquemment une structure bouclée (Figure I.5.C) et peuvent alors être exploités soit en boucle fermée (le réseau est dit bouclé), soit en boucle ouverte (le réseau est alors dit débouclé).

Ces réseaux de répartition à caractère régional fournissent l'énergie aux réseaux de distribution à moyenne tension assurant l'alimentation d'un grand nombre d'utilisateurs, soit directement, soit après transformation en basse tension. Leur configuration et leur mode d'exploitation sont variables. On peut trouver, selon les pays, des réseaux maillés exploités débouclés, des réseaux à structure radiale (figure I.5.B) ou des réseaux à structure arborescente (figure I.5.D) [13], [14].

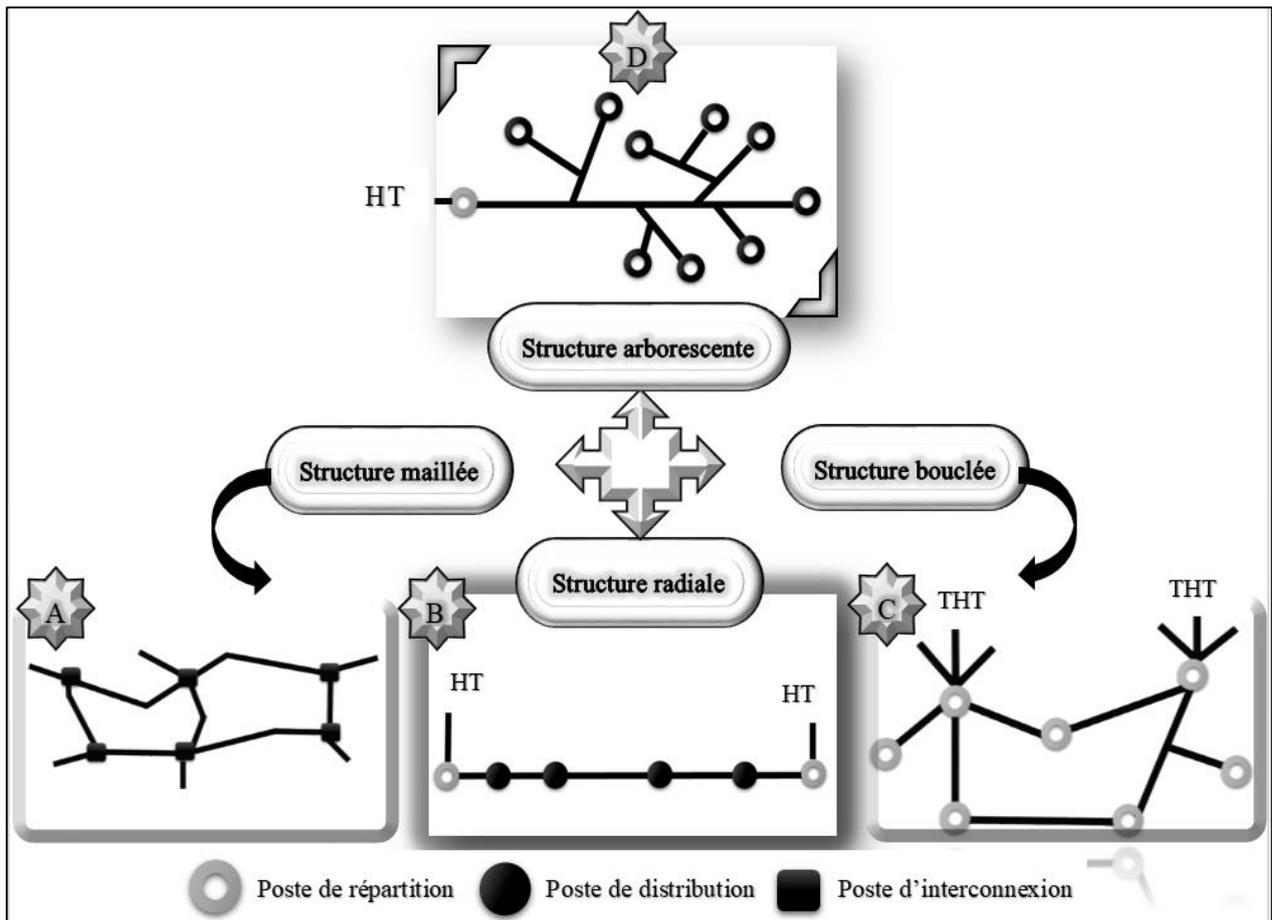


Figure I.5 : Topologie des réseaux électriques.

I.5 Les postes électriques :

Un poste électrique est 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) [11]. Ces postes sont les nœuds du réseau électrique. Ce sont les points de connexion des lignes électriques. Ils peuvent avoir deux finalités :

- L'interconnexion entre les lignes de même niveau de tension : cela permet de répartir l'énergie sur les différentes lignes issues du poste.
- La transformation de l'énergie : les transformateurs permettent de passer d'un niveau de tension à un autre [12].

I.5.1 Types des postes :

Il existe plusieurs types de postes électriques :

I.5.1.1 Le poste HTB/HTA (poste source) :

Cet ouvrage est présent dans toute structure électrique d'un pays ; il est situé entre le réseau de répartition HTB et le réseau de distribution HTA.

Sa fonction est d'assurer le passage de la HT ($\gg 100$ kV) à la MT ($\gg 10$ kV) [16].



Figure I.6 : Cellules d'un Poste HTB/HTA [6].

Son schéma (Fig.I.7) comporte deux arrivées HT, deux transformateurs HT/MT, et de 10 à 20 départs MT. Ces départs alimentent des lignes en aérien et/ ou des câbles en souterrain.

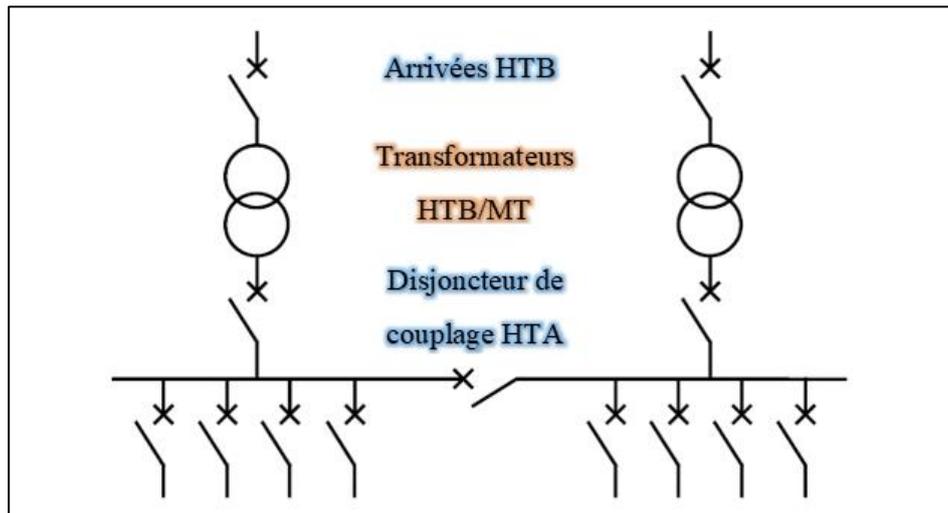


Figure I.7 : Schéma d'un poste de distribution HTB/HTA [16].

I.5.1.2 Le poste HTA/HTA :

Ce type de poste peut réaliser deux fonctions :

- Assurer la démultiplication des départs MT en aval des postes HTB/HTA. Dans ce cas, le poste ne comporte aucun transformateur.
- Assurer le passage entre deux niveaux HTA (MT).

De tels postes HTA/HTA intègrent des transformateurs, Ils sont nécessaires dans certains pays qui utilisent deux niveaux successifs de tension sur leur réseau HTA [6], [16].

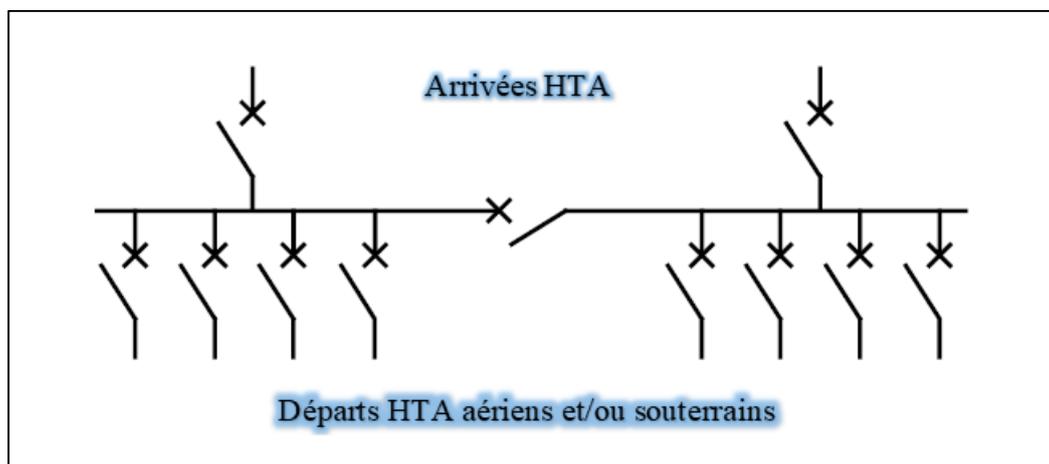


Figure I.8 : Schéma d'un poste de distribution HTA/HTA [16].

I.5.1.3 Le poste HTA/BT :

Les postes de distribution HTA/BT sont situés dans le voisinage des groupes d'abonnés BT, ils abaissent la tension à une valeur appropriée aux appareils domestiques et industriels, ces postes sont localisés entre le réseau de distribution HTA et le réseau de distribution BT, ils sont caractérisés par [10] :

- Les tensions d'entrées sont : 10 ou 30kV.
- Le réseau de Blida utilise les 2 niveaux de tension.
- Les tensions de sorties (utilisation) sont : 230/400V.
- Puissance : $S = 100, 150, 250, 400, 630 \text{ kVA}$.
- Mode d'alimentation :
 - Souterrain : coupure d'artère.
 - Aérien : dérivation.
- Une cellule de protection générale par disjoncteur HTA.
- Une cellule de comptage de l'énergie (tension et courant).
- Protection des transformateurs par fusible HTA.

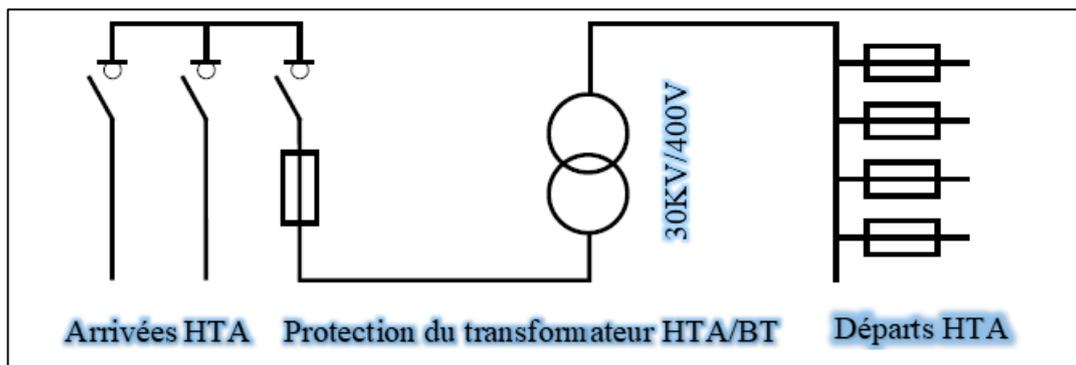


Figure I.9 : Schéma d'un poste de distribution HTA/BT [16].

Les postes HTA/BT peuvent être installés [13] :

❖ Soit à l'extérieur :

- Sous enveloppe maçonnée ou préfabriquée avec des équipements d'intérieur (appareillage et transformateur).
- Sur le sol avec matériel d'extérieur (appareillage et transformateur).
- Sur poteau avec équipement d'extérieur spécifique (appareillage et transformateur).

- ❖ **Soit à l'intérieur**, dans les locaux spécialisés ou des immeubles.

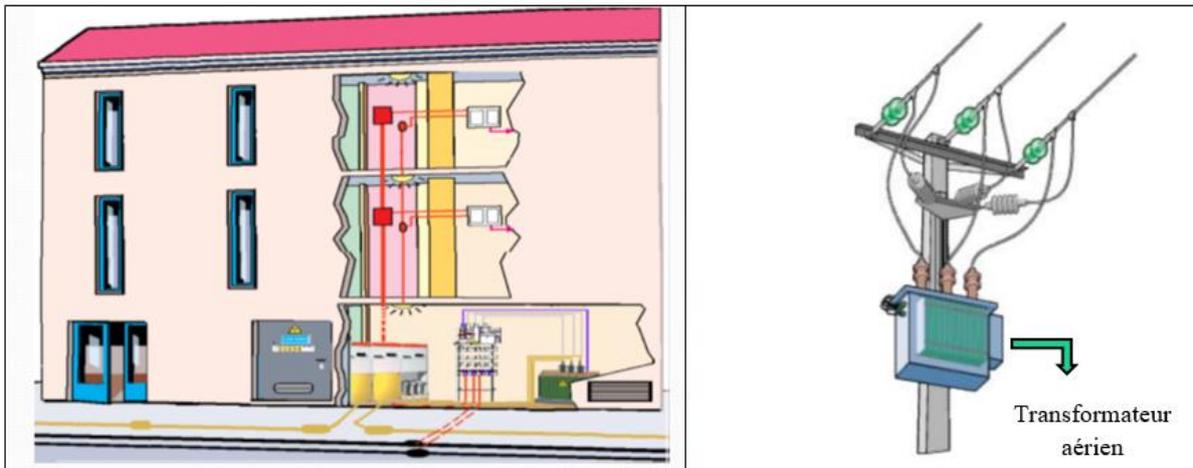


Figure I.10 : Structure d'installation d'un poste en immeubles / sur poteau [25], [26].

I.5.2 Les différents éléments d'un poste :

Les éléments d'un poste peuvent être classés en :

➤ **Éléments primaires (les équipements HT) :**

- Transformateur électrique.
- Autotransformateur électrique.
- Disjoncteur à haute tension.
- Sectionneur.
- Sectionneur de mise à la terre.
- Parafoudre.
- Transformateur de tension.
- Transformateur de courant.
- Combiné de mesure (courant + tension).
- Jeu de barres (JDB).
- Batterie de condensateur.

➤ **Éléments secondaires (les équipements MT) :**

- Relais de protection.
- Equipements de contrôle / surveillance.
- Système de téléconduite.
- Comptage d'énergie.
- Alimentations auxiliaires.
- Equipements de télécommunication.
- Câbles et fil de garde [11].

I.6 Fonctionnement du réseau électrique :

Les réseaux électriques ont pour fonction d'interconnecter les centres de production tels que les centrales hydrauliques, thermiques, nucléaire, éoliennes..., avec les centres de consommation (villes, usines...).

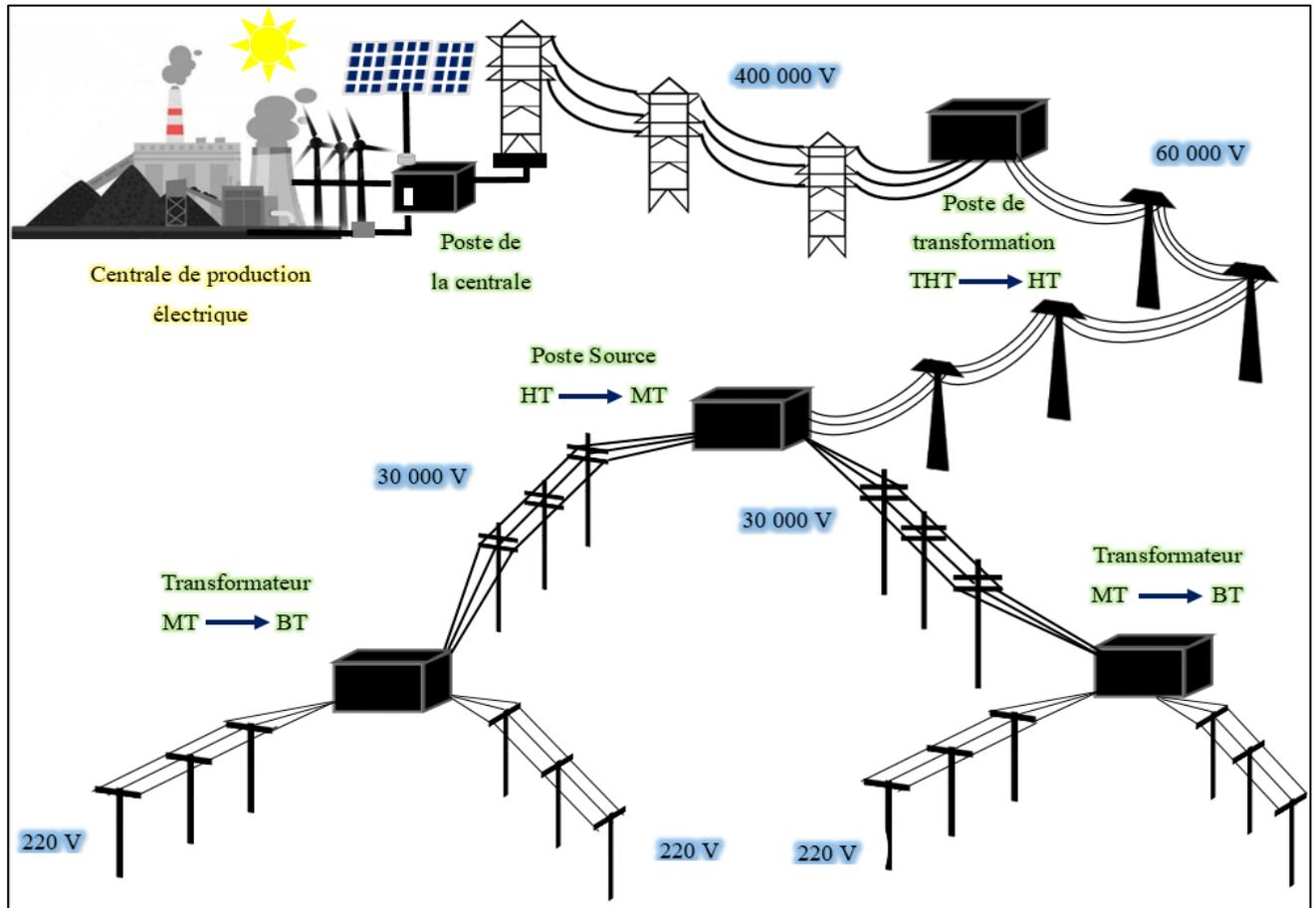


Figure I.11 : Le schéma illustré d'un réseau électrique montrant que l'électricité produite, transportée et distribuée à des niveaux de tensions différentes.

L'énergie électrique est transportée sur de longues distances dans des lignes électriques (conducteurs de phase, câble de garde, pylônes, isolateurs...) à très haute tension (THT ou HTB), elle est transformée en électricité à la haute tension (HT), elle est ensuite transformée à la tension (MT ou HTA) pour pouvoir être acheminée par le réseau de distribution. Cette transformation intervient dans les postes sources [3].

Une fois sur le réseau de distribution, l'électricité haute tension HTA alimente directement les clients industriels. Pour les autres clients (particuliers, commerçants, artisans...), elle est convertie en basse tension (BT) par des postes de transformation avant d'être livrée.

Au final, la qualité de l'alimentation en électricité des utilisateurs du réseau est donc le résultat de la qualité de tout ce parcours [4].

I.7 Conclusion :

Ce chapitre a été conçu pour familiariser l'environnement de travail en commençant par la présentation de l'entreprise d'accueil, en passant à la description du réseau électrique, leurs types qui sont constitué de différents niveaux de tension, et leurs architectures.

Nous avons ensuite présenté les différents postes électriques et expliqué leur rôle dans le raccordement, la distribution et la transformation de l'énergie électrique d'une haute tension en basse tension, pour enfin arriver au fonctionnement des réseaux électriques qui est géré et exploité par la télé conduite, et c'est l'objet de notre prochain chapitre.



Chapitre II :

La Téléconduite

des réseaux

électriques

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

II.1 Introduction :

En général, la téléconduite c'est conduire le réseau, exploiter et gérer à distance une installation à partir d'un poste central recevant les télémesures et envoyant les télécommandes. En effet, sans avoir à se déplacer, l'exploitant peut en permanence contrôler et intervenir sur le fonctionnement de son réseau.

Ainsi le réseau électrique soumis à un environnement quelque fois sévère, ce qui produit des défauts électrique. C'est pour cela que l'on utilise des systèmes de protection qui assurent le bon fonctionnement de ces réseaux.

La protection des réseaux électriques désigne l'ensemble des appareils assurant la stabilité de réseau et une alimentation électrique ininterrompue. Cette fonction est assurée par un ensemble d'équipements localisés dans les postes ou sur les lignes électriques tels que les (relais, disjoncteurs, sectionneurs, interrupteurs...). Pour cela la plupart des systèmes de fourniture d'énergie électrique doivent bénéficier de telles protections.



Figure II.1 : Vue de la salle de contrôle du dispatching (ou SCADA) [27].

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

II.2 Téléconduite en électricité :

II.2.1 Présentation :

La téléconduite est une technique qui permet de gérer, d'exploiter, d'agir et de contrôler à distance et en temps réel des ouvrages (réseaux électriques, poste électrique, ...), à partir de la station de contrôle (poste commande) ou est installé le système SCADA situé généralement loin des organes de manœuvres qui sont accessible via des postes asservis (RTU), et cela en toute sécurité pour le personnel, pour les équipements et les dispositifs.

Les échanges de données (transmissions d'informations) entre le poste de commande (généralement un PC) et le poste asservi sont gérés par un frontal de communication [20], [21], [29].

La téléconduite peut comprendre toute combinaison de moyens de commande, de signalisation, de mesure et de protection. Ces fonctions peuvent se répartir en deux groupes illustrés en Fig.II.2 qui sont liés au sens de transmission entre l'exploitant et le réseau :

- Télécommande : de l'exploitant vers les appareils.
- Télésurveillance : des appareils vers l'exploitant [16], [18].

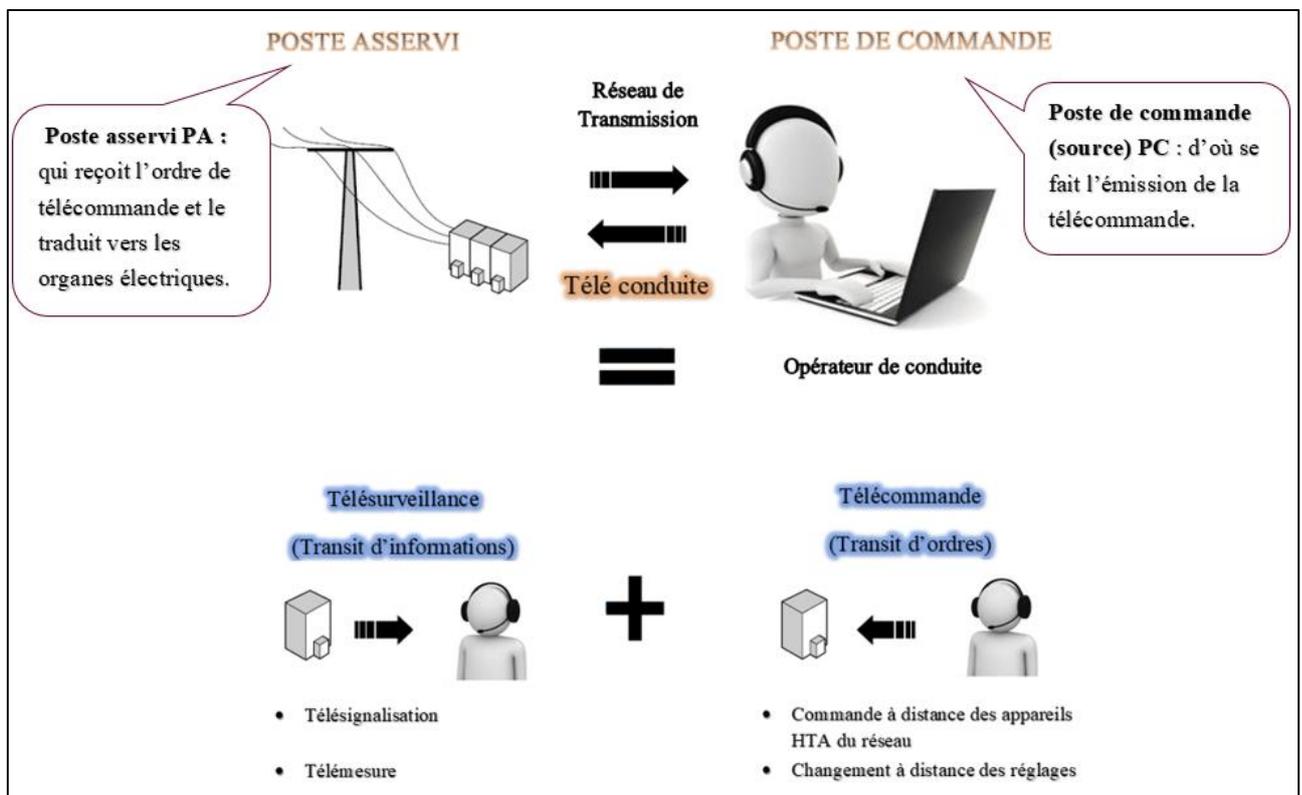


Figure II.2 : Principe du système de téléconduite.

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

II.2.2 Informations échangées dans un réseau électrique :

II.2.2.1 Informations émises du (PC) vers le (PA) ou La télécommande :

La commande à distance de l'ouverture et de la fermeture des appareils de puissance est l'exemple élémentaire de la télécommande. L'application pratique se manifeste pour les interrupteurs et disjoncteurs MT télécommandés. D'autres actions peuvent être télécommandées : réglages, protections, ...

Les ordres de télécommande doivent être exécutés avec le maximum de sûreté. Ce qui est obtenu par l'utilisation d'un réseau de communication performant permettant de disposer des informations nécessaires en temps réel. Ainsi un ordre de manœuvre d'un appareil MT est transmis via une télécommande double TCD, et confirmé par le retour d'une télésignalisation double TSD [18].

Le rôle de la commande est de faire exécuter un ensemble d'opérations au procédé en fixant des consignes de fonctionnement qui agissent directement sur les actionneurs du procédé pour assurer :

- Le fonctionnement en l'absence de défaillance.
- La reprise ou gestion des modes.
- Les traitements d'urgence.
- Une partie de la maintenance corrective [6].

II.2.2.2 Informations émises du (PA) vers le (PC) ou La télésurveillance :

Regroupe les signalisations de positions des différents appareils HTA, leurs déclenchements éventuels sur défauts, la mesure des consommations instantanées dans les différentes parties du réseau électrique et toute autre information permettant de connaître l'état à jour du réseau. Elle rassemble la télésignalisation et la télé mesure [18].

a) Télésignalisations :

Les télésignalisations sont des informations concernant l'état et / ou le changement d'état des organes ou des alarmes. Elles seront présentées à l'RTU (terminaux distants, en anglais Remote Terminal Units) sous forme d'une boucle libre de tout potentiel. Les différents types de télésignalisations à traiter sont :

- Télésignalisations simples.
- Télésignalisations doubles.
- Télésignalisations fugitives.
- Télésignalisations regroupées [24].

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

b) Télémessures :

La télémesure est une technique permettant d'obtenir à distance les valeurs de mesures effectuées dans des postes électriques, les différents types de télémessures à traiter sont :

- Télémessures de fréquence.
- Télémessures de tension.
- Télémessures de courant.
- Télémessures de puissance active / réactive [24].

II.2.3 Protection et contrôle-commande des réseaux électriques :

II.2.3.1 Le plan de protection (système de protection) :

La protection des réseaux électriques désigne l'ensemble des appareils de surveillance et de protection assurant la stabilité d'un réseau électrique. Cette protection est nécessaire pour éviter la destruction accidentelle d'équipements coûteux et pour assurer une alimentation électrique ininterrompue [12].

Le plan de protection définit les dispositifs de protection contre les principaux défauts (les courts-circuits, les surcharges...) et les situations anormales des réseaux afin de commander le déclenchement d'un ou de plusieurs disjoncteurs et si nécessaire d'élaborer d'autres ordres de signalisations pour être exploité par le superviseur au centre de conduite régionaux ou nationaux [15],[17].

On peut distinguer plusieurs types de protections pour les réseaux électriques :

- Protection des ouvrages du réseau de transport.
- Protection des ouvrages du réseau de distribution.
- Protection des lignes à haute tension.
- Protection des transformateurs de puissance [24].

II.2.3.2 Le Plan de Contrôle-Commande :

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,
- En situation de défaut,
- En maintenance (hors et sous tension) [29].

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

La conduite du réseau électrique à distance, est assurée par un système de conduite (SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition) qui englobe les fonctions suivantes :

- Commander les organes électriques (Disjoncteurs, Sectionneur, régleur en charge, IAT) – Télécommande.
- Connaître l'état de ces organes – Télésurveillance
- Mesurer certaines grandeurs (Tension, Intensité, Fréquence) – Télémessure.
- L'échange des informations – Télécommunication.
- Signaler des dysfonctionnements (alarmes) [6], [16].

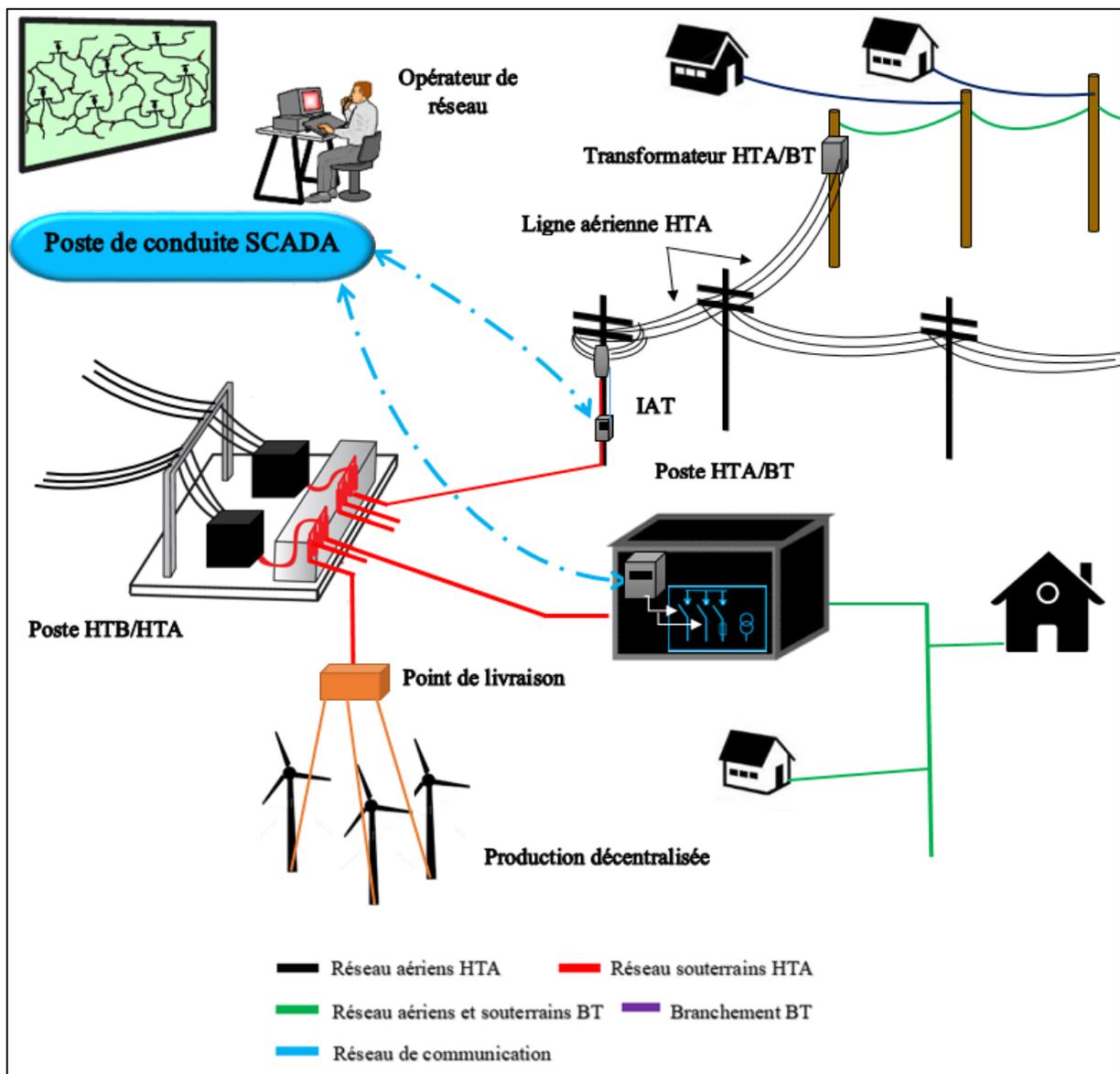


Figure II.3 : Exemple de conduite d'un réseau de distribution HTA.

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

Un réseau électrique peut lui-même être décomposé en zones. Chacune de ces zones est généralement protégée par une chaîne qui constituée des différents éléments regroupés en figure II.4 :

- Des dispositifs de détection (capteurs de mesure : transformateurs de mesure) fournissant les informations de mesure (courant, tension...) nécessaires à la détection des défauts.
- Des relais de protection, chargés de la surveillance permanente de l'état électrique du réseau, jusqu'à l'élaboration des ordres d'élimination des parties défectueuses, et leur commande par le circuit de déclenchement.
- Organes de coupure dans leur fonction d'élimination de défaut : disjoncteurs, interrupteurs-fusibles, contacteurs-fusibles [15], [17], [29].

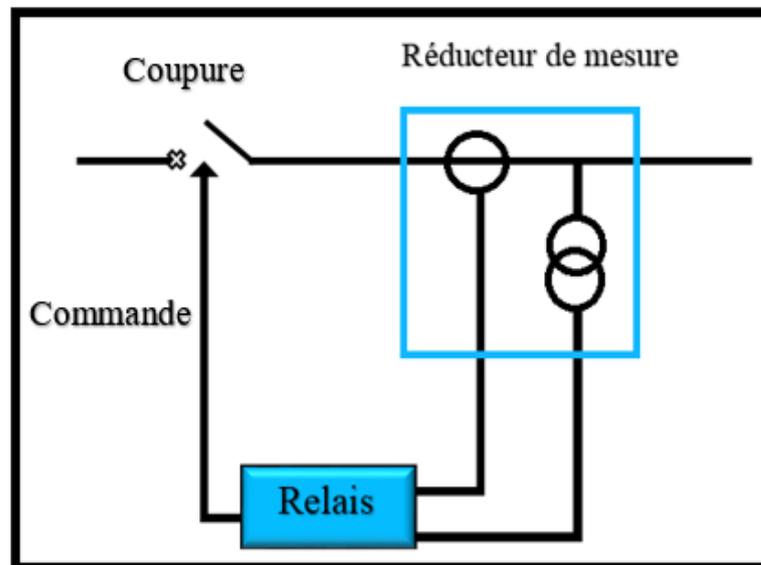


Figure II.4 : Eléments constituant les protections du réseau électrique.

II.2.3.3 Relais de protection :

Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent des informations (signaux) à caractère analogique (courant, tension, puissance, fréquence, température, ...etc.) et le transmettent à un ordre binaire (fermeture ou ouverture d'un circuit de commande) lorsque ces informations reçues atteignent les valeurs supérieures ou inférieures à certaines limites qui sont fixées à l'avance, donc le rôle des relais de protection est de détecter tout phénomène anormal pouvant se produire sur un réseau électrique tel que le court-circuit, variation de tension. ...etc.

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

Un relais de protection détecte l'existence de conditions anormales par la surveillance continue, détermine quel disjoncteur ouvrir et alimente les circuits de déclenchement. Ces dispositifs ont évolué de la technologie électromagnétique vers la technologie statique (électronique analogique) puis actuellement vers la technologie numérique [6], [17], [18].

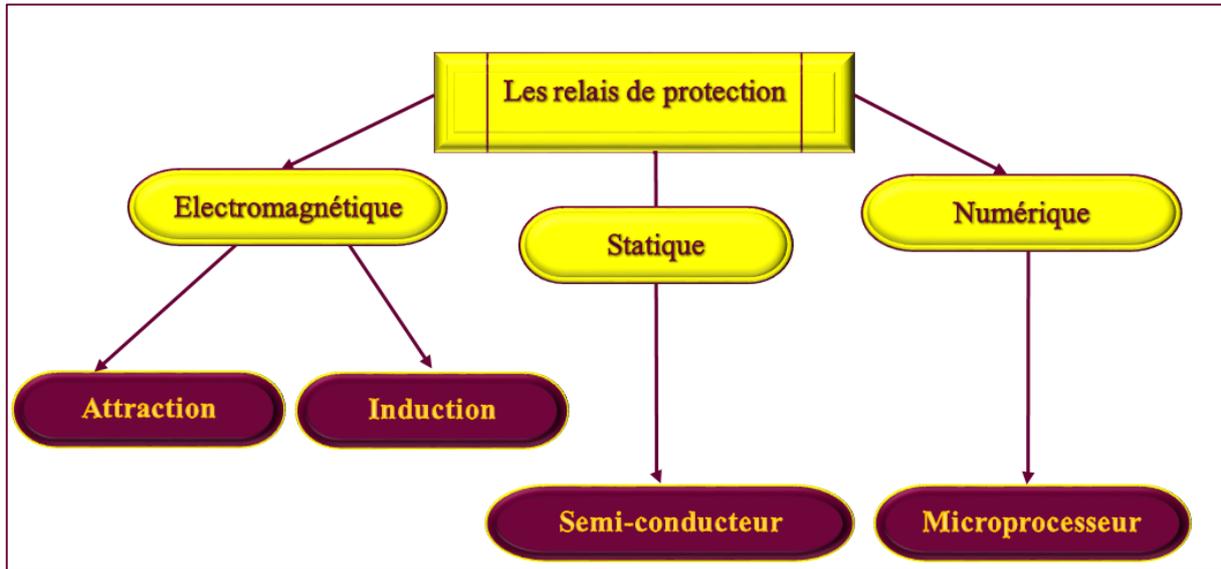


Figure II.5 : Type des relais.

II.2.3.4 Réducteurs de mesure :

Pour des raisons de dimensionnement et de coût, les relais de protection sont prévus pour des courants et des tensions de valeurs réduites. De plus, pour assurer la sécurité des opérateurs, il faut interposer une séparation galvanique entre le réseau surveillé qui se trouve à tension élevée et le circuit de mesure à tension réduite mis à la terre en un point. On utilise pour cela des transformateurs de tension (TT/TP) et des transformateurs de courant (TC). Afin d'assurer une bonne protection contre les défauts, la caractéristique essentielle d'un réducteur de mesure est sa précision [17].

A. Le transformateur de tension (TT ou TP) :

Les transformateurs de tension sont des transformateurs de haute précision, dont le rapport de transformation varie très peu avec la charge (Figure II.6). De plus, ils sont utilisés pour délivrer une très faible charge pour alimenter des appareils de mesure (voltmètres, wattmètres, etc.), ou de protection (relais). Ils servent à isoler ces appareils de la haute tension et à les alimenter par des tensions appropriées.

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

B. Le transformateur de courant (TC) :

Les transformateurs de courant sont utilisés pour fournir l'information aux « relais » de protection et/ou de mesure et les protéger [21].

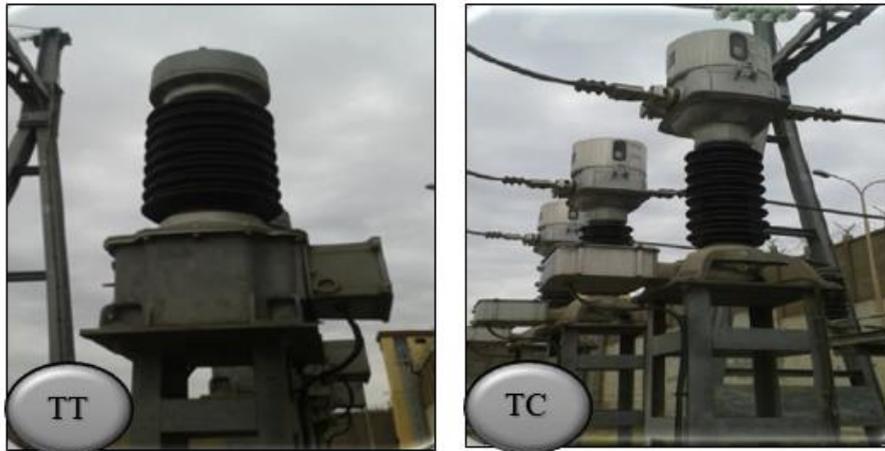


Figure II.6 : Transformateur de tension et du courant type bobiné [21].

II.2.3.5 Les organes de coupure électrique :

Parmi les appareillages d'interruption, on peut distinguer les sectionneurs, les disjoncteurs et les interrupteurs.

A. Les Sectionneurs :

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer, de façon mécanique, un circuit électrique et son alimentation, tout en assurant physiquement une distance de sectionnement satisfaisante électriquement. L'objectif peut être d'assurer la sécurité des personnes travaillant sur la partie isolée du réseau électrique ou bien d'éliminer une partie du réseau en dysfonctionnement pour pouvoir en utiliser les autres parties.



Figure II.7 : Sectionneur [50].

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

Le sectionneur, à la différence du disjoncteur ou de l'interrupteur, n'a pas de pouvoir de coupure, ni de fermeture. Il est impératif d'arrêter l'équipement en aval pour éviter une ouverture en charge. Dans le cas contraire de graves brûlures pourraient être provoquées, liées à un arc électrique provoqué par l'ouverture [6], [17].

B. Les Disjoncteurs :

Un disjoncteur est un dispositif électromécanique, voire électronique, de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique.

Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation, connecté et déconnecté une partie du réseau. Suivant sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique. Sa principale caractéristique par rapport au fusible est qu'il est réarmable (il est prévu pour ne subir aucune avarie lors de son fonctionnement) [17], [6].

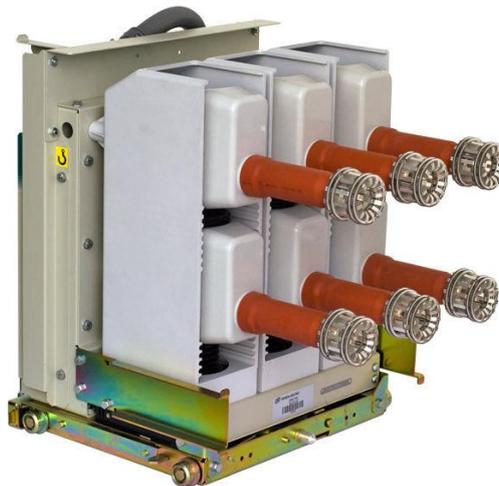


Figure II.8 : Disjoncteur [22].

C. Interrupteurs Aériens Télécommandé (IAT) :

❖ Présentation :

Un IAT est un interrupteur aérien HTA télécommande qui permet d'isoler à distance des zones défectueuses du réseau sans nuire à la continuité du service des autres zones saines.

Il est placé sur l'altère principal du départ et l'intérêt de le placer sur le réseau moyen est de pouvoir choisir le chemin que l'énergie prendra pour arriver en un lieu donné. Ainsi lorsque SONELGAZ souhaite intervenir sur une ligne, il lui suffit par la commande de plusieurs de ces interrupteurs, d'isoler une section de la ligne sans que l'utilisateur ne s'en aperçoive. L'intérêt de ceux qui sont télécommandés c'est qu'il ne nécessite pas l'intervention sur place de technicien [18].

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

❖ Constitution d'un IAT :

L'interrupteur aérien télécommandé est un ensemble constitué de :

- Un interrupteur à enveloppe métallique étanche (inoxydable), remplie de SF6 intégrant le transformateur d'alimentation HTA-BT (30kV/230V 200VA).
- Le mécanisme motorisé à manœuvre indépendante est fixé sous la face inférieure de l'interrupteur et protégé par un capot assurant une protection d'indice IP45 [19].
- Commande manuelle de secours par tringle télescopique.
- Des liaisons de raccordement moyenne et basse tension.
- Une protection par 6 parafoudres (faisant partie de la fourniture).
- Unité de contrôle (coffret contrôle commande) équipé des interfaces nécessaires de communication [18].

❖ Installation d'un IAT :

Une ligne aérienne du réseau de distribution HTA 30KV (Moyenne Tension) est équipée, en des endroits judicieusement répartis, d'Interrupteurs Aériens Télécommandés (I .A.T.) installés sur des pylônes :

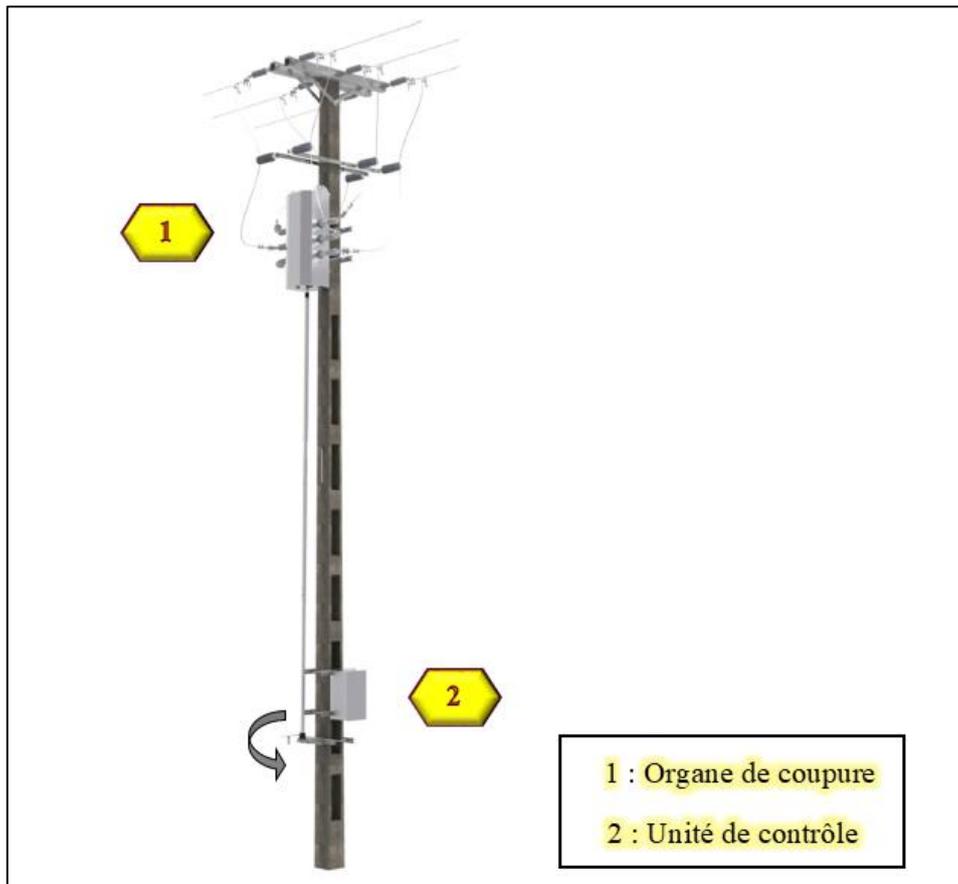


Figure II.9 : Installation d'un Interrupteur Aérien Télécommandé (IAT).

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

❖ Position de l'interrupteur HTA :

La position de l'organe de coupure est accessible via des interfaces IHM et PC. Elle est signalée par l'indicateur situé sous l'appareil.

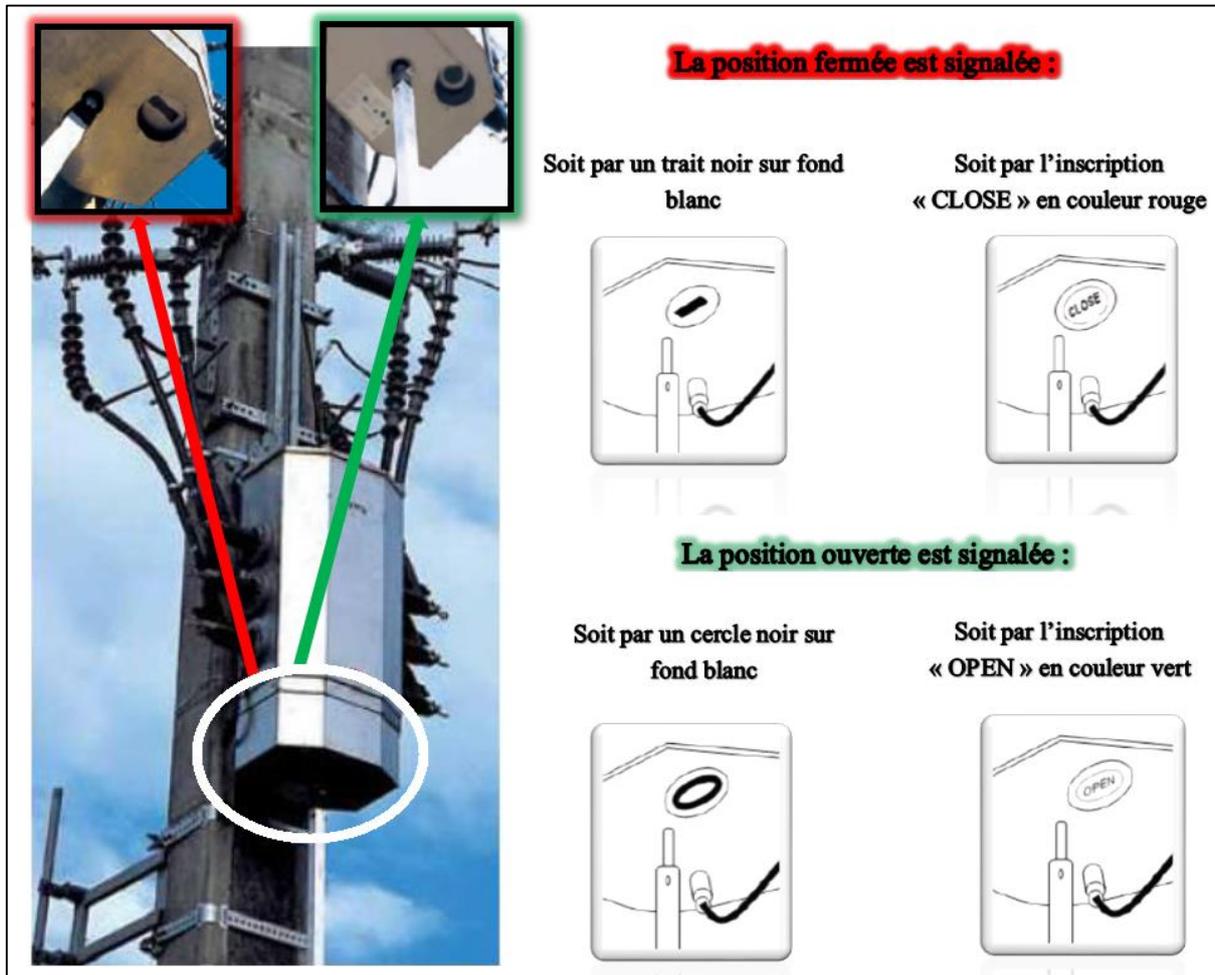


Figure II.10 : Position d'ouverture/fermeture l'interrupteur.

❖ L'unité de Contrôle :

L'unité de contrôle est destinée à être installée sur un poteau (en bas ou en milieu de poteau) pour le contrôle commande d'interrupteur Aérien. Cette unité devra être étudiée pour recevoir et se connecter aux équipements nécessaires à la télétransmission.

Compte tenu des conditions d'environnement extérieures difficiles (température, humidité, vibrations, environnement électrique, foudre, ...) et de la très grande sécurité de fonctionnement requise, cette unité de contrôle devra faire l'objet de tests de qualification et de fiabilité extrêmement sévères conformément aux normes internationales CEI [20].

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

Les principales fonctions de l'unité de contrôle sont :

- Détection des courants de défaut lors de la mise sous tension de la ligne.
- Détection des courants de défaut entre phases permanents.
- Automatisation d'ouverture de l'interrupteur.
- Communication avec le centre de conduite.

La commande électrique d'ouverture/fermeture des interrupteurs est déclenchée :

- Soit localement sur de boutons poussoirs situés sur le panneau avant du coffret contrôle commande.
- Soit à distance par une commande du système de téléconduite.

Dans ce cas, plusieurs types de transmission sont possibles (Radio, GSM/GPRS, lignes téléphoniques commutés ou bien spécialisées, fibres optiques,...).

❖ Description d'un ITI (coffret contrôle commande) :

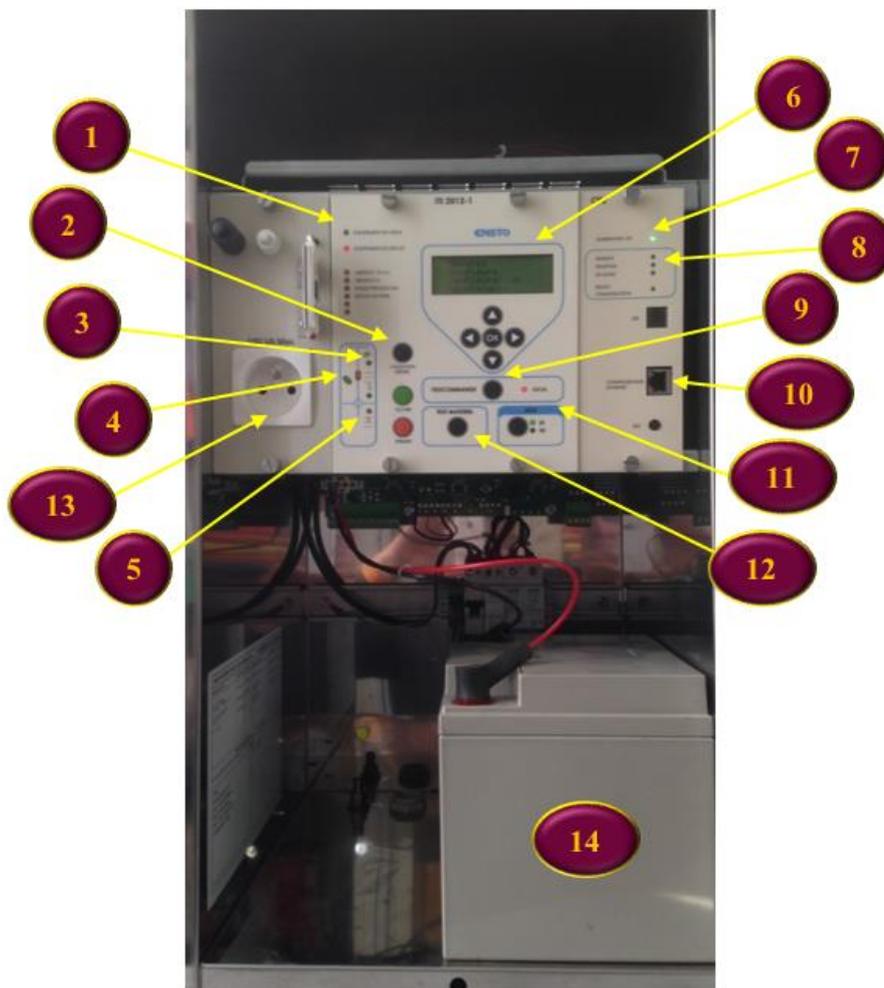


Figure II.11 : Eléments constitutifs d'un coffret ITI aérien.

Chapitre II : La Téléconduite des réseaux électriques

- 1- Etat équipement.
- 2- Manœuvres Ouverture/Fermeture.
- 3- Mode manuel.
- 4- Voyant état d'interrupteur.
- 5- Détection défaut.
- 6- Module afficheur/BP de navigation (visualisation des informations du produit).
- 7- Voyant alimentation 12V (allumé si le coffret est alimenté).
- 8- Voyants de communication (indique le trafic présent sur le support de communication).
- 9- BP télécommande (choix mode Local/Distant).
- 10-Port Ethernet (configuration du coffret).
- 11- BP ADA ES/HS.
- 12- Test IHM (LED's).
- 13-Prise 230V.
- 14-Batterie (source autonome).

II.3 Avantages de la téléconduite :

Les avantages de la téléconduite peuvent être plusieurs et nous pouvons citer :

- Réduction des temps d'interruption.
- Exploitation et utilisation optimisées du réseau.
- Gestion optimisée des équipes de terrain.
- Réduction des pertes.
- Optimisation de la maintenance.
- Maîtrise des coûts et investissements.
- Amélioration des conditions de commercialisation de l'énergie [23].

II.4 Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à la présentation de la téléconduite, par ces différentes structures, Il est aussi l'effet d'une étude d'un système de protection numérique.

La protection des réseaux électriques nécessite l'utilisation de nombreux éléments. Ces éléments sont très importants, très sensibles et doivent être bien choisis et bien réglés afin d'assurer une protection efficace contre les différents types d'anomalies qui peuvent survenir sur le réseau électrique.

La conduite s'effectue depuis des centres de conduite régionaux ou nationaux. Ceux-ci disposent d'un système de télé conduite appelé SCADA qui fera le sujet du prochain chapitre.



Chapitre III :

Le Système

SCADA

III.1 Introduction :

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

Aujourd'hui, les systèmes 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 [28].

Le système SCADA est un système de télégestion à grande échelle réparti au niveau des mesures et des commandes. Ils sont employés pour surveiller ou commander les produits ou pour transporter des processus, dans les systèmes municipaux d'approvisionnement en eau, pour commander la production d'énergie électrique, la transmission et la distribution, les canalisations de gaz et de pétrole et d'autres protocoles industriels.

III.2 Le système SCADA :

SCADA en Anglais, **S**upervisory **C**ontrol **A**nd **D**ata **A**cquisition est un système d'acquisition et de contrôle de données permettant la centralisation des données, sur des postes de « pilotage ». Le système SCADA collecte des données de divers appareils d'une quelconque installation, puis transmet ces données via des RTU's à un serveur (MTU) ou ordinateur central, que ce soit proche ou éloigné, qui alors contrôle et supervise l'installation, ce dernier est subordonné par d'autres postes d'opérateurs qui fournit une interface graphique représentant les installations et les informations relatives [6], [28].

III.3 Composants de système SCADA :

Le schéma synoptique du système SCADA est illustré dans la figure III.1, qui comprend différents blocs, à savoir une interface Homme-Machine (IHM), le serveur central (MTU), des unités terminales distantes (RTU), des automates programmables (PLC), une infrastructure de communication et des programmes SCADA [38].

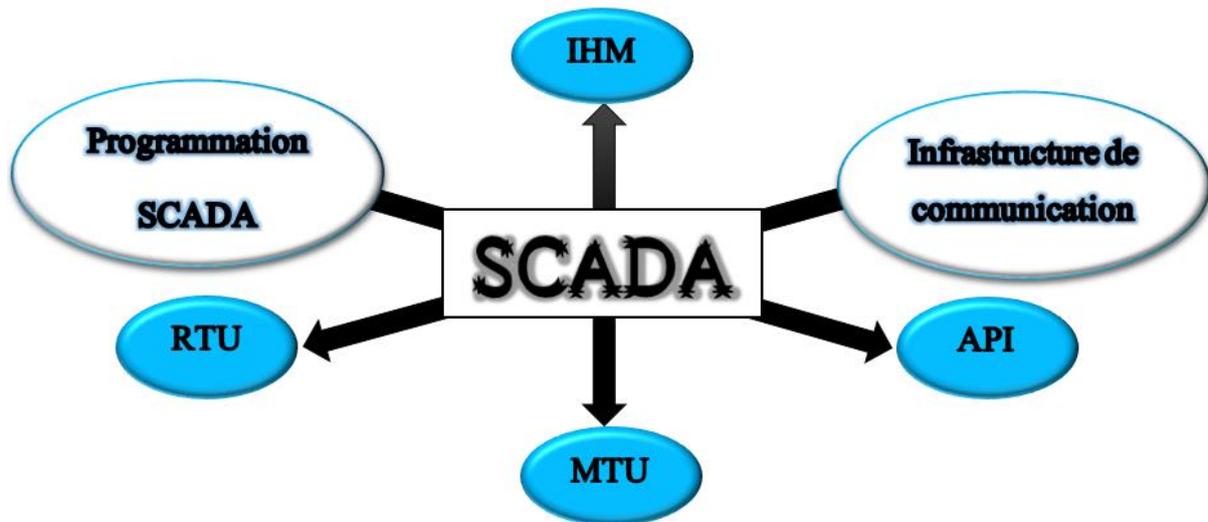


Figure III.1 : Schéma synoptique du SCADA.

Un système SCADA comprend à la fois les éléments matérielle et logicielle.

III.3.1 Les composants hardware (La partie physique) :

A. Interface Homme-Machine (IHM) :

L'interface homme-machine est une unité d'affichage vidéo qui affiche des diagrammes, des graphiques, des tendances analogiques, des conceptions tabulaires, etc. pour transmettre des informations à l'opérateur tels que les tensions, les courants, etc.[30]



Figure III.2 : Interface Homme-Machine [49].

B. Unités Terminaux distants RTU :

Une unité terminale distant (RTU) est une entité d'acquisition de données et de commande généralement à base de microprocesseur, elle sert à contrôler et superviser localement l'instrumentation d'un site éloigné et transférer les données requises vers la salle de contrôle principal ou parfois à d'autres RTU. Elle se compose de contrôleur, des cartes d'entrées et sorties (analogique, tout ou rien, impulsions) et des modules de communication [10], [28].

Les terminaux distants sont également connus sous le nom d'unités de téléconduite distantes, qui permettent des communications en différents Langages qui sont connus sous le nom de protocoles de communication [6].

La figure III.3 représente un schéma typique d'un RTU :

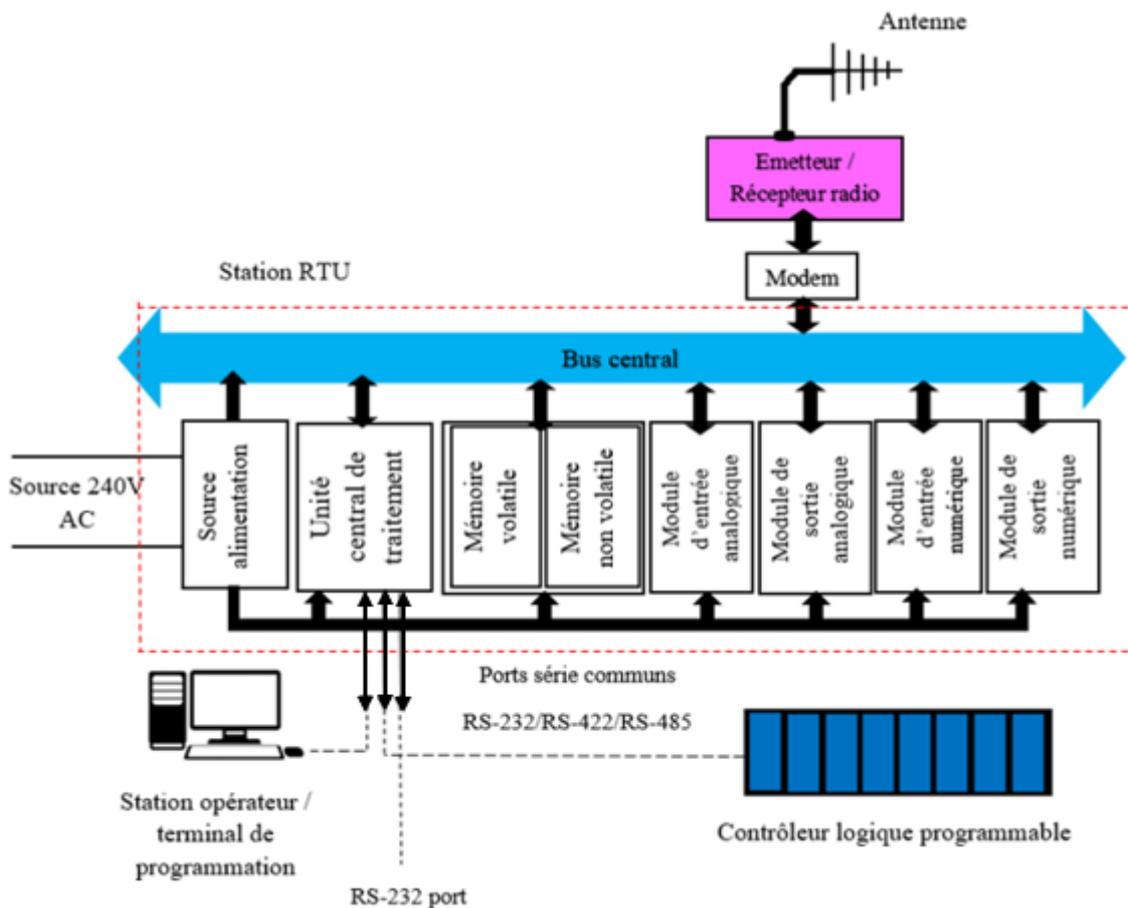


Figure III.3 : Schéma général d'un RTU.

C. Le serveur central MTU :

Le serveur central ou le MTU « Master Terminal Unit » est un appareil qui envoie les commandes aux RTU's, rassemble les données requises, stocke et traite les informations et les rendent accessibles aux opérateurs via l'HMI sous différentes formes, il est situé dans le centre de contrôle [28].

D. Automate Programmable Industriel (API) :

Un automate programmable industriel (API) est un dispositif électronique programmable (voir figure III.4) destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs (partie opérative ou **PO** côté actionneur) à partir de données d'entrées (partie commande ou **PC** côté capteur), de consignes et d'un programme informatique.

Les API sont utilisées à la place des RTU en raison de leurs avantages tels que la flexibilité, la configuration, la polyvalence et l'accessibilité économique par rapport aux RTU [31], [32].



Figure III.4 : Automate Programmable Industriel [39].

III.3.2 Les composants software (partie logiciel) :

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.

La programmation SCADA peut être effectuée à l'aide d'un langage de programmation dérivé ou d'un langage C [29].

III.4 Fonctionnalités d'un système de Supervision :

Un système SCADA comprend 2 sous-ensembles fonctionnels :

❖ **Commande :**

Le rôle de la commande est de faire exécuter un ensemble d'opérations (élémentaires ou non suivant le niveau d'abstraction auquel on se place) au procédé en fixant des consignes de fonctionnement en réponse à des ordres d'exécution.

Il s'agit de réaliser généralement une séquence d'opérations constituant une gamme de fabrication dans le but de fabriquer un produit en réponse à une demande d'un client. La commande regroupe toutes les fonctions qui agissent directement sur les actionneurs du procédé qui permettent d'assurer :

- Le fonctionnement en l'absence de défaillance.
- La reprise ou gestion des modes.
- Les traitements d'urgence.
- Une partie de la maintenance corrective.

Les fonctions de commande en marche normale sont :

- L'envoi de consignes vers le procédé dans le but de provoquer son évolution
- L'acquisition de mesures ou de compte-rendu permettant de vérifier que les consignes envoyées vers le procédé produisent exactement les effets escomptés.
- L'acquisition de mesures ou d'informations permettant de reconstituer l'état réel du procédé et/ou du produit.
- L'envoi vers le procédé d'ordres prioritaires permettant de déclencher des procédures de sécurité (arrêts d'urgence par exemple).

❖ **Surveillance :**

La partie surveillance d'un superviseur a pour objectifs :

- La détection d'un fonctionnement ne correspondant plus à ce qui est attendu.
- La recherche des causes et conséquences d'un fonctionnement non prévu ou non contrôlé.
- L'élaboration de solutions permettant de pallier le fonctionnement non prévu
- La modification des modèles utilisés pendant le fonctionnement prévu pour revenir à ce fonctionnement : changement de la commande, réinitialisations, etc.,
- La collaboration avec les opérateurs humains pour les prises de décision critiques, pour le recueil d'informations non accessibles directement et pour l'explication de la solution curative envisagée ou appliquée [20].

III.5 Réseaux de communications :

III.5.1 Définition :

Un réseau est un ensemble d'éléments reliés les uns aux autres et assure l'échange des informations entre eux. Il est généralement construit autour d'un serveur qui gère la communication. L'organisation du réseau peut être centralisée ou décentralisée, la nature des échanges est influencée par cette dernière [33].

III.5.2 Les types de réseaux de communication :

Il existe trois types de réseau de communication essentiels :

III.5.2.1 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 [29].

On distingue différents types de ce réseau classé selon leur vitesse de transfert des données, leur étendue ainsi que leur taille (nombre de machine connectée). En fonction de ce facteur, on distingue les types suivants :

- **Un réseau local (Local Area Network) :** est un réseau limité à un espace géographique réduit (bâtiment).
- **Un réseau métropolitain (Métropolitain Area Network) :** interconnecte plusieurs lieux situés dans une même ville, par exemple les différents sites d'une université ou d'une administration, chacun possédant son propre réseau local.
- **Un réseau étendu (Wide Area Network) :** permet de communiquer à l'échelle d'un pays, ou de la planète entière. Les infrastructures physiques pouvant être terrestres ou spatiales à l'aide de satellites de télécommunication.

Il existe deux autres types de réseaux : les TAN identiques aux LAN mais moins étendus (2 à 3 machines), et les CAN identiques au MAN (avec une bande passante maximale entre tous les LAN du réseau) [28], [48].

III.5.2.2 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 [24].

III.5.2.3 Un réseau de téléphonie mobile :

Est un téléphonie 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 [29].

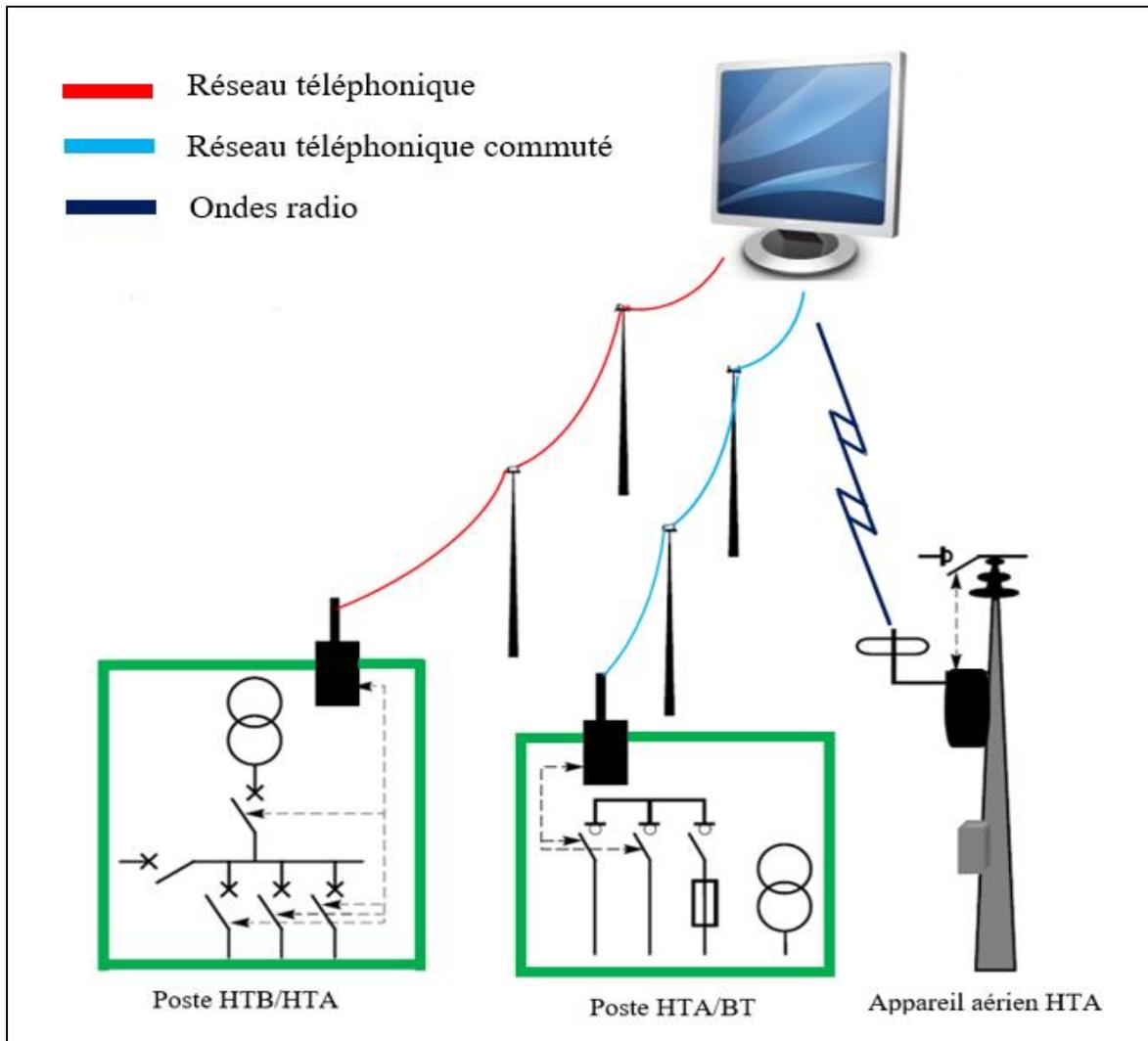


Figure III.5 : Exemple de téléconduite d'un réseau HTA, avec les différentes liaisons nécessaires aux échanges d'informations.

III.5.3 Architecture de communication :

Différentes architectures de communication pour un système SCADA sont disponibles, la plus simple est la communication point à point ou la communication est établie entre deux nœuds du réseau, la deuxième architecture est la communication multipoint qui consiste en un maître et plusieurs esclaves. Les différentes topologies de communication sont présentées ci-dessous [35] :

❖ Topologie point à point :

Deux stations seulement partagent le support de transmission.

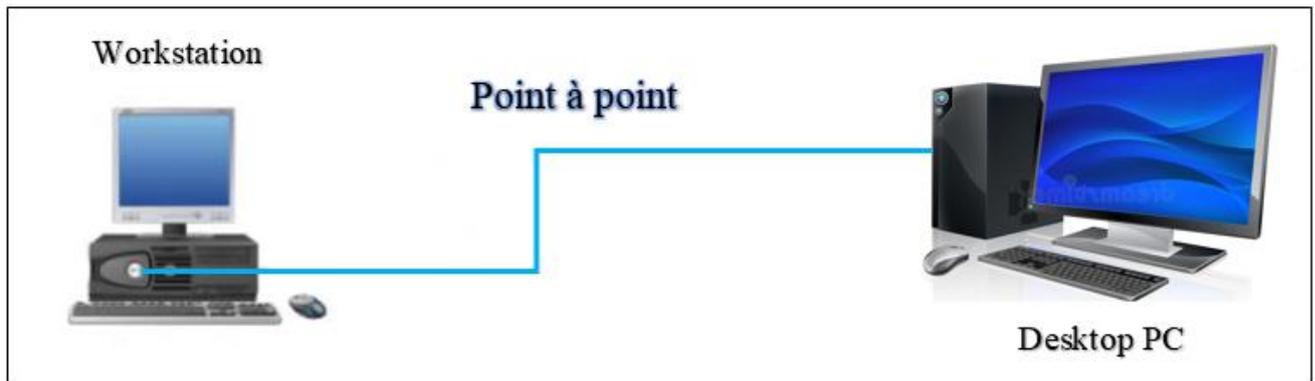


Figure III.6 : Topologie point à point.

❖ Topologie en étoile :

Plusieurs unités (ordinateurs) communiquent par leur propre ligne avec une unité dite centrale (HUB/SWITCH).

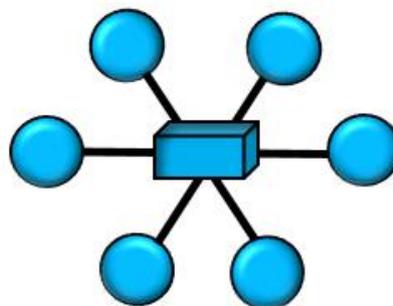


Figure III.7 : Topologie en étoile.

❖ Topologie en anneau :

Toutes les unités sont montées en série dans une boucle fermée \Rightarrow Les communications doivent traverser toutes les unités pour arriver au récepteur.

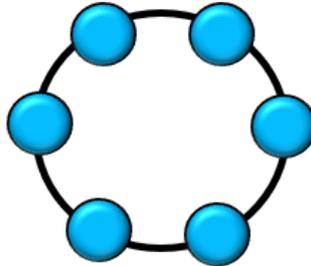


Figure III.8 : Topologie en anneau.

❖ Topologie maillé :

Les équipements sont reliés entre eux pour former une toile d'araignée. Pour atteindre un nœud plusieurs chemins sont possibles.

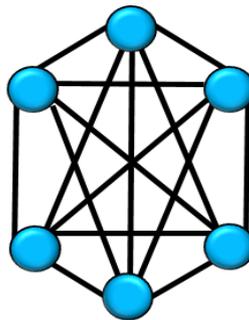


Figure III.9 : Topologie maillé.

❖ Topologie en bus :

Le réseau se compose d'une ligne principale (généralement câble coaxial) à laquelle toutes les unités sont connectées.

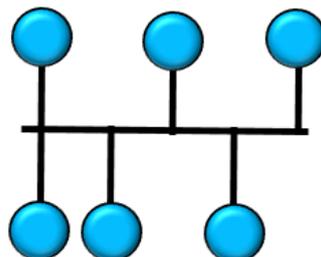


Figure III.10 : Topologie en bus.

III.5.4. Modes d'accès au medium :

La communication peut être classifiée selon deux approches :

III.5.4.1 Approche interrogation (Maitre-esclave) :

Cette approche peut être utilisée pour des systèmes de communication configurés en mode point à point ou multipoint, le maître contrôle totalement le système de communication puisqu'il gère périodiquement les demandes de transfert des données des différents esclaves, ces derniers ne peuvent pas prendre l'initiative mais répondent seulement à la demande du maître [28].

III.5.4.2 Approche pair à pair :

Cette approche est appliquée pour la communication entre RTU et un autre RTU, elle repose sur l'aptitude de chaque nœud du réseau de communiquer avec un autre nœud directement seulement qu'il doit avoir un contrôle d'accès et collision du réseau autrement dit il faut écouter tout d'abord avant d'entamer la communication [28].

En ce qui concerne le contrôle-commande des réseaux électriques, l'approche la plus souvent utilisée et la plus sûre est celle de type maître-esclave (sur chaque port de communication, le système fait une interrogation chaque 500ms et fait une attente de 1000ms pour avoir une réponse de la RTU).

[6], [29].

III.6 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 :

III.6.1 La fibre optique :

La fibre optique est considérée comme une solution concurrentielle aux autres supports de transmission, grâce à sa bande passante élevée. Elle est très utilisée dans les réseaux informatiques et téléphoniques vu son insensibilité aux perturbations électromagnétiques, ce qui entraîne des portées importantes, mais le coût d'installation est assez important par rapport aux autres médiums. Une fibre optique peut véhiculer 10 G bit/s sur des centaines de kilomètres [24], [35]. La fibre optique est composée des éléments illustrés en figure III.11.

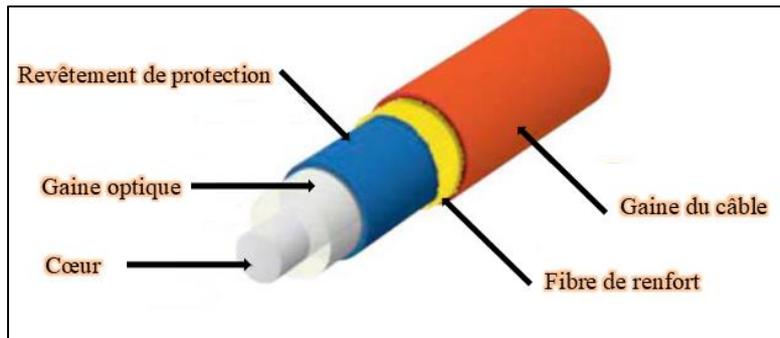


Figure III.11 : Composants d'un câble optique [35].

III.6.2 Le câble coaxial :

Le câble coaxial a été parmi les câblages les plus utilisés dans les réseaux (pour sa bande passante très élevée). Il s'agit, en effet, d'un câble peu coûteux, facile à utiliser et à mettre en place (câble léger et flexible).

Il est principalement utilisé dans les réseaux de type bus (télévision comme câble d'antenne, en électronique avec les oscilloscopes) [35], [36].

III.6.3 La paire de fils torsadée :

Dans sa forme la plus simple, une paire torsadée est une sorte de câblage dans lequel deux conducteurs de cuivre sont entrelacés en torsade (protégée chacun par une enveloppe isolante). Une paire de fils forme un circuit capable de transmettre les données. C'est le plus simple à mettre en œuvre et le moins cher, il est plus flexible par rapport aux autres supports filaires, mais sa distance maximale ne dépasse pas les 100 mètres.

Le câble à paires torsadées permet de diminuer le bruit, il est souvent utilisé pour les communications de téléphone et la plupart des réseaux Ethernet modernes. C'est le support physique le plus répandu [35], [36].

Il existe deux types de câble à paires torsadées :

- La paire torsadée non blindée, appelée UTP.
- La paire torsadée blindée, appelée STP.

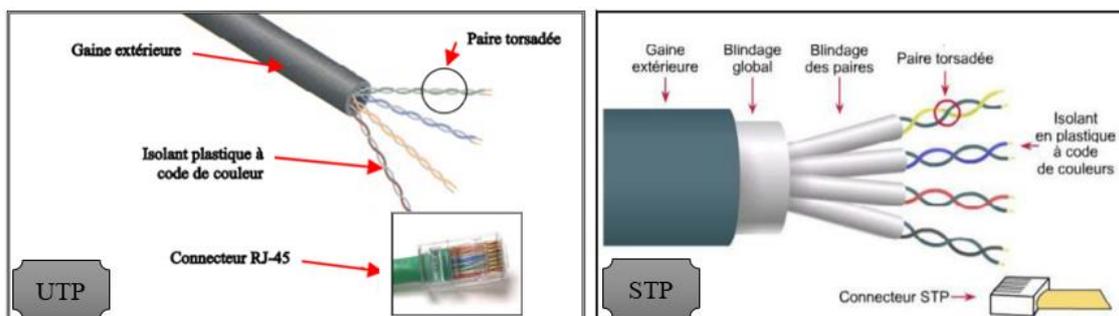


Figure III.12 : Paires torsadées UTP, STP et connecteur [34].

Le câble à paires torsadées utilise des connecteurs de type RJ-45 pour se connecter à un ordinateur (composé de 8 fils ou 4 paires), ou RJ-11 pour la téléphonie (composé de 4 fils ou 2 paires).

❖ **Quelques standards pairs torsadés :**

- RS-232.
- RS-485.
- RS-422.

Voici un tableau comparatif des trois standards :

	RS-232	RS-485	RS-422
Mode de communication (architecture)	Liaison point à point fonctionne en full duplex.	Multipoint fonctionne en half duplex sur 2 fils.	Multipoint fonctionne en full duplex sur 4 fils.
Distance maximale	15 mètres	1200 mètres	1200 mètres
Débit	< 20 kbits/sec	100 kbits/sec	100 kbits/sec
Nombre d'émetteurs et de récepteurs maximale	1 émetteur 1 récepteur	32 émetteurs 32 récepteurs	1 émetteur 10 récepteurs

Tableau III.1 : Tableau comparatif de RS-232, RS-485 et RS-422 [35], [37].

III.6.4 Radio :

Les liaisons radio ont l'avantage d'être indépendantes des lignes électriques et du réseau téléphonique public, La mise en place d'un système radio nécessite :

- Choix des sites des stations de base, de l'antenne et des niveaux d'émission.
- La bande de fréquence et la puissance d'émission sont délivrées par l'autorité des télécommunications.
- Sélection des canaux de fréquence pour réduire les interférences.
- La vitesse de transmission dépend de la modulation utilisée et de la bande passante [24].

III.6.5 GSM :

Le GSM peut être employé en remplacement de la radio à condition qu'il soit sécurisé [24].

III.7 Protocoles employés dans un environnement SCADA :

Pour que deux ou plusieurs entités puissent communiquer, ils doivent parler le même langage (protocole) et se conformer à certaines règles de déclenchement, de conduite, et d'arrêt de la communication. Ces entités peuvent être des éléments réels ou virtuels, matériels ou logiciels [29], [41].

Un grand nombre de protocoles de téléconduite existent par le monde. Beaucoup d'entre eux ont été développés par les industriels ou par des compagnies d'électricité et constituent des solutions propriétaires, peu évolutives, éventuellement liées à un type particulier d'équipement. Parmi les protocoles très compacts utilisés dans les systèmes SCADA :

III.7.1 Le protocole Modbus :

Le Modbus est un protocole de communication industriel introduit par Modicon en 1979. Principalement destiné à permettre une communication simple, fiable et rapide. La plupart des appareils et dispositifs embarqués sont capables de communiquer en Modbus. Grâce à la structure de données neutre par rapport au fournisseur, la communication entre les appareils de différents fabricants ne pose aucun problème [40], [42].

Pour la transmission de données, Il existe 3 variations du protocole Modbus :

III.7.1.1 Le Modbus RTU :

Fournit une communication série maître/esclave via RS-232 ou RS-485. Pour pouvoir adresser le Modbus RTU, les paramètres de communication série doivent d'abord être définis (débit en bauds, la parité et les bits d'arrêt).

III.7.1.2 Le Modbus ASCII :

Similaire au protocole RTU, seulement un format de données différent, utilisation plutôt rare. C'est un autre type de mode de transmission Modbus, qui utilise le même support physique de communication de mode RTU. Lorsque les automates sont configurés pour communiquer sur un réseau utilisant le mode Modbus ASCII, le message est transmis en deux caractères ASCII pour chaque octet. Le mode ASCII permet d'éviter de générer des erreurs par sa transmission ultra-rapide des données[43].

III.7.1.3 Le Modbus TCP/IP (Ethernet) :

La communication TCP/IP ETHERNET basée sur le modèle client/serveur. Les communications de type Modbus sont caractérisées par leur vitesse de transmission qui s'exprime en bits/s. Typiquement, cette vitesse de transmission est souvent comprise entre 9600 et 19 200 bits/s, mais on peut avoir des vitesses supérieures. Le protocole Modbus permet la communication entre plusieurs équipements connectés sur un même réseau (un Maître et plusieurs Esclaves, Voir figure III.13) [44], [45].

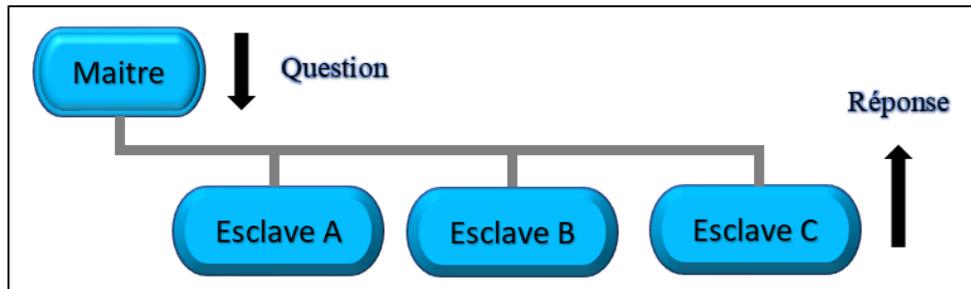


Figure III.13 : Communication Maître-esclave.

Le protocole Modbus fournit des services de communication entre l'unité terminale maîtresse (MTU) et les unités terminales distantes (RTU) et / ou entre les dispositifs de terrain et l'interface homme-machine (IHM) [46].

III.7.2 Le protocole IEC 60870-5-101 :

Le protocole CEI 870-5-101, utilisé essentiellement pour la téléconduite et proposé par le « Comité d'Electrotechnique internationale » comme une norme universelle pour les échanges avec les RTU's de différents constructeurs. L'IEC 60870-5-101 (IEC101) est une norme pour la surveillance, le contrôle et les communications associées des systèmes d'alimentation électrique pour la télé conduite, la téléprotection et les télécommunications associées pour les systèmes d'alimentation électrique.

Il utilise une interface de canal de contrôle à distance série asynchrone. Le standard est adapté à de multiples configurations, telles que point à point, étoile, et point à multipoint,.... Etc. [6], [48].

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).
- Symétrique (mode maître – maître).

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) [29].

III.7.3 Le protocole DNP3 :

DNP3 est l'acronyme de « Distributed Network Protocol » est un protocole ouvert et public, DNP3 est basé sur l'utilisation du modèle EPA « Enhanced Performance Architecture».

Le protocole de réseau distribué (DNP3) est l'un des protocoles ouverts importants utilisés dans les communications SCADA entre la station terminale principale et les stations terminales distantes ou les stations externes. Généralement, la station terminale principale initialise la commande ou envoie des données à la station terminale distante et à la réponse de la station terminale distante en fonction de la demande de la station terminale principale.

Le protocole DNP est utilisé pour les communications série ou Internet Protocol (IP) entre la station terminale principale et les stations terminales distantes. En utilisant le protocole TCP / IP, DNP3 fournit la communication sur Internet entre les périphériques connectés dans les réseaux étendus (WAN) et le protocole DNP3 est situé au-dessus de la suite de protocoles TCP / IP dans la hiérarchie de communication pour une communication équitable sur Internet [6], [48].

III.7.4 Le protocole PROFIBUS :

Profibus est un réseau de terrain ouvert, non propriétaire, répondant aux besoins d'un large éventail d'applications dans les domaines du manufacturier et du procès.

Ce protocole assure la communication entre les dispositifs de champs (les appareils de terrain) ou entre terminal maîtres unités (MTU) et terminal distant unités (RTU).

Profibus exige quelques spécifications d'utilisation telles que le type de connecteur D, les méthodes d'accès au médium (TOKEN BUS : pour les communications Maître-Maitre), distance de 24 km au maximum, débit d'accélération de transmission des données jusqu'à 12 Mb/s et taille de message jusqu'à 244 octets par nœud [47], [48].

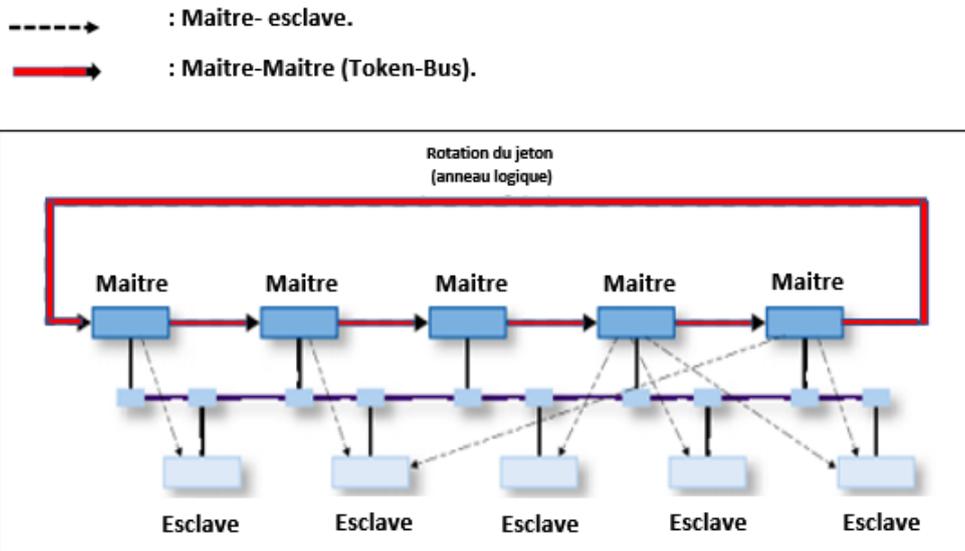


Figure III.14 : les procédures d'accès au médium sous PROFIBUS.

L'interconnexion s'effectue au moyen de câbles bifilaires ou de câbles FO.

La famille Profibus se compose de trois versions compatibles offrant de très grandes intégrités et une capacité adaptée au besoin.

- PROFIBUS DP - Distributed Peripheral.
- PROFIBUS FMS - Fieldbus Message Spécification.
- PROFIBUS PA - Process Automation [47].

III.8 Avantages du SCADA :

Parmi les avantages du SCADA en retrouve :

- ✓ Aide l'opérateur à prendre la bonne décision, et ne pas se tromper dans son intervention.
- ✓ Diminue les tâches du personnel en les regroupant dans une salle de commande.
- ✓ Information en temps réel correspondent à l'état des dispositifs, mesures, etc.....
- ✓ Voir l'état du fonctionnement de procédé dans des écrans même s'il se situe dans une zone lointaine.
- ✓ Fournir des données pour atteinte des objectifs de productions.
- ✓ Stockage et affichage des données sous différents formats.
- ✓ L'analyse historique sur les données stockées.
- ✓ Amélioration de l'efficacité des réglages ce qui permet de prolonger la durée de vie des installations et de réduire les réparations coûteuses.

III.9 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié le système SCADA en détaillant ses éléments en passant par les réseaux de communication les plus utilisés dans un tel système en terminant avec ses protocoles ainsi que les avantages du système.

Le système SCADA est un outil qui permet de réaliser une supervision à distance, c'est-à-dire que l'installation à superviser pourrait se trouver à des milliers de kilomètres du poste de pilotage, ce type de supervision est très utile pour les industries à hauts risques, telles que les industries chimiques et nucléaires car il évite des pertes humaines si jamais un accident survient et aussi réduit énormément le nombre de visite au site. Le système SCADA est également adopté par Sonelgaz.



Chapitre IV :

Tests et

résultats

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons expliquer en détail les différentes tâches à réaliser afin d'atteindre l'objectif de notre stage, qui consiste à proposer la mise en place d'un système de supervision apte à développer une interface graphique qui permettra une conception visuelle de l'application pour faciliter l'interaction entre l'opérateur et l'équipement (interrupteur aérien télécommandé) et qui offrira à l'administrateur la possibilité de réagir le plus rapidement possible aux défauts qui peuvent survenir afin d'éviter un arrêt de longue durée.

Pour la réalisation de la solution proposée, l'usage de certains outils est nécessaire pour avoir un résultat d'une application riche et fiable, comme c'est important de choisir une méthode de travail. Les outils utilisés sont présentés dans ce qui suit.

IV.2 Etude du choix d'un outil de supervision :

Les logiciels de supervision sont des solutions applicatives répondant au concept de supervision.

De nombreuses plateformes de supervision existent aujourd'hui, qui permettent de gérer en temps réels l'état du réseau électrique et préserver une vue globale sur le fonctionnement et les performances des systèmes.

IV.2.1 Les outils libres :

Les logiciels libres sont des logiciels dont leur licence permet de sauvegarder la liberté de l'utilisateur. Parmi les plus répandues, reconnues du moment nous pouvons citer :

IV.2.1.1 TIA Portal :

La plateforme de développement « Totally Integrated Automation Portal » est le nouvel environnement de travail Siemens qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisations avec un système d'ingénierie intégré, comprenant les logiciels SIMATIC Step 7 pour la programmation d'automates avec les différents langages (LAD, FBD, SCL, SFC, etc) et WinCC Flexible pour le développement des interfaces homme-machine. Cette plateforme est très architecturée proposant les sections HMI pour les interfaces. Grâce à PLCSim, on peut simuler de manière intuitive notre projet avant de le déployer sur un contrôleur [52].

IV.2.1.2 Delphi :

Créé en 1995 par l'éditeur de logiciels Borland Software Corporation, le Delphi est d'abord un langage de programmation de haut niveau orienté objet, mais aussi un environnement de développement intégré (EDI) fonctionnant sur Windows. Une version spéciale pour Linux a vu le jour en 2001, toujours créée par Borland. C'est une interface qui aide les programmeurs dans leur développement de logiciels exécutables. Généralement, un EDI comporte un éditeur de texte, un compilateur, un débogueur, un éditeur de liens...

Cet environnement est particulièrement adapté pour :

- La programmation d'applications graphiques pour le mobile.
- La gestion d'une base de données.
- Le développement de logiciels d'entreprise [53].

IV.2.1.3 Microsoft Visual Studio :

Microsoft Visual Studio est une suite de logiciels de développement pour Windows et mac OS conçue par Microsoft. La dernière version s'appelle Visual Studio 2019.

Visual Studio est un environnement de programmation extensible permet aux développeurs de créer des applications performantes pour Windows, Android et iOS. Gratuit dans sa version Community.

Visual Studio 2015 offre aux développeurs indépendants et aux projets open source de puissants outils de codage grâce à un éditeur compatible avec de nombreux langages (C#/VB, C++, JavaScript et Python). La fonction IntelliSense complète automatiquement la description des API et recourt à la saisie semi-automatique pour plus de rapidité. Par ailleurs, l'éditeur de Visual Studio 2015 introduit un aperçu de définition, une barre de navigation et un champ de recherche rapide qui vous aident à naviguer dans votre code, sans jamais perdre le contexte ou la balise de départ [54].

IV.2.1.4 LabVIEW :

LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) est un langage de programmation dédié au contrôle d'instruments, l'analyse de données et l'automatisation. Contrairement à la nature séquentielle des langages textuels, LabView est basé sur un environnement de programmation graphique utilisant la notion de flot de données pour ordonnancer les opérations.

Le temps nécessaire à l'assemblage d'un système de mesure ou de contrôle/commande est en général négligeable par rapport à celui nécessaire à sa programmation en langage classique (C,

Pascal,...). Les interfaces utilisateur développées avec ces langages, sont le plus souvent en langage texte dont il faut apprendre la syntaxe. Les utilisateurs peuvent avec LabVIEW avoir à la fois un outil intègre d'acquisition, d'analyse et de présentation des données. Le principal avantage est un gain de temps car ce langage graphique de programmation est beaucoup plus naturel à mettre en œuvre. Il repose cependant sur les principes généraux de tout système programme.

LabVIEW dispose d'un nombre important de fonctions graphiques préexistantes qui permettent facilement d'acquérir les données, les stocker, de les traiter et d'afficher les résultats [20].

IV.2.2 Avantage de ces outils :

L'avantage de ces logiciels libres est la gratuité, la disponibilité du code source et la liberté d'améliorer, de modifier le code selon les besoins et de le diffuser de manière indépendante. De plus, il existe une communauté importante d'utilisateurs et de développeurs qui participent à l'amélioration des logiciels et apportent une assistance par la mise en ligne des documentations et les participations aux forums [51].

IV.2.3 Choix du langage de programmation :

Parmi les solutions les plus connues, recommandées et surtout Libres, les deux logiciels Microsoft Visual Studio et Delphi sont les plus répandus et les plus utilisés [55].

Par rapport à notre projet, ce sont les deux solutions les plus adaptées permettant de satisfaire pratiquement tous les besoins de la société, par les différentes fonctionnalités qu'elles offrent.

Une des particularités captivantes de Delphi est sa modularité, on a donc estimé que Delphi a été plus adapté aux besoins de notre projet que Microsoft Visual Studio, car il possède une architecture facilement adaptable à l'environnement, de plus il possède une bibliothèque graphique en standard et qu'il existe des outils facilitant le développement d'interfaces, et pour cela notre choix s'est porté sur DELPHI.

IV.3 L'environnement de développement Delphi :

Delphi est un environnement de programmation de type RAD qui permet de réaliser rapidement et simplement des applications fenêtrées directement exécutables (.Exe) et redistribuables librement sous Windows, Linux, MacOS, iOS et Android. Cette rapidité et cette facilité de développement sont dues à une conception visuelle de l'application.

Delphi utilise le langage Pascal Orienté Objet (il est toutefois possible d'utiliser d'anciennes sources en Pascal standard grâce au compilateur en ligne de commande) [56].

Au lancement de Delphi, on est confronté à une fenêtre du type illustré ci-dessous. On y distingue :

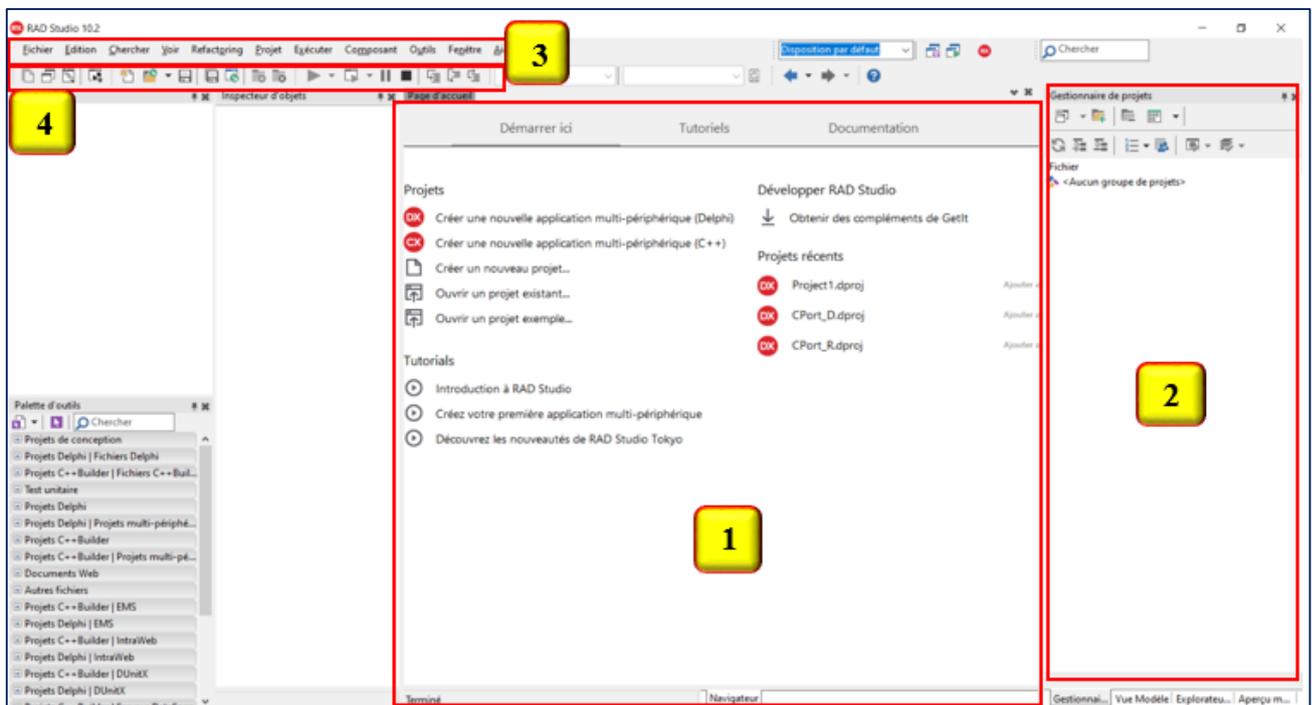


Figure IV.1 : Fenêtre de démarrage du logiciel Delphi.

1. Fenêtre d'accueil : est un menu pour créer différents types d'applications et de projets (contient les projets récemment ouverts).
2. Gestionnaire de projet : contient des informations sur le projet ouvert.
3. Barre de menus.
4. Barre d'outils.

L'environnement de développement s'appuie sur un éditeur d'interface associé à un éditeur de code source, un inspecteur d'objets, une arborescence d'objets et une palette d'outils, comme il est illustré par la figure suivante :

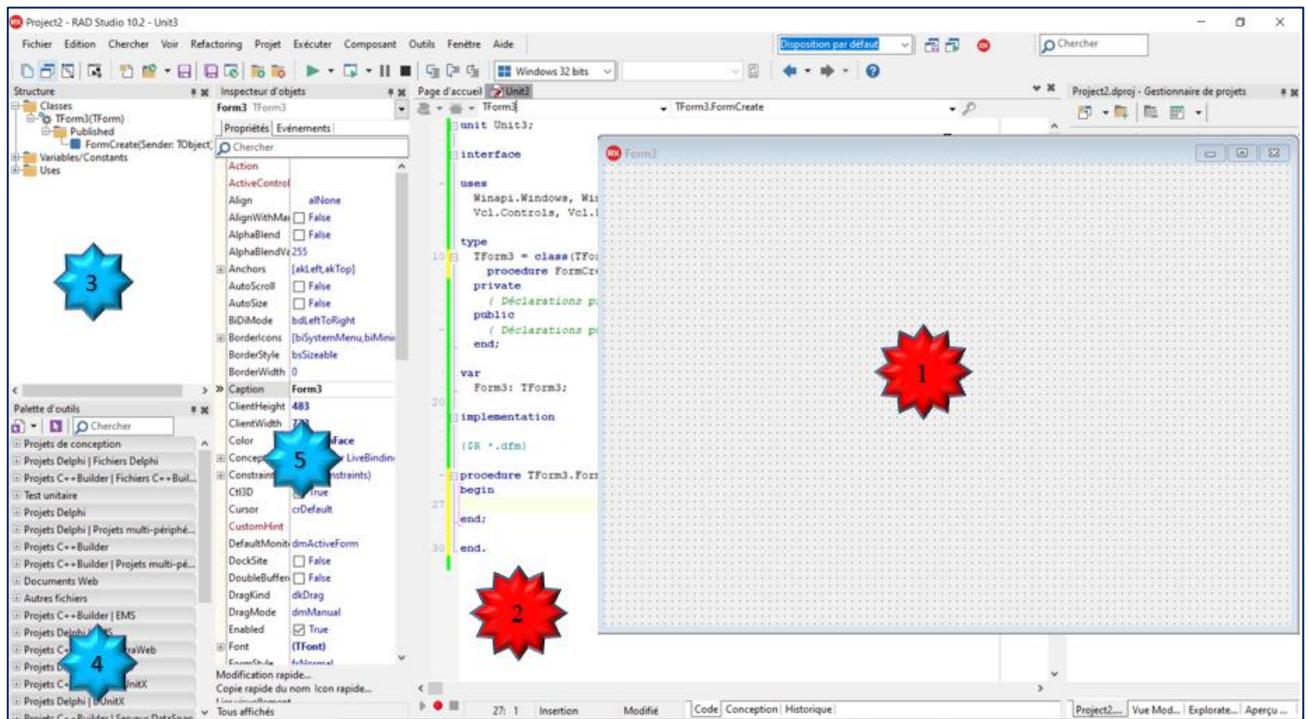


Figure IV.2 : Principales parties de l'interface.

1. Le concepteur de fiche : contient une fiche vierge pour démarrer la conception de l'interface utilisateur de l'application.
2. L'éditeur de code : permet d'afficher et de modifier le code.
3. L'arborescence d'objets : affiche une vue hiérarchique des relations parent-enfant des composants.
4. La palette d'outils : contient de nombreux composants prêts à être utilisés dans les projets.
5. L'inspecteur d'objets : permet de changer les propriétés (caractéristiques de l'objet tel que la couleur, la taille, ...) et de sélectionner des gestionnaires d'événements.

Le modèle de développement Delphi repose sur des outils bidirectionnels. Cela signifie qu'on peut passer alternativement des outils de conception visuelle aux modifications du code sous forme de texte.

IV.3.1 Conception et réalisation des HMI avec Delphi :

Avant de réfléchir à la conception d'une interface, il convient de bien distinguer la notion d'une IHM.

On définit une interface homme machine comme un ensemble des dispositifs matériels et logiciels permettant à un utilisateur d'interagir avec un système interactif où on représente une installation industrielle par des graphiques réparties sur plusieurs pages. Chaque page appelle une autre jusqu'à la couverture de toute l'installation ainsi on peut démarrer un moteur, visualiser et vérifier le fonctionnement d'un système, ouvrir un interrupteur...Etc. en cliquant tout simplement sur la souris d'un PC ou en touchant sur une surface dans un écran tactile [48].

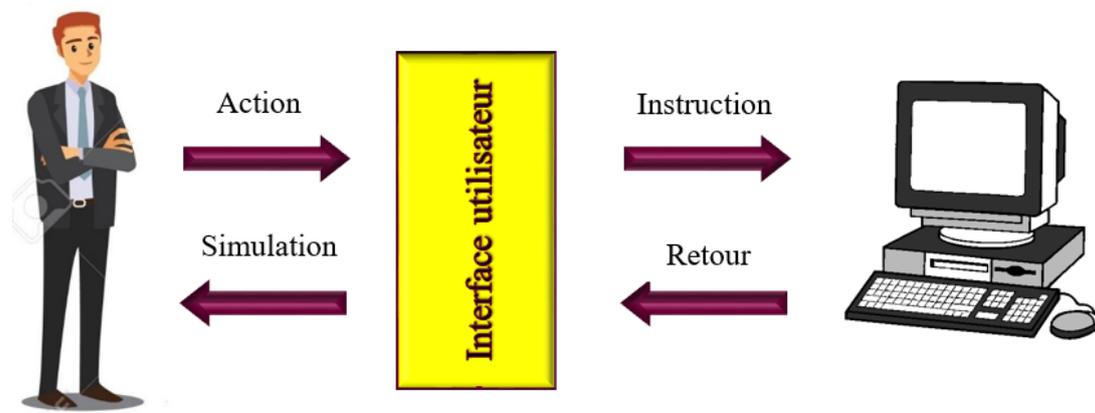


Figure IV.3 : Interface Homme-Machine.

IV.3.2 Conception des HMI :

Les enjeux élevés impliqués dans la plupart des projets d'informatisation et d'automatisation, visant la conception de systèmes industriels homme-machine de plus en plus complexes, rendent nécessaire la prise en compte des facteurs humains dans sa démarche globale.

À ce sujet, actuellement, de l'ensemble des sciences techniques et humaines émergent des outils, des techniques, des méthodes et des modèles susceptibles de contribuer au développement de systèmes homme-machine. Principalement la conception des HMI s'articule sur :

1. L'analyse et la modélisation du système technique.
2. L'analyse et la modélisation des tâches humaines et des intervenants impliqués dans le système homme-machine.
3. La spécification de l'imagerie.
4. Les environnements graphiques de réalisation de l'imagerie.
5. L'évaluation du système homme-machine [48].

Dans la programmation Delphi, deux grandes parties se distinguent dans la conception d'une interface. D'un côté le cœur de logiciel qui gère la génération du code et de l'autre nous avons l'interface vue par l'utilisateur permettant de communiquer avec le cœur.

La fenêtre principale de notre interface est illustrée dans la figure suivante :

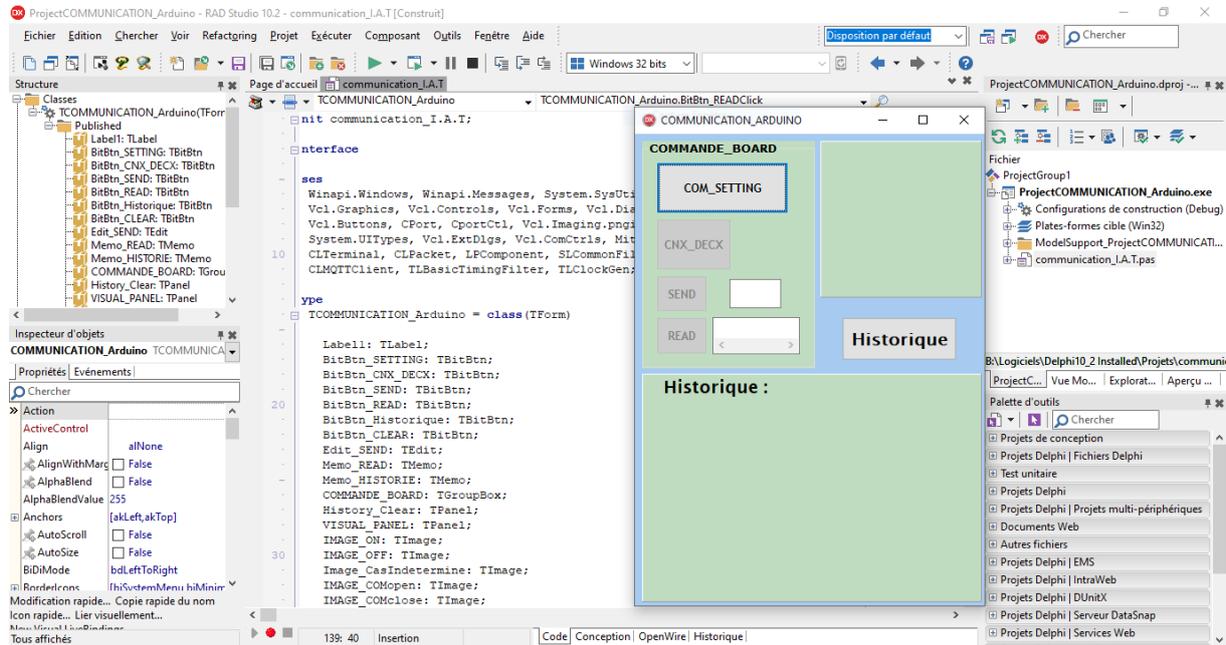


Figure IV.4 : Fenêtre principale de notre interface.

La réalisation de cette interface a été effectuée par les étapes suivantes :

IV.3.2.1 Création du Form :

On crée une interface utilisateur à l'aide d'un ensemble d'outils et d'objets, la Form principale de notre interface contient des éléments suivants :

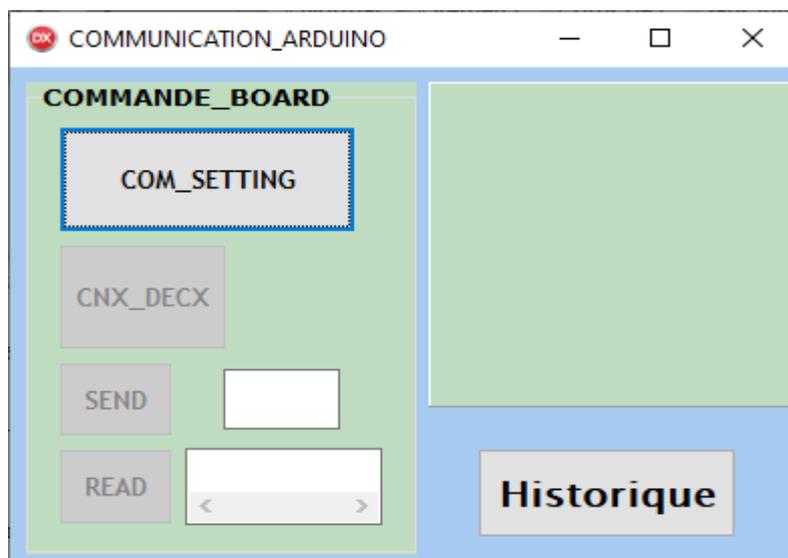
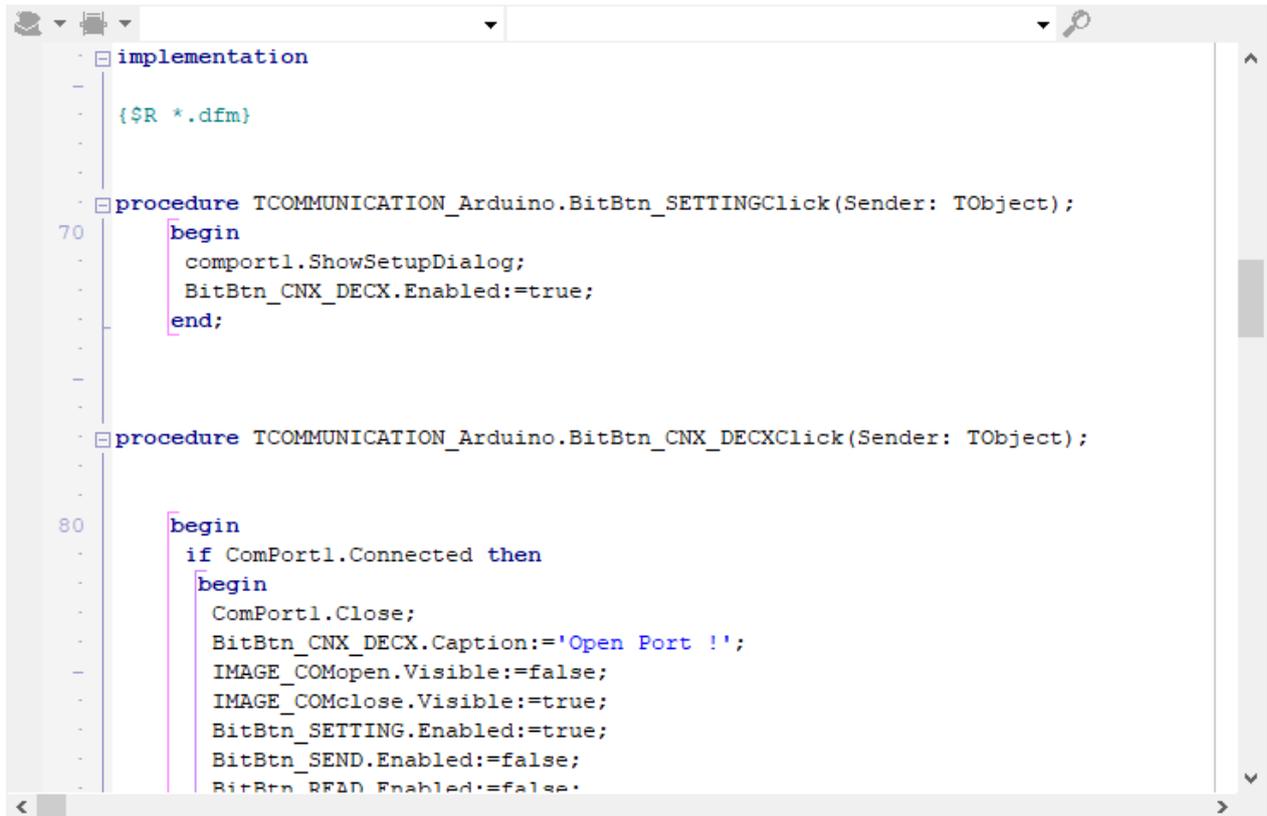


Figure IV.5 : Vue globale de l'interface utilisateur.

L'interface utilisateur correspond à ce qui apparaîtra sur l'écran du PC en mode fonctionnement et qui permettra à l'utilisateur, soit de piloter le programme (entrées), soit au programme d'afficher des informations (sorties).

IV.3.2.2 Génération du code :

Une fois que la Form a été créée, on passe à l'étape de génération du code associé.



```
implementation
-
- {$R *.dfm}
-
-
- procedure TCOMMUNICATION_Arduino.BitBtn_SETTINGClick(Sender: TObject);
70   begin
-     comPort1.ShowSetupDialog;
-     BitBtn_CNX_DECX.Enabled:=true;
-   end;
-
-
- procedure TCOMMUNICATION_Arduino.BitBtn_CNX_DECXClick(Sender: TObject);
-
-
80   begin
-     if ComPort1.Connected then
-     begin
-       ComPort1.Close;
-       BitBtn_CNX_DECX.Caption:='Open Port !';
-       IMAGE_COMopen.Visible:=false;
-       IMAGE_COMclose.Visible:=true;
-       BitBtn_SETTING.Enabled:=true;
-       BitBtn_SEND.Enabled:=false;
-       BitBtn_RF2D.Enabled:=false;
```

Figure IV.6 : Exemple du code généré.

Le code généré permet de contrôler les objets de la face avant (l'interface utilisateur).

Remarque :

L'interface doit être facilement modulable pour ajouter par exemple, de nouveaux paramètres ou de nouvelles fonctionnalités.

IV.3.2.3 Fonctionnalités de l'interface :

Dans cette partie, nous allons faire une description du programme de chaque élément du système. Pour cela, nous avons élaboré l'ensemble des routines et sous-routines de chaque élément par des organigrammes correspondants et ce, pour une bonne compréhension et exploitation ultérieure de notre réalisation.

❖ **Commande board** : cet espace est réalisé pour faire le contrôle-commande de l'IAT. Il est composé des boutons suivants : **Com settings, CNX_DCNX, SEND, READ.**

- **Le bouton « Com settings » :**

Permet à insérer les paramètres de communication série tel que le numéro de port, la vitesse de transmission, la parité...etc. Après le choix des paramètres, le bouton **CNX_DCNX** s'active.

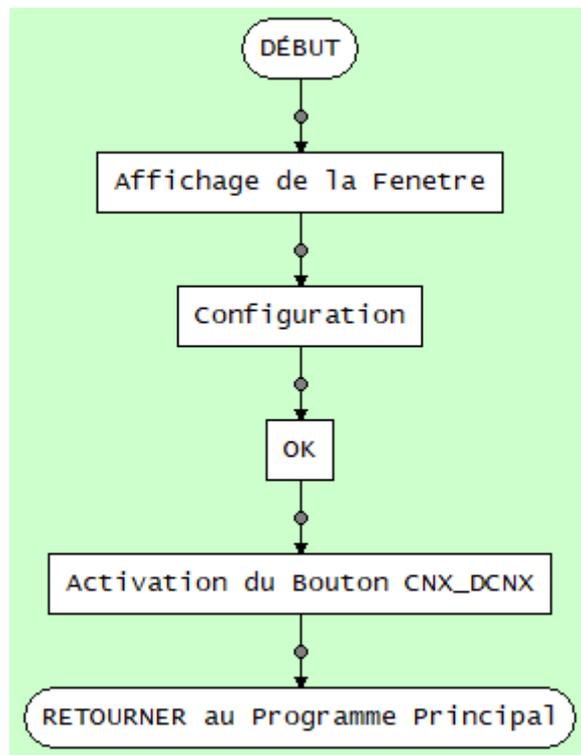


Figure IV.7 : Organigramme de bouton Com settings.

- **Le bouton « CNX_DCNX » :**

- Dans le cas d'une configuration correcte et que l'équipement est connecter :

- Si le port est fermé :
 - Ouverture du port.
 - L'image ComOpen s'affichera.
 - Le nom du bouton devient « close port ».

- Les deux boutons Send et Read devient cliquables.
- Bouton SETTING sera désactiver.
- Si le port est ouvert :
 - Fermeture du port.
 - L'image ComClose s'affichera.
 - Le bouton nom de bouton devient « Open port ».
 - Les deux boutons Send et Read devient non cliquables.
 - Bouton SETTING sera activer.
- Si la configuration est incorrecte ou l'équipement est déconnecter :
Un message d'erreur sera affiché dans une boîte de message.

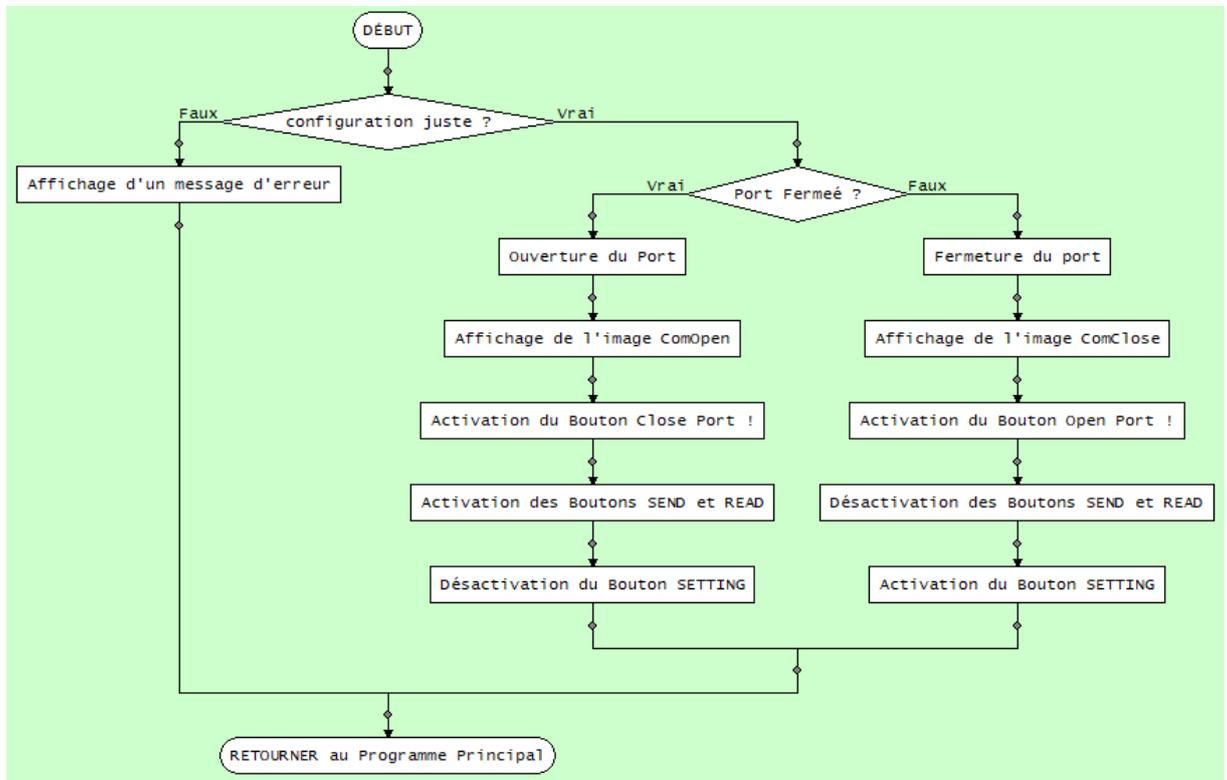


Figure IV.8 : Organigramme de bouton CNX_DCNX.

- **Le bouton « SEND »** : qui envoie les commandes d'ouverture et fermeture via le port série.

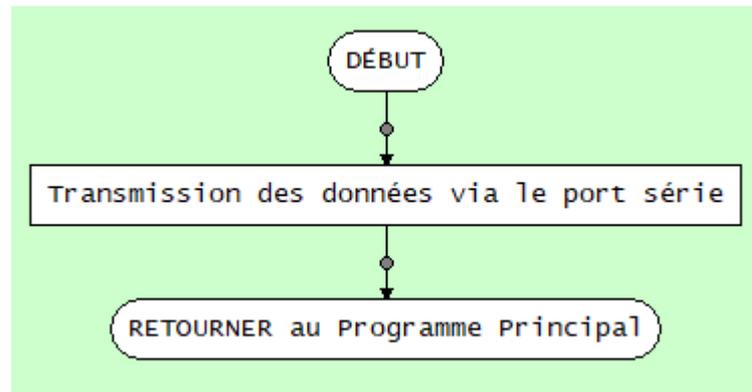


Figure IV.9 : Organigramme de bouton SEND.

- **Le bouton « Read »** :

Permet la visualisation de l'état de l'interrupteur (ouverture/fermeture) à l'espace approprié.

- Si l'interrupteur est ouvert : Affichage d'une lampe éteinte.
- Si il est fermé : Affichage d'une lampe allumer.
- Si l'état n'est pas déterminé : Affichage d'une croix rouge indique un cas indéterminé.

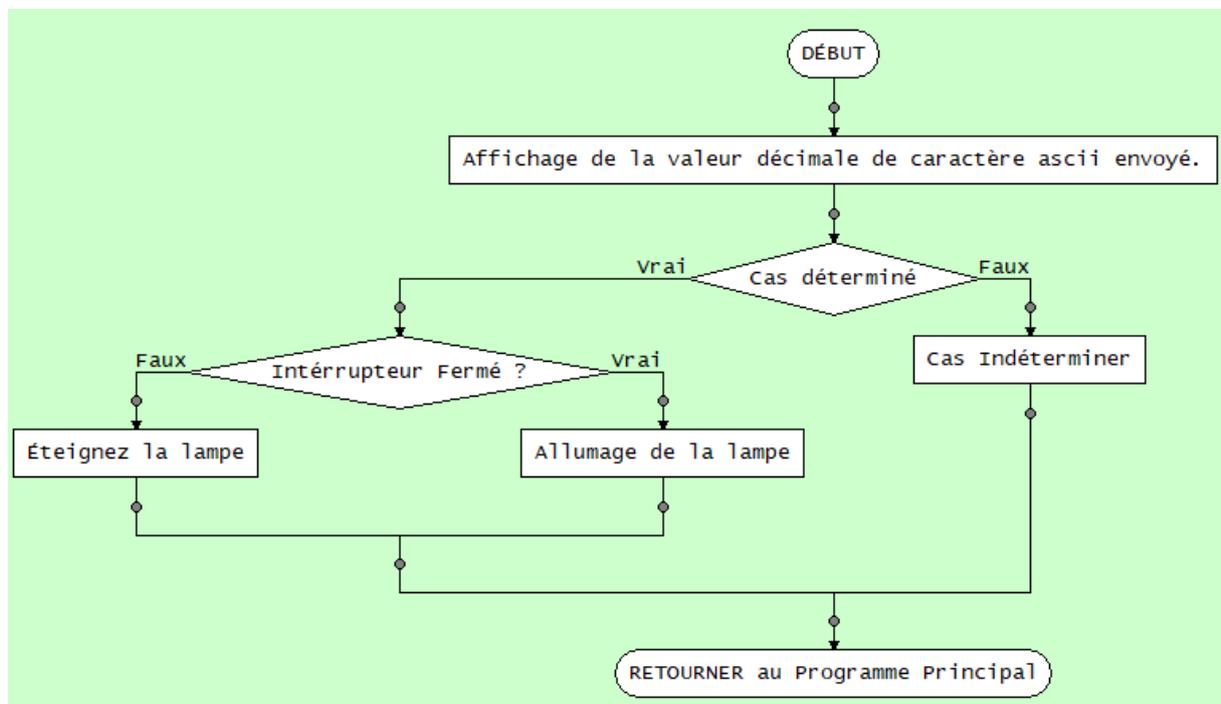


Figure IV.10 : Organigramme de bouton Read.

- ❖ **Historique** : le résultat d'un clic sur le bouton est l'affichage de tout l'historique de la communication.

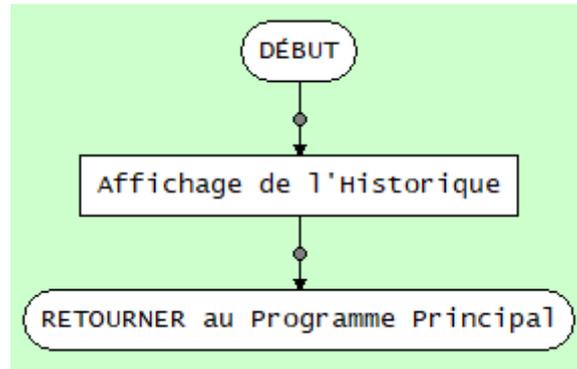


Figure IV.11 : Organigramme de bouton Historique.

- ❖ **Clear** : Ce bouton est utilisé pour effacer l'historique.

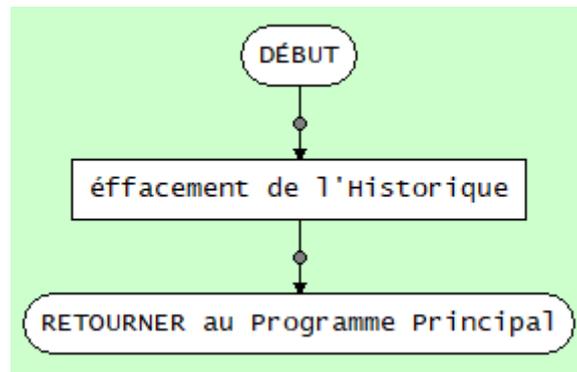


Figure IV.12 : Organigramme de bouton Clear.

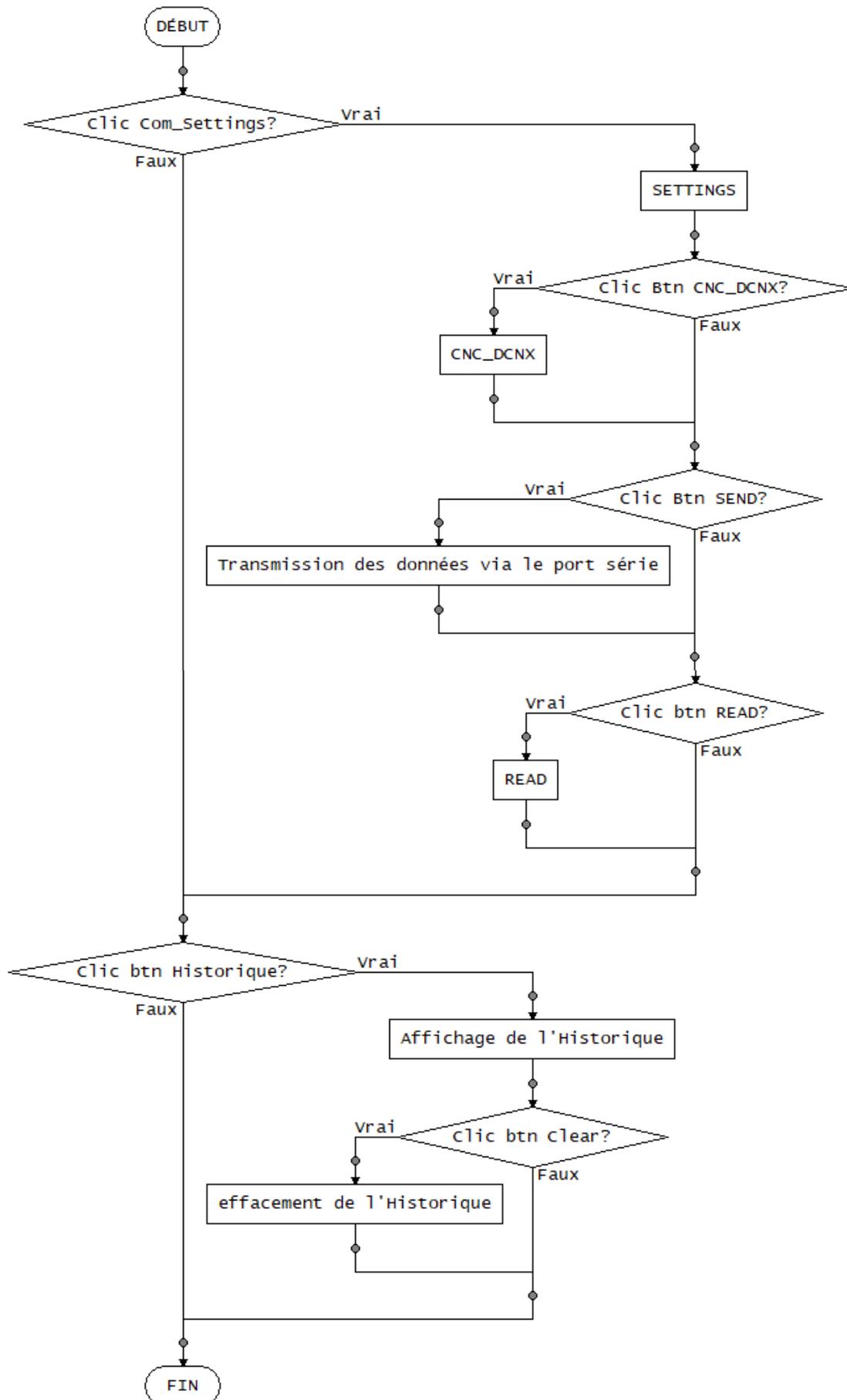
IV.4 Première utilisation de l'application :

IV.4.1 Test de l'interface :

Une fois le développement de l'interface terminé, La compilation et le test du code généré a été effectué pour vérifier son bon fonctionnement et corriger les bogues.

Malheureusement, nous n'avons pas les conditions nécessaires pour faire la communication avec l'unité de contrôle (commandes d'ouverture et fermeture de l'IAT), donc le coffret contrôle commande sera remplacer par une carte électronique Arduino pour effectuer le premier test, on doit faire un appel à un autre programme en utilisant l'Arduino, le logiciel de développement d'applications embarquées pour compiler et envoyer le code sur cible. On pourra ensuite insérer l'interface utilisateur et le code source qui ont été générés précédemment mais avec des modifications.

Notre programme est donc conçu comme indiqué dans l'organigramme suivant :



IV.4.2 Essais sur la carte :

Notre carte de commande est réalisée pour faire la commande de trois LED's. Rappelons que cette carte a comme rôle la réception des commandes venant du logiciel DELPHI et les transmettre au circuit électronique. Voici un exemple d'utilisation de l'application :

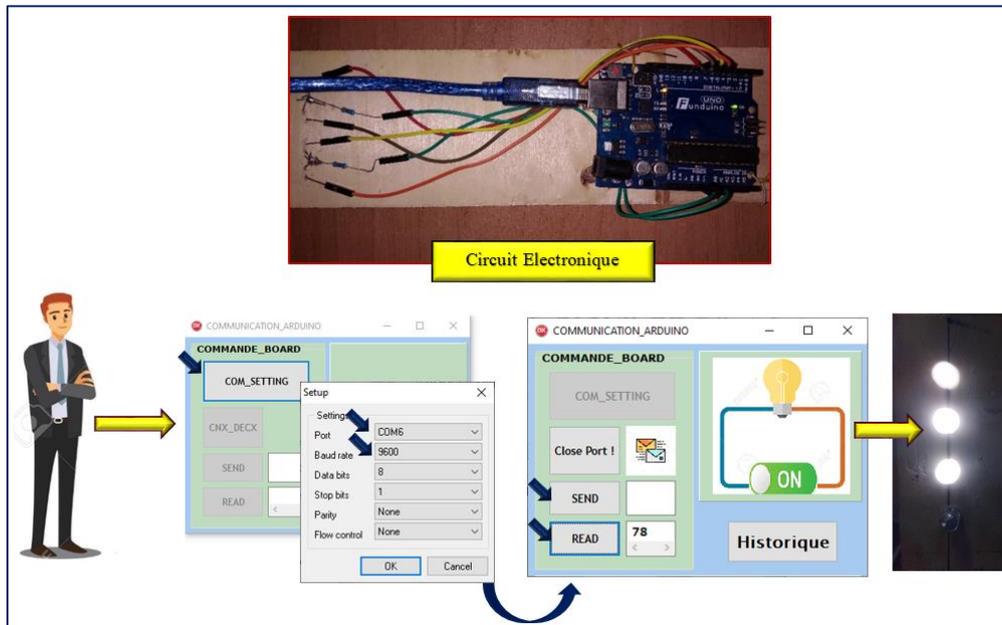


Figure IV.13 : Communication entre l'interface et la carte Arduino.

IV.5 Deuxième utilisation de l'application :

Lors de nos premiers tests effectués pour communiquer avec le coffret contrôle commande ITI. Avant le confinement, Il y a eu un problème lors de la communication, il y'a pas de contrôle sur ce dernier (l'envoi des commandes a été achevé avec succès mais l'équipement ne répond pas, Voir Figure IV.14).

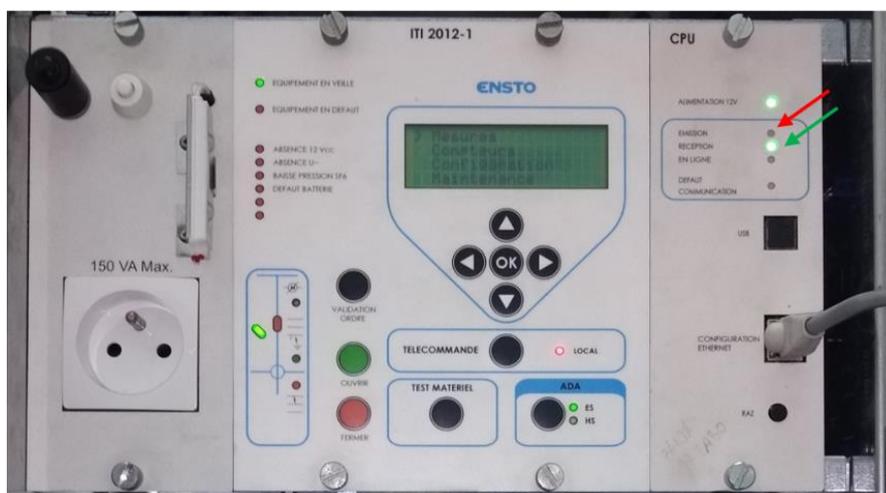


Figure IV.14 : Vue d'interface utilisateur ITI durant la communication.

A ce stade il n'est pas possible de revenir en arrière, il faut donc trouver une solution optimale pour valider complètement le concept d'interface d'aide à la programmation et pour atteindre notre objectif de contrôle commande d'un IAT (commandes d'ouverture et fermeture). Nous souhaitons donc utiliser un mécanisme d'un IAT (voir figure IV.15).

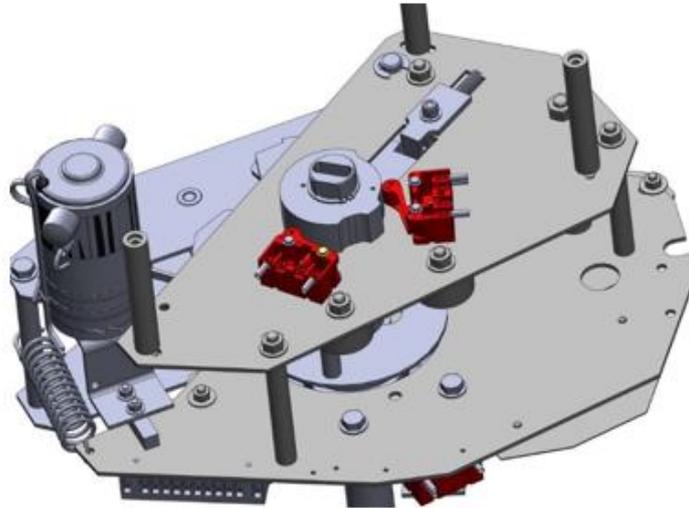


Figure IV.15 : Mécanisme d'un IAT.

IV.5.1 Fonctionnement du mécanisme d'un IAT :

Le mécanisme marche à partir d'un moteur de 12v et qui contient des capteurs fin de course pour arrêter le moteur quand il détecte la fermeture ou l'ouverture de l'interrupteur.

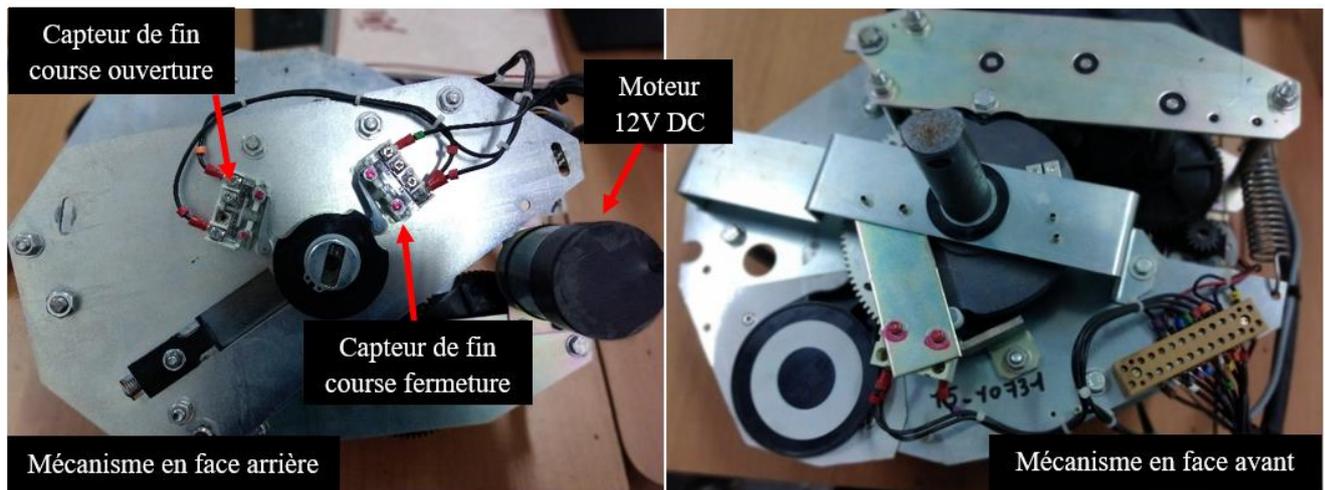


Figure IV.16 : Mécanisme en face arrière / avant.

On a déjà fait la simulation avec des LED's, nous passons directement à l'application sur le mécanisme.

IV.5.2 Étapes de réalisation :

Notre travail consiste en :

- Une partie matérielle qui nous a servi à réaliser le circuit électronique.
- Une partie logicielle qui consiste à développer le programme nécessaire au fonctionnement du circuit.

IV.5.2.1 Partie matérielle :

Nous commençons tout d'abord par donner une approche globale sur le circuit qui a été conçu. Nous détaillerons par la suite en essayant d'illustrer ceci par un schéma.

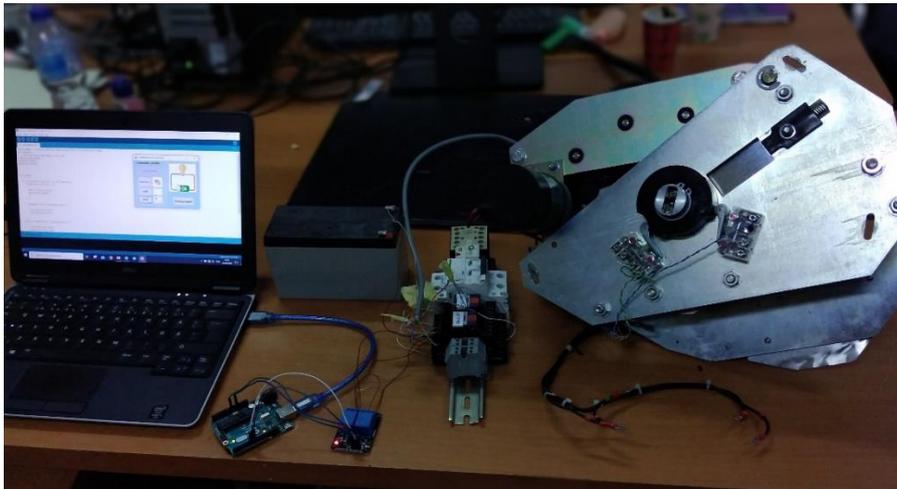


Figure IV.17 : Schéma réelle du circuit électronique.

❖ Description du circuit réalisé :

Nous avons utilisé :

- ✓ L'interface qui été déjà conçu, afin de faire fonctionner le mécanisme.
- ✓ Une carte arduino Uno pour faire la commande de deux relais de 5V.
- ✓ Deux relais de 12V pour assurer la commande de moteur (piloter un moteur à courant continu).
- ✓ Deux relais de 5V (Compatible avec Arduino) qui permettre de piloter les deux relais de 12 V.
- ✓ Une batterie d'alimentation (12V).

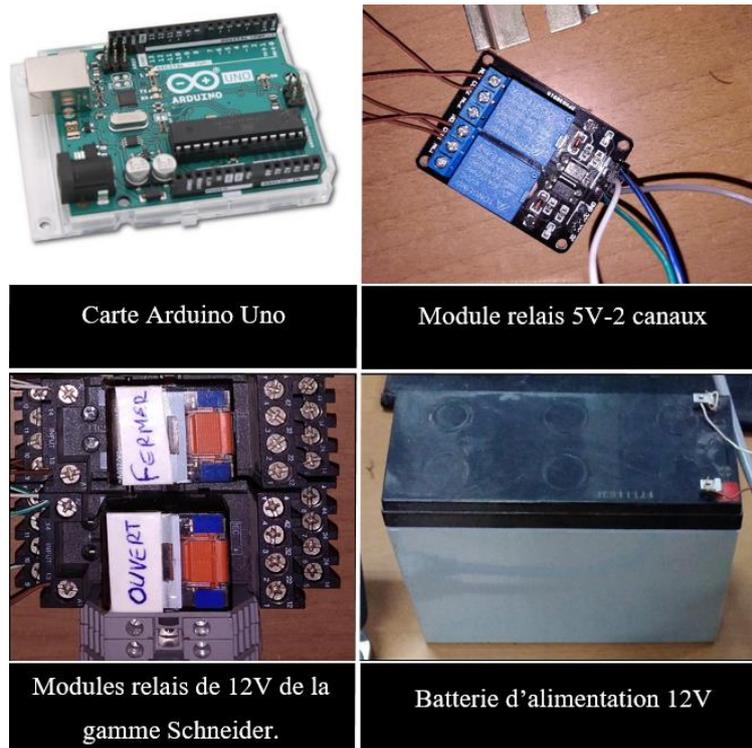


Figure IV.18 : Différents composants électroniques utilisés.

❖ Schéma de câblage :

Le schéma ci-dessous montre la mise en place du circuit :

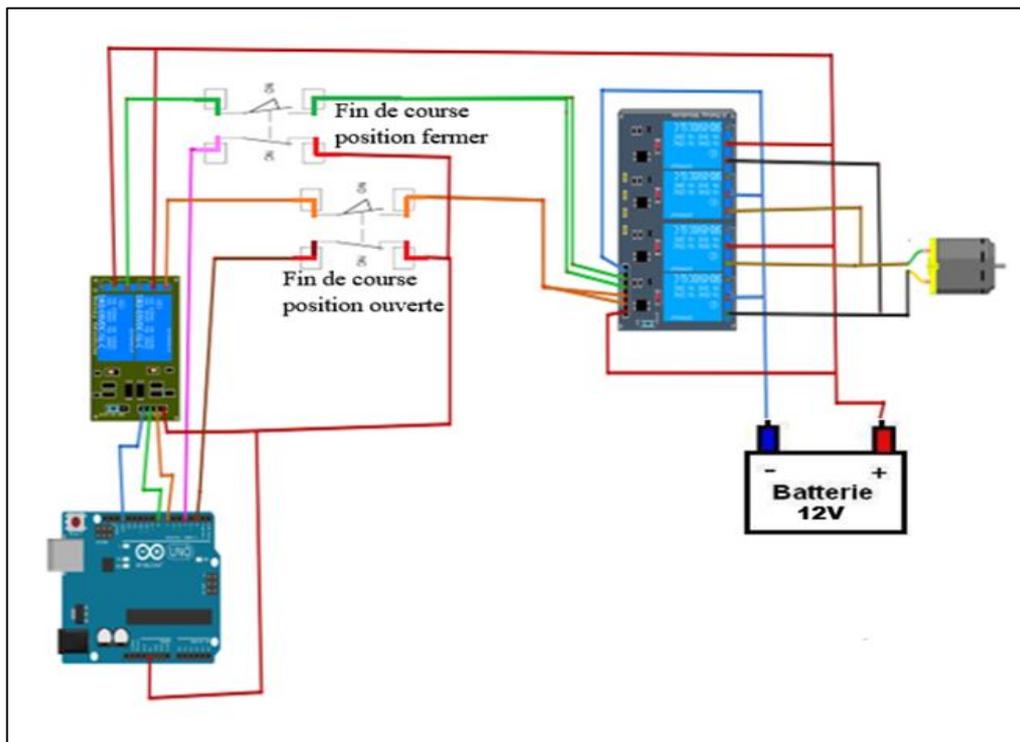


Figure IV.19 : Schéma de câblage.

IV.5.2.2 Partie logicielle :

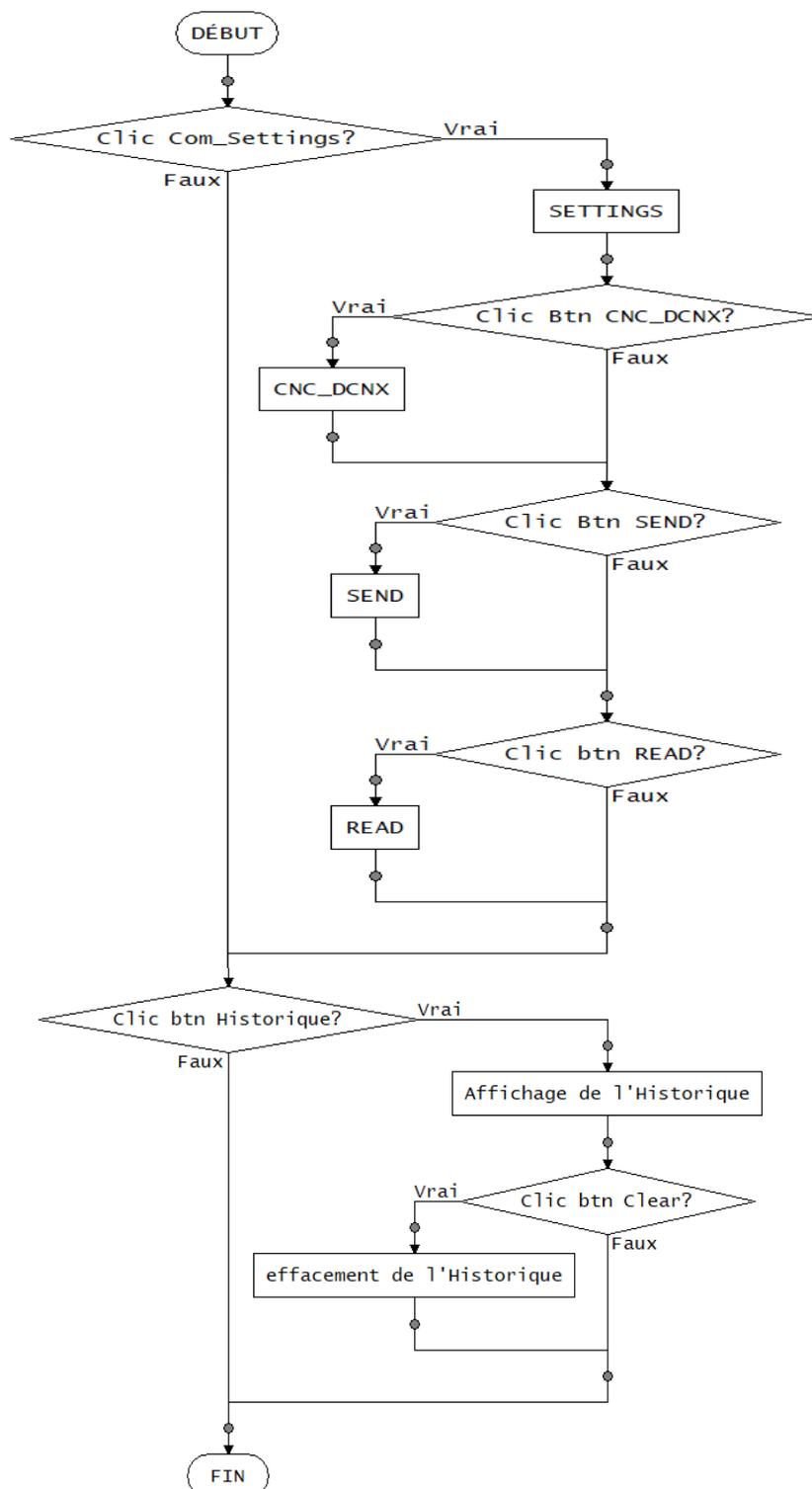
❖ Programmation :

Les différentes étapes pour la construction du programme :

Pour Concevoir notre programme nous avons suivi les étapes suivantes :

- nous avons commencé par comprendre le fonctionnement du mécanisme d'un IAT.
- nous avons ajouté une partie de code nécessaire selon les besoins de notre application.

Notre programme a été conçu comme indiqué dans l'organigramme qui suit :



Voici l'organigramme de nouveau bouton Send :

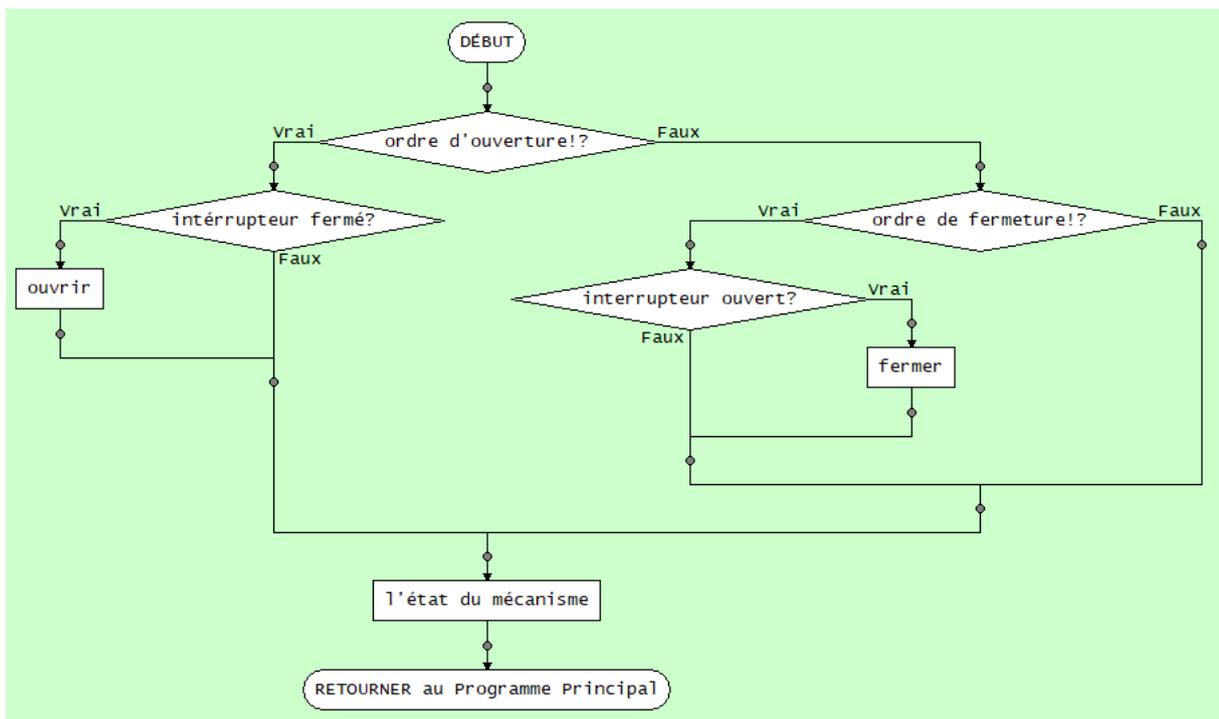


Figure IV.20 : Organigramme de nouveau bouton Send.

❖ Essais sur le mécanisme :

✓ Commande fermeture :

L'envoi de caractère 'N' par l'utilisateur → Le mécanisme se ferme et renvoie un signal de confirmation qui s'affiche sur l'interface sous la forme d'une image de lampe allumée.

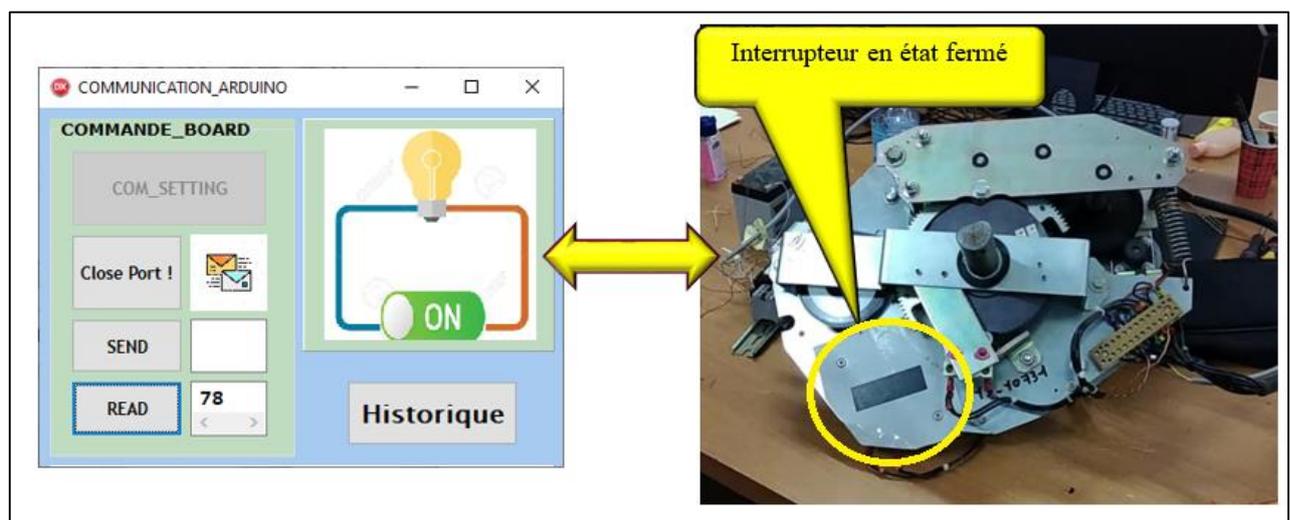


Figure IV.21 : Mécanisme en état fermé.

✓ Commande d'ouverture :

L'envoi de caractère 'F' par l'utilisateur → Le mécanisme s'ouvre et envoie un signal de confirmation, qui s'affiche sur l'interface sous la forme d'une image de lampe éteinte.

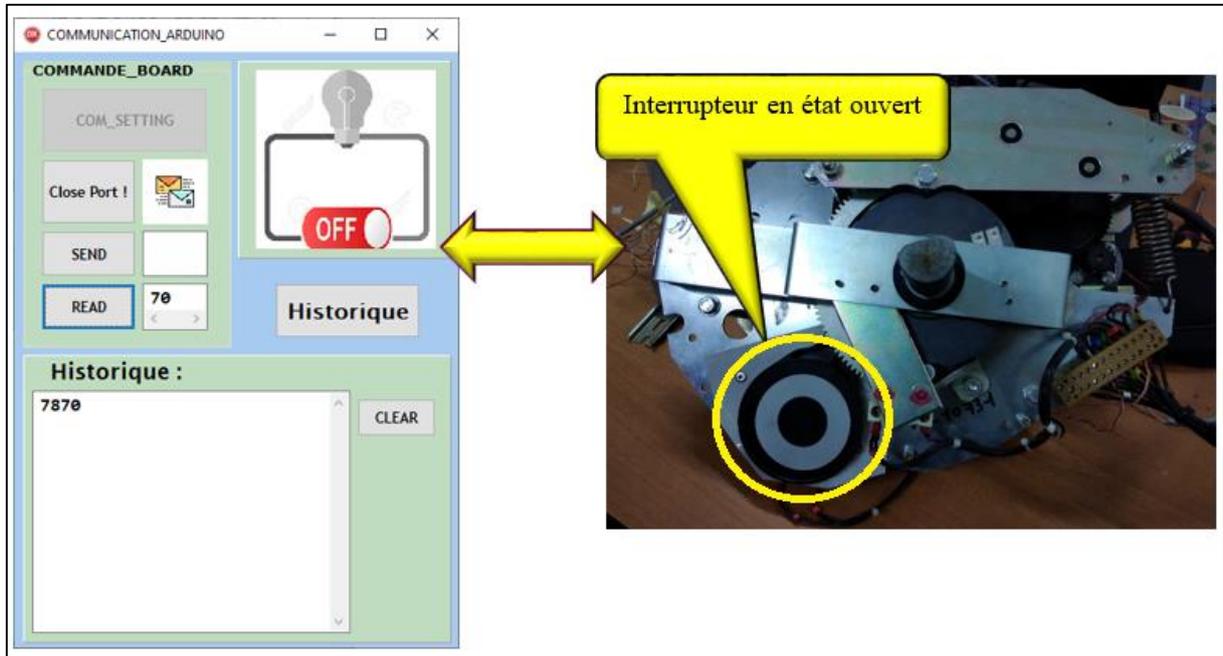


Figure IV.22 : Mécanisme en état ouvert.

IV.6 Conclusion :

La réalisation pratique de ce système nous a permis de renforcer nos connaissances théoriques après avoir pu faire fonctionner l'interface et la carte correctement, aussi, elle nous a enrichi en d'autres connaissances sur les deux parties : matérielle et logicielle. Nous avons pu maîtriser quelques logiciels qui sont très importants en électronique et qui facilite le développement d'applications tels que le DELPHI et l'ARDUINO.

Comme tout travail, des points perspectives restent à améliorer prochainement (La réalisation des interfaces reste toujours un domaine ouvert).

Conclusion générale :

A l'heure actuelle l'amélioration des méthodes et des outils de communications dans tous les domaines notamment le domaine des réseaux électrique est devenu crucial, afin d'assurer la continuité du service de distribution d'énergie électrique, minimiser la durée des pannes et éviter le déplacement.

En effet, pour Sonelgaz, les points de production, de transport, et de consommation, sont des sites de haute importance. Par conséquent la technique de télégestion s'est avérée indispensable et très utile pour la bonne gestion des différentes tâches dans ses points en toute sécurité et dans les meilleurs 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 téléconduite dans leurs différents sites et installations, et cela pour une meilleure maîtrise de leur réseau électrique.

Nous avons essayé d'apporter une contribution dans ce domaine. Pour atteindre l'objectif de notre projet nous avons donc commencé par donner un aperçu succinct sur les notions fondamentales de réseau électrique, on a énuméré les différents types, architecture et fonctionnement.

Il nous a paru nécessaire de donner assez d'informations sur les différents éléments qui composent un système de protection et contrôle commande afin d'assurer une protection efficace contre les différents types d'anomalies qui peuvent survenir sur le réseau électrique, puis nous avons présenté le système de supervision SCADA, qui permet de surveiller et de commander les organes du réseau (IAT, IAT/CT) ou bien des postes électrique, afin de réduire les durées des interruptions lors d'incidents, d'isoler les défauts puis de réalimenter les parties saines et procéder aux délestages en cas de besoin.., on a cité leurs différents réseaux et protocoles de communication.

Dans le dernier chapitre, nous avons développé une application de supervision pour garantir l'interface Homme-Machine, Nous avons terminé notre travail par la présentation des résultats obtenus par les essais de contrôle commande sur l'interrupteur IAT.

La réalisation pratique de ce projet nous a permis de manipuler deux parties complémentaires matérielle et logicielle. La partie matérielle nous a servis à approfondir nos connaissances pratiques dans le domaine de l'électronique. Quant à la partie logicielle elle nous a aidées à renforcer nos capacités de programmation, telle la réalisation des programmes des

Conclusion générale

microcontrôleurs et la réalisation des interfaces Pc avec le langage DELPHI. Ceci nous a donné une connaissance approfondie et nécessaire à notre spécialité.

Le travail a été réalisé avec succès partiellement sur un IAT de Sonelgaz. Mais avec le confinement on a complété le projet on réalisant un mécanisme IAT plus circuit bâtie autour de carte arduino Uno. En perspectives, notre proposition peut être améliorée pour devenir plus autonome, plus pratique, et assez évolutive vu les progrès réalisés dans les technologies de communication actuelles.

Références bibliographique

- [1] : <https://www.elwatan.com/edition/economie/sonelgaz-face-aux-cas-de-fraude-plus-de-11-milliards-da-de-pertes-en-2018-12-02-2019>, Consulté le : 06/03/2020.
- [2] : « Réseau électrique », Disponible sur : <https://www.wikiwand.com> , Consulté le : 08/03/2020.
- [3] : « CHAP1-presentation-Du-Reseau-Electrique-Terminologie-Et-Concept-de-Base » , Disponible sur : <https://fr.scribd.com>, Consulté le : 06/05/2020.
- [4] : « Fonctionnement-du-reseau », Disponible sur <https://www.enedis.fr> , Consulté le : 10/05/2020.
- [5] : « Chapitre I Généralités sur les Réseaux électriques », Disponible sur : <https://pmb.univ-saida.dz> , Consulté le : 05/03/2020.
- [6] : OULMI Sabrina : Étude d'un système de supervision et de contrôle SCADA du réseau électrique de la Sonelgaz SDA, Mémoire de master professionnel, Electronique Industrielle, Université TIZI- OUZOU, 2018.
- [7] : « Sensibilisation Enedis », Disponible sur : <http://www.pap08.eu>, Consulté le : 10/04/2020.
- [8] : « Les Réseaux Électriques », Disponible sur : <https://docplayer.fr>, Consulté le : 05/03/2020.
- [9] : ZELLAGUI Mohamed : ÉTUDE DES PROTECTIONS DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES MT (30 & 10 kV), Mémoire de magistère en Electrotechnique, Université de CONSTANTINE, 2010.
- [10] : FELLAG Mohammed et KASMI Athmane : Télécommande et supervision d'un poste de transformation électrique, Mémoire de Master en Electronique, Université BLIDA, 2019.
- [11] : « Différents postes électriques », Disponible sur : <https://www.wikiwand.com>, Consulté le : 30/04/20
- [12] : « réseaux électrique », Disponible sur : <https://www.elecprim.com>, Consulté le : 13/03/2020.
- [13] : « constitution_postes_ht », Disponible sur : <http://www.tdee.ulg.ac.be>, Consulté le : 13/05/2020.

Références bibliographique

[14] : N. AOUZELLAG : Etude de la variation de tension pour le raccordement d'une production décentralisée dans un réseau de distribution, Mémoire de Master en Electrotechnique, Université A. MIRA-Bejaia, 2013.

[15] : <http://www.powersystemsolutionsconsulting.com/lespostesdedistributions> , Consulté le : 05/06/20.

[16] : <https://fr.scribd.com/document/335718641/ct155-pdf> , Consulté le : 15/05/2020.

[17] : « Chapitre I Généralités sur la protection électrique », Disponible sur : <http://thesis.univ-biskra.dz>, Consulté le : 16/05/2020.

[18] : ARJA Hatim et ARMMAZ Salim : Etude de la téléconduite des OCR de la DPS, Rapport de stage du projet fin d'études en Electronique Electrotechnique Automatique, Université HASSAN 1 er, 2015.

[19] : « Les dispositifs de coupure sur les réseaux aériens HTA », Disponible sur : <https://www.academia.edu>, Consulté le : 23/05/2020.

[20] : IKEDICHE Sara : Etude et planification d'un système de supervision (SCADA) sous le logiciel Labview, Mémoire de Master en Télécommunications, Université Djilali Bounaama Khemis Miliana, 2018.

[21] : TALAMELLAH Mohamed et ENNEMRI Billel : Présentation et la téléconduite du poste HT/MT 60/30kV OULED MOUSSA, Mémoire de Master en Génie Electrique, Université M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES, 2017.

[22] : « tavrada-electric/product », Disponible sur : <https://www.directindustry.fr>, Consulté le : 09/06/20.

[23] : Cahier Technique SONELGAZ, « TELECONDUITE DE RESEAUX » ZONE DE BLIDA / DEPARTMENT TECHNIQUE DISTRIBUTION ELECTRICITE, 2018.

[24] : BOUDALI Ahmed et RIAD Abdelhafid : Surveillance d'un relais de télécommunication RADIO par carte ARDUINO, Mémoire de Master en Automatique, Université Blida, 2019.

[25] : « ETUDE DE PROTECTION D'UN POSTE DE TRANSFORMATION », Disponible sur : <https://slideplayer.fr>, Consulté le : 05/05/2020.

[26] : « Réalisation de postes HTA/BT de distribution publique », Disponible sur : <https://www.enedis.fr>, Consulté le : 10/05/2020.

Références bibliographique

- [27] : « scada-basic-automatic-control-systems, », Disponible sur : <https://www.electronicsforu.com>, Consulté le : 01/06/20.
- [28] : BOUNAB Zaid : Etude d'un système de supervision et de contrôle SCADA de la région de transport est RTE Skikda, Mémoire de Master en Automatique Avancée, Université Mohamed Khider Biskra, 2014.
- [29] : KETAM Smail et BOUGUECHTOULI Tahar : Stratégies de la Téléconduite d'organes du Réseau Electrique MT-DD-SDE de Bejaïa, Mémoire de Master en Télécommunication, Université Abderahmane MIRA - BEJAIA -, 2013.
- [30] : « c1 introduction historique », Disponible sur : <http://idoughi.weebly.com>, Consulté le : 16/05/2020.
- [31] : « mod_resource/content/1/API », Disponible sur : <http://elearning.univ.jijel.dz>, Consulté le : 17/05/2020.
- [32] : S. Electric, Guide des solutions d'automatisme : Schémathèque. Schneider Electric, 2006.
- [33] : <https://www.maxicours.com/se/cours/les-principes-de-la-communication-en-reseaux/>, Consulté le : 17/05/2020.
- [34] : « Reseau03b », <http://notesdecours.drivehq.com>, Consulté le 29/05/2020.
- [35] : « introduction aux réseaux de communication industriels », Disponible sur : <https://slideplayer.fr>, Consulté le : 25/05/2020.
- [36] : <http://helios.mi.parisdescartes.fr/~mea/cours/L3/L3.poly06.pdf>, Consulté le : 12/05/2020.
- [37] : <http://dcsautomation.blogspot.com/2017/02/characteristics-of-rs232rs423rs422rs485.html>, Consulté le : 05/05/2020.
- [38] : « scada-system-architecture-types-applications » Disponible sur : <https://www.watelectronics.com>, Consulté le : 24/05/2020.
- [39] : <https://www.lobry-automatisme.fr/automate-m221/>, Consulté le : 06/06/2020.
- [40] : <https://web.maths.unsw.edu.au/~lafaye/CCM/technologies/fddi.htm>, Consulté le : 16/05/2020.
- [41] : <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/protocole/fr-fr/>, Consulté le 17/05/2020.
- [42] : « Reliable Solutions for Many Sectors and Industries | WAGO », WAGO-FR-Website. <https://www.wago.com/fr>, Consulté le : 17/05/2020.

Références bibliographique

- [43] : http://semaphore.uqar.ca/id/eprint/1251/1/Raied_Debibi_aout2016.pdf, Consulté le : 17/05/2020.
- [44] : <https://www.automation-sense.com/medias/files/guide-du-modbus-pour-les-nuls-extrait.pdf>, Consulté le : 17/05/2020.
- [45] : [https://fr.electrical-installation.org/frwiki/Protocoles et architectures de communication des syst%C3%A8mes iPMCC](https://fr.electrical-installation.org/frwiki/Protocoles_et_architectures_de_communication_des_syst%C3%A8mes_iPMCC), Consulté le : 16/05/2020.
- [46] : MEZDOUR Hala et AYAB Mouna : Etude et réalisation d'un système de supervision sous YOKOGAWA CS3000 Application à l'unité de production d'aie de l'entreprise nationale SONATRACH, Mémoire de Master Académique en Automatique, Université 8 Mai 1945 – Guelma, 2019.
- [47] : <https://thescipub.com/pdf/10.3844/ajassp.2014.1418.1425.pdf> , Consulté le : 11/06/20.
- [48] : CHEIKH MAROUANE : TELEGESTION DANS L'INDUSTRIE DE L'EAU PAR LES TECHNOLOGIES DU WEB, Mémoire de Magistère en Automatique, Université 20 Aout 1955 Skikda, 2013.
- [49] : <http://webdien.com/d/showthread.php?t=89000>, Consulté le : 06/06/2020.
- [50] : https://fr.made-in-china.com/co_jsbtransformer/image_Gw4a-12-252kv-High-Voltage-Disconnecter-Switch_hroyheiyu_fCItwPKmMdrN.html, Consulté le 06/06/2020.
- [51] : <https://marclabs.com/libre-et-open-source-avantages-et-inconvenients>, Consulté le : 15/06/2020.
- [52] : <https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/tia-portal-le-logiciel-tout-en-un.html> , Consulté le : 11/06/2020.
- [53] : <https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-du-webmastering/1445326-delphi-definition-et-presentation-de-ce-langage-informatique/>, Consulté le : 11/06/2020.
- [54] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio , Consulté le : 11/06/2020.
- [55] : Samia HACHEM : Développement d'une application de gestion de la consommation énergétique, Mémoire de Master professionnel en Nouvelles Technologies des Télécommunications et Réseaux, Université virtuelle de Tunis, 2013.
- [56] : <https://www.fichier-pdf.fr/2017/01/03/delphi-first-approche/delphi-first-approche.pdf>, Consulté le : 12/06/2020.