

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



Mémoire de Fin d'Étude

Présenté à

L'Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued

Faculté de Technologie

Département de Génie Électrique

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

En Commande Electrique

Présenté par :

MADJOURI Nourdine et ARIGUE Imad

Thème

Automatisation et optimisation d'un micro
réseau par automate programmable base sur
système SCADA « Smart Grid »

Encadré par : GUEMARI MOTEZ BILLAH

Année Universitaire : 2018/2019



Remerciement

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

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements pour notre
professeur,*

*Dr GMARI Motez billah, d'avoir accepté de nous encadrer pour
notre projet de fin d'études, ainsi que pour son soutien, ses
remarques pertinentes et son encouragement.*

*Une âme délicate est gênée de savoir qu'on lui doit des
remerciements à Djilani et Liab ibrahim .*

*Nous tenons à remercier tous les membres de l'entreprise ALNour
Electric et les membres de l'atelier.*

*Un remerciement pour les membres du jury, un hommage très
respectueux,*

*Nos remerciements vont aussi à tous nos professeurs, enseignants
et toutes les personnes qui nous ont soutenus jusqu'au bout, et qui
n'ont pas cessé de nous donner des conseils très importants en
signe de reconnaissance.*

DEDICATIONS

Je dédie ce modeste travail

✓ *A mes très chers parents et, je prie*

Dieu de les protégés

✓ *A mes frères*

✓ *Pour les membres de la Société de*

mémorisation du Coran Amory

✓ *A toute ma famille*

nourdine

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

La prunelle de mes yeux, l'espoir de ma vie

Mes parents

Ceux qui m'ont entourée de leur amour et leur tendresse, ceux qui n'ont

jamais épargné un effort pour mon bien

Pour leur soutiens, encouragement, la patience et de l'aide continue

pendant mes années d'études

Que Dieu les gardes

Je dédie également ce travail

A mes chers frère et sœurs

*A ma chère amies ibrahim, abdrahmane, tahar, hamza, Et pour tous les
amis*

Et à tous ceux que je connais et j'aime

ARIGURIMAD

Résumé

Ce travail décrit le fondement du réseau électrique intelligent ou smart grid, sa conception ses différentes application au niveau des usagers particuliers, tout comme au niveau des grandes entreprises ou encore par rapport au système national qui varie d'un pays à un autre; plus une simulation d'un réseau smart grid.

L'utilité des notre project est d'établir un équilibre entre l'offre et la demande d'énergie ainsi que de minimiser les pertes d'électricité dans le réseau de distribution. Les réseaux intelligents intègrent les différentes sources pour la production de l'électricité (gaz naturel, pétrole, charbon, etc.), ainsi que les sources renouvelables (solaire, éolien, géothermie ...etc.).

Les mot clé: Smart grids , SCADA , HMI ,API , LADDER

الملخص:

يصف هذا العمل أساس الشبكة الذكية وتصميمها وتطبيقاتها المختلفة على مستوى المستخدمين المعينين، وكذلك على مستوى الشركات الكبيرة أو فيما يتعلق بالنظام الوطني الذي يختلف من بلد إلى آخر؛ بالإضافة إلى محاكاة لشبكة الشبكة الذكية.

الغرض من مشروعنا هو تحقيق التوازن بين العرض والطلب على الطاقة وتقليل فقد الكهرباء في شبكة التوزيع. تدمج الشبكات الذكية مصادر مختلفة لإنتاج الكهرباء (الغاز الطبيعي ، النفط ، الفحم ، إلخ) ، وكذلك المصادر المتجددة (الطاقة الشمسية ، الرياح ، الطاقة الحرارية الأرضية ، إلخ).

كلمات مفتاحية : الشبكة الذكية , سكادا, لحوار مستعمل/الآلة , المبرمج المنطقي الالي , LADDER

Sommaire

Liste des Figures	i
Liste des Tableaux	iv
Liste des abréviations	v

Introduction générale

01

Chapitre I: Généralités Sur Le Smart Grid

I.1 Introduction	04
I.2 Historique du développement des smart grids	04
I.3:Définition des Smart Grid	05
I.4 Fonctionnement des Smart Grids	06
I.5 Caractéristiques des Les réseaux intelligents	07
I.6 Présentation des Les réseaux intelligents	07
I.7 Quelles évolutions pour le réseau intelligent	09
I.8 Modèle et architecture d'un Les réseaux intelligents	09
I.9 Grands composants d'un Les réseaux intelligents	10
I.9.1.Les villes intelligentes	11
I.9.2 Les maisons intelligentes	12
I.9.3 Les véhicules électriques	13
I.9.4 Les compteurs intelligents	14
I.9.4.1 Présentation d'un modèle de système de comptage évolué	14
I.9.4.2 Avantages et inconvénients des compteurs intelligents	15
I.10 Quels sont les avantages des smart-grids ?	16
I.11 Conclusion	17

Chapitre II : Système de supervision et de contrôle SCADA

II.1 Introduction	19
II.2 Supervision dans un environnement SCADA	19
II.3 Définition du SCADA	19
II.4 Eléments du système SCADA	20
II.4.1 RTU (Remote Terminal Unit)	20
II.4.2. MTU (Master Terminal Unit)	20
II.4.3. Système de communication	20
II.5 Protocoles de communication d'un système SCADA	21
II.5.1 Le Protocol Modbus	21
II.5.2.Modbus RTU	22
II.5.3 Modbus ASCII	23
II.5.4 Le protocole DNP3	23
II.5.5 Modbus TCP/IP	24
II.5.7 Protocole DH/DH+/DH-485	25
II.6 Architecture du SCADA	25
II.6.1 Première génération: «monolithique»	25
II.6.2 Deuxième génération: «distribué»	26
II.6.3 Troisième génération: «en réseau»	27
II.7 L'interface Homme Machine(HMI)	28
II.8 Domaines d'application	29
II.8.1 Le pilotage de grandes installations industrielles automatisées	29
II.8.2 Le pilotage d'installations réparties	29

II.8.3 La gestion technique de bâtiments et gestion technique centralisée (GTC)	30
II.9 Avantages du SCADA	30
II.10 application de supervision	31
II.11 Conclusion	32
Chapitre III : Le Matériel et le Logiciel utilisé pour Smart Grid	
III.1 Introduction	34
III.2 Automate programmable	34
III.2.1 Critères de choix d'un automate	35
III.2.2 Avantages des automates programmables	35
III.2.3 Langage de programmation pour API	36
III.2.3.1 Le langage LD (Ladder Diagram)	36
III.2.3.2 Le langage ST (StructuredText)	36
III.2.3.3 Le langage IL (Instruction List)	36
III.2.3.4 Le langage FBD (Function Block Diagram)	37
III.2.3.5 Le langage SFC (Sequential Function Chart), ou GRAFCET	37
III.2.4 Présentation du TM221CE24R	38
III.2.5 Structure interne des automates programmables	39
III.2.5.1 Le processeur	40
III.2.5.2 Les mémoires	40
III.2.5.3 Les modules d'entrées/sorties	40
III.2.5.4 L'alimentation	41
III.3 Les contacteurs	42

III.4 Centrale de mesure

III.4.1 Définition	42
III.4.2 Les Composants de PM 8000	43
III.4.3 Principe fonctionnement de PM8000	43
III.4.4 Communication de centrale de mesure PM8000 par PC	44
III.4.4.1/ Modbus RTU RS-485	44
III.4.4.2 Modbus TCP Ethernet	45

III.5 Logiciel SoMachine

III.5.1 Définition	46
III.5.2 Vue du So Machine	47

III.6 Logiciel Vijeo-Citect

III.6.1 Définition	50
III.6.2 Caractéristiques	51
III.6.2.1 Partie de configuration	51
III.6.2.1 Partie de Runtime	53

III.7 Logiciel scémaplic

III.7.1 Définition de logiciel schémaaplic	53
--	----

III.8 Conclusion 54**Chapitre IV : Réalisation d'un micro smart Grid par Automate programmable M221****IV.1 Introduction** 55**IV.2 Système de commande et d'acquisition de données** 55

IV.2.1 Partie hardware	56
IV.2.1.1 les sources d'énergie	56

1. Le groupe électrogène	56
2. Générateur photovoltaïque:	57
3. Centrale turbine vapeur:	57
IV.2.1.2 Les différents types de charge Utilisés	57
1. Charge résistif:	57
2. Charge inductif	57
3. Charge capacitive	58
IV.2.2 Partie Software	58
IV.2.2.1 Configuration entre centrale de mesure (PM8000) et automate (TM221)	58
IV.2.2.2 Configuration entre automate (TM221) et PC	59
IV.3. Synoptique du programme réalisé	60
IV.4. Schéma de câblage utilisateur dans le système applicable	61
IV.4.1 Circuit de commande:	63
IV.4.2 Circuit de puissance:	63
IV.5. Projet réalisé du micro de smart-grid	63
IV.5.1 Principe de fonctionnement du système utilisée :	64
IV.6. Organigramme de notre Project:	64
IV.7. Conclusion:	65
Conclusion générale	67

Chapitre I: GENERALITES SUR LE SMART GRID

Figure I.1: Les réseaux électriques intelligents.....	2
Figure I.2: Principe de fonctionnement d'un smart grid.....	4
Figure I.3: La ville intelligente.....	6
Figure I.4: Les principaux critères de classification des villes intelligentes.....	7
Figure I.5: La maison intelligente.....	8
Figure I.6: Véhicule électrique rechargeable.....	9
Figure I.7: Principales fonctionnalités des systèmes énergétiques complexes.....	10
Figure I.8: Schéma d'un modèle couramment retenu pour un système de comptage évolué en électricité.....	11
Figure I.9: Schéma des compteurs électriques évolués.....	12

Chapitre II : Système de supervision et de contrôle SCADA

Figure II.1: Schéma général d'un système SCADA.....	20
Figure II.2 : Eléments d'un système SCADA.....	21
Figure II.3: Communication par le Protocole Modbus.....	22
Figure II.4: Communication par le Protocole Modbus.....	24
Figure II.5: architecture SCADA de première génération.....	26
Figure II.6: architecture SCADA de deuxième génération.....	27
Figure II.7 architecture SCADA de troisième génération.....	28
Figure II.8: Exemple de interface HMI	29
Figure II.9: La face-avant de l'application est son interface utilisateur.....	31
Figure II.10: La face-arrière de l'application	31

Chapitre III : Le Matériel et le Logiciel utilisé pour Smart Grid

Figure III.1 : Automate programmable TM221 Schneider électrique	34
Figure III.2 : Automate Schneider TM221CE24R	38
Figure III.3 : Les différents composants des contrôleurs logiques.....	38
Figure III.4 Structure interne d'un API.....	39
Figure III.5: Expansion TM2DRA8RT.....	41
Figure III.6: Contacteur Schneider	42
Figure III.7 Centrale de mesure PM8000.....	42
Figure III.8: Transformateurs de courant.....	44
Figure III.9: Communication par Modbus RTU.....	45
Figure III.10 communication par Modbus TCP Ethernet.....	45
Figure III.11 La fenêtre de propriétés de	47
Figure III.12 La fenêtre de configuration	48
Figure III.13 La fenêtre de programmation	49
Figure III.14 La fenêtre de Mise en service	50
Figure III.15 : La fenêtre de Citect Explorer	51
Figure III.16 La fenêtre de Project Editor.....	52
Figure III.17 : La fenêtre de Graphic Builder	52
Figure III.18: La fenêtre de Partie de Runtime	53
Figure III.19: Logiciel de schémaplic.....	53

Chapitre IV : Réalisation d'un micro smart Grid par Automate

programmable M221

Figure IV.1: synoptique global du système accusation	56
Figure IV.2: interface de configuration.....	59
Figure IV.3: configuration de central du mesure	59

Figure IV.4: configuration Ethernet en somachime.....	60
Figure IV.5: configuration Ethernet en pc.....	60
Figure IV.7: face avant Program réalisé.....	61
Figure IV.8: Projet réalise	63
Figure IV.9 Organigramme de notre Project	65

Tableau I.1: énumère les principales différences par comparaison des caractéristiques de chaque réseau.....	8
Tableau III : Méthode de communication entre le maitre et l'esclave en utilisant le Modbus RTU.....	23
Tableau III.1 :Caractéristique de Automate Schneider TM221CE24R.....	39
Tableau III.2: Caractéristique de expansion TM2DRA8RT.....	42

API	Automate Programmable Industrial.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange.
CPL	Courant Porteur en Ligne.
CPU:	Central Processing Unit.
CRC	Contrôle de Redondance Cyclique.
DH	Data High.
DNP	Distributed Network Protocol
EEPROM	Electrically-erasable programmable read-only memory.
EPA	Enhanced Performance Architecture.
FBD	Function Block Diagram.
GPRS	General Packet Radio Service.
HMI	L'interface Homme Machine.
IEC	International Electrotechnical Commission.
IED	Intelligent Electronic Device.
IL	Instruction List.
IP	l'Internet Protocol.
KVA	Kilo Volte Ampère.
LAN	Local Area Network.
LD	Ladder Diagram.
MTU	Master Terminal Unit.
MVA	Méga Volte Ampère.
NTIS	Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.
OSI	Open System Interconnection.
PC	Personal Computre.

PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association.
PO	Parties Opérative.
PV	PhotoVoltaic.
RAM	Random Access Memory.
ROM	Read Only Memory
RTU	Remote Terminal Unit.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
SFC	Sequential Function Chart.
SL	Instruction List.
ST	Structured Text.
TCP	Transmission Control Protocol.
TOR :	Tout Ou Rien.
USB :	Universal Serial Bus.
VA	Volte Ampère.
WAN	Wide Area Networks.

➤ Introduction générale

Les smart grids sont ces infrastructures nouvelles qui permettent une gestion bidirectionnelle en temps réel de l'électricité et des informations associées, grâce à l'utilisation des technologies numériques.

Ce mix innovant permet non seulement une meilleure intégration des énergies renouvelables, mais également un acheminement et une gestion de l'électricité de manière plus efficace sur l'ensemble du réseau.

Le nombre d'applications qui peuvent être employées sur le réseau intelligent une fois la technologie de communications déployée se développe aussi rapidement que les entreprises inventives peuvent les créer et les produire. Le déploiement de tel système requiert un effort important de recherche-développement et des investissements considérables.

Le concept de la supervision est né au début des années 1980, lors de l'explosion de la mise en place des réseaux informatiques dans les entreprises. La taille grandissante de ceux-ci ainsi que leur hétérogénéité posaient un réel problème de gestion et d'administration, multipliant les besoins en main d'œuvre d'experts administrateurs. C'est donc à cette époque qu'ont été menées les premières réflexions sur un nouveau concept, celui de la supervision.

La productivité industrielle est un facteur très important pour le progrès d'une entreprise. Aussi la disponibilité, sécurité, qualité, efficacité et cout apparaissent comme exigences pour la réussite de l'entreprise. Les problèmes liés au système de production tel que les défaillances, pannes, les coupures et les divers problèmes techniques doivent être réduits, du fait d'une indisponibilité du système peut causer des pertes considérables pour cela les décideurs dans l'industrie ont réagi ils investissent dans la rénovation des unités de production dans une logique d'optimisation du rendement des machines en exploitation en veillant à la continuité de leur fonctionnement. En fait la conception d'une supervision en temps réel avec d'interface Homme-Machine et communication sans fil devient une nécessité indispensable.

Les systèmes de supervision permettent d'obtenir des vues synthétiques des équipements ou ensembles d'équipements afin de visualiser leurs états physiques ou fonctionnels. Situés dans des salles de commande ou en pied de machine, les systèmes de supervision offrent la possibilité de déporter et de centraliser la vision et le pilotage des organes physiques (capteurs, actionneurs) parfois très éloignés. Appelés à dialoguer avec des systèmes de contrôle commande (API, machines spéciales...), les contrats d'interfaces mis en place sont supportés par des protocoles industriels de communication standards ou propriétaires.

Notre travail se répartie en quatre chapitres, dans le premier chapitre, on a présenté généralités sur le Smart Gride. Le deuxième chapitre présente le système de supervision et de

Introduction générale

contrôle SCADA avec son utilité et architecture. On a simulé également dans ce chapitre quelques applications sur le système SCADA. Le troisième chapitre on a présente hardware et software de notre Project. Le dernier chapitre on a présente dans notre Project applique.

I.1 Introduction :

Le « Smart Grid » est une dénomination d'un réseau électrique intelligent et performant qui utilise les technologies de l'information dans le but d'optimiser la production, la distribution et la consommation de l'électricité, entraînant la résolution du problème de la gestion de l'énergie, ainsi que l'amélioration de l'efficacité du réseau. Le problème de la gestion de l'énergie consiste à rechercher la répartition de puissance la plus convenable entre les différentes sources. Plusieurs critères d'évaluation interviennent pour le choix de cette répartition, tels que : la consommation du combustible, les émissions polluantes, la puissance limitée des sources, les états de charge des éléments de stockage, la durée de vie des composants, etc. Les algorithmes permettant de résoudre ce type de problèmes sont appelés : « stratégies de commande », ou « lois de gestion de l'énergie », ou aussi « stratégies de gestion de l'énergie ».

Ce chapitre donne une approche complète du les réseaux intelligents, de son fondement ses différent visages dans le monde et tous les éléments de base qui en constituent le plein sens.

I.2 Historique du développement des Les réseaux intelligents [1]:

L'histoire des réseaux et des systèmes électriques conventionnels permet de comprendre les raisons de leur développement actuel, leur mode de fonctionnement mais aussi leur limitation par rapport à un avenir énergétique en pleine évolution. L'arrivée des énergies locales essentiellement renouvelables a donné lieu à des adaptations pour permettre l'insertion de ces énergies dans le système électrique initialement non conçu pour les accueillir.

Historiquement, les réseaux électriques ont une architecture centralisée et une communication unidirectionnelle du producteur au consommateur. Le déploiement des Les réseaux intelligents accompagne la modernisation des réseaux et des infrastructures vers une architecture décentralisée. L'objectif est d'intégrer une multitude de sources d'énergie renouvelable de toutes tailles, et de permettre de nouveaux modes d'utilisation et de stockage de l'électricité (véhicules électriques). A l'intérieur de ce réseau électrique évolué, le consommateur final disposera des outils et services lui permettant de connaître sa consommation et d'interagir en temps réel. L'approche est donc orientée vers une demande « active », grâce à des compteurs intelligents (smart meters) et des échanges bidirectionnels.

L'évolution du réseau électrique a été très lente; il a longtemps été conçu autour de sa fonction première : couper, protéger, transformer, évoluant pour « seulement » devenir plus compact, plus performant grâce à une technologie de mieux en mieux maîtrisée. Cette évolution a rarement été suffisante pour en justifier le remplacement sur le terrain.

Ce n'est que depuis 20 ans que l'adjonction de fonctions de communication a progressivement transformé ce matériel : on peut désormais le commander à distance et, de ce fait, agir de manière dynamique sur le réseau électrique pour en optimiser les performances ou pour assurer une meilleure continuité de service. Par ailleurs, il s'est transformé en capteur d'informations relatives au matériel lui-même ou au courant qui le traverse. Ainsi, des algorithmes particuliers permettent de traiter ces informations et de leur donner un sens par rapport aux appareils alimentés par les réseaux : l'analyse d'un courant permet par exemple de surveiller la performance d'un procédé industriel ou de détecter les premiers signes de faiblesse d'une machine, annonciateurs d'une défaillance prochaine.

Le protocole de Kyoto élaboré en 1996, en imposant des limites aux émissions de CO₂, a inévitablement contraint l'évolution des réseaux électriques aux critères suivants:

- ❖ Moins de pollution au niveau de la production par le développement et le recours aux énergies renouvelables.
- ❖ Moins de pertes d'énergie,
- ❖ Moins d'unités de production grâce à un meilleur lissage de la demande.
- ❖ Une meilleure utilisation de l'énergie.
- ❖ Une consommation réduite, chaque fois que possible.

I.3:Définition des "Smart Grid" :

Les « Smart Grid » sont les réseaux électriques intelligents visant avant tout à gérer de façon plus efficace et citoyenne leur consommation d'énergie et celles de leurs administrés. Cela passe, notamment, par une optimisation locale des sources d'approvisionnement et de consommation d'énergie, et ce à différents pas de temps, et une gestion plus intelligente des réseaux et de l'équilibrage entre la production et la consommation pour faciliter l'insertion des énergies de sources renouvelables et des nouveaux usages (mobilité électrique, etc.). Le rôle des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) est ici clé pour relever ces défis. [2]

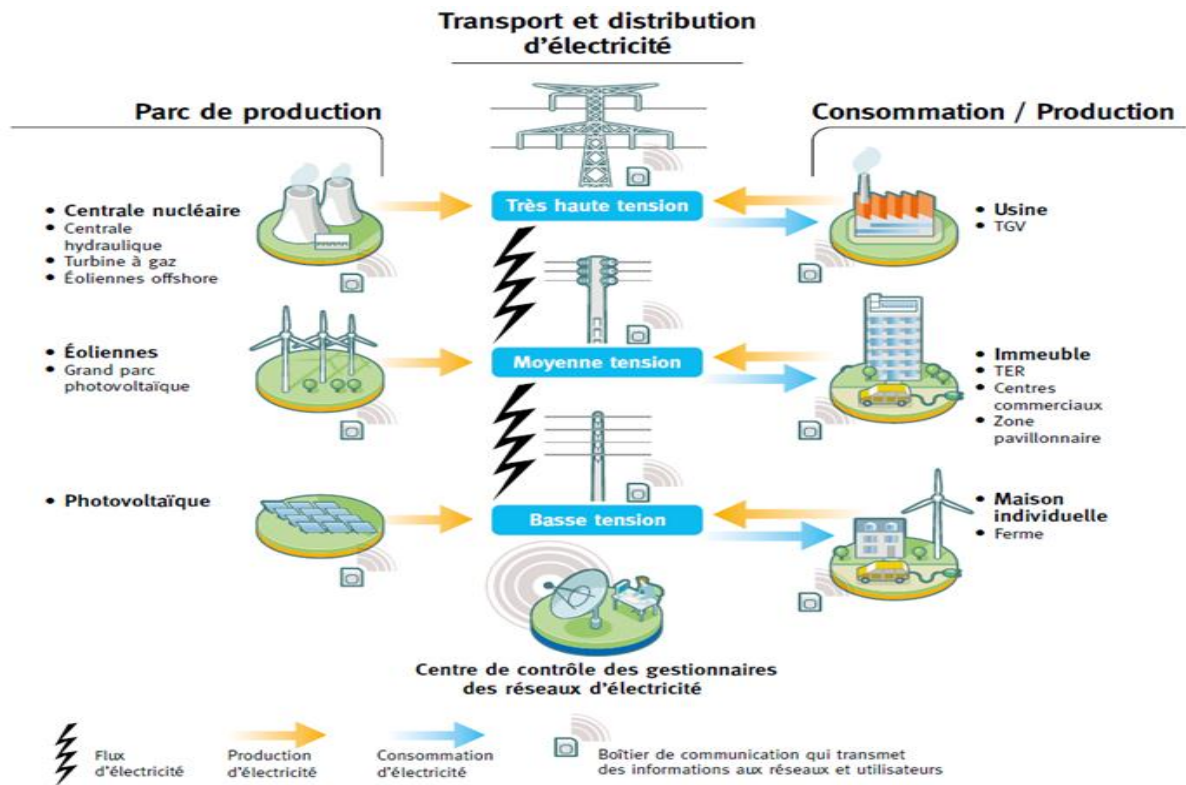


Figure I.1: Les réseaux électriques intelligents

I.4 Fonctionnement des Les réseaux intelligents : [3]

Au sens large, un réseau intelligent associe l'infrastructure électrique aux technologies numériques qui analysent et transmettent l'information reçue. Ces technologies sont utilisées à tous les niveaux du réseau : production, transport, distribution et consommation.

- ❖ **Un contrôle des flux en temps réel :** Des capteurs installés sur l'ensemble du réseau indiquent instantanément les flux électriques et les niveaux de consommation. Les opérateurs du réseau peuvent alors réorienter les flux énergétiques en fonction de la demande et envoyer des signaux de prix aux particuliers pour adapter leur consommation (volontairement ou automatiquement).
- ❖ **L'interopérabilité des réseaux :** L'ensemble du réseau électrique comprend le réseau de transport et le réseau de distribution. Le premier relie les sites de production d'électricité aux zones de consommation : ce sont les grands axes qui quadrillent le territoire. Le réseau de distribution s'apparente aux axes secondaires. Il achemine l'électricité jusqu'aux consommateurs finaux. Par l'échange instantané d'informations.

Les réseaux intelligents favorise une interopérabilité entre les gestionnaires du réseau de transport et ceux du réseau de distribution.

- ❖ **L'intégration des énergies renouvelables au réseau :** Les réseaux intelligents reposent sur un système d'information qui permet de prévoir à court et à long terme le niveau de production et de consommation. Les énergies renouvelables qui fonctionnent souvent par intermittence et de façon peu prévisible (ex : l'éolien) peuvent ainsi être mieux gérées.
- ❖ **Une gestion plus responsable des consommations individuelle :** Les compteurs communicants (ou compteurs évolués) sont les premières versions d'application du réseau intelligent. Installés chez les consommateurs, ils fournissent des informations sur les prix, les heures de pointe de consommation, la qualité et le niveau de consommation d'électricité du foyer. Les consommateurs peuvent alors réguler eux-mêmes leur consommation au cours de la journée. De leur côté, les opérateurs du réseau peuvent détecter plus vite les pannes

I.5 Caractéristiques des Les réseaux intelligents [4]:

Les réseaux d'électricité du monde, font face à de nombreux défis, y compris le vieillissement des infrastructures, la croissance continue de la demande, l'intégration d'un nombre croissant de sources variables d'énergie renouvelables et des véhicules électriques, et la nécessité d'améliorer la sécurité de l'approvisionnement et de réduire les émissions de CO₂. La technologie des réseaux intelligents offrent des moyens non seulement pour répondre à ces défis, mais de les faire d'une façon plus abordable et plus durable. Les caractéristiques des réseaux intelligents peuvent être définies en quatre points essentiels :

- ❖ **Flexibilité :** Ils permettent de gérer plus finement l'équilibre entre production et consommation.
- ❖ **Fiabilité :** Ils améliorent l'efficacité et la sécurité des réseaux.
- ❖ **Accessibilité :** Ils favorisent l'intégration des sources d'énergies renouvelables sur l'ensemble du réseau.
- ❖ **Economie :** Ils apportent, grâce à une meilleure gestion du système, des économies d'énergie et une diminution des coûts (à la production comme à la consommation).

I.6 Présentation des Les réseaux intelligents:

Les réseaux intelligents sont les réseaux de distribution du futur qui réuniront les technologies de l'électricité et de l'information [5]. Ils seront capables de [6] :

- ❖ Optimiser la production et la distribution.

- ❖ Mieux mettre en relation l'offre et la demande entre les producteurs et consommateurs d'électricité,
- ❖ Assurer la sécurité de fonctionnement du réseau en présence de production décentralisée intermittente et aléatoire (systèmes solaires, éoliens, etc.).

Par rapport aux Les réseaux intelligents, les réseaux électriques existants sont unidirectionnels. L'énergie électrique, produite de manière centralisée, est amenée via des réseaux de distribution chez les consommateurs. Du point de vue énergétique, ce système est peu efficace : seul environ 30% de l'énergie primaire disponible est convertie en électricité, et 8% de la production électrique est dissipée par effet Joule dans les lignes électriques.

De même, 20% de la capacité installée n'est utilisée que lors des pics de consommation. De plus, de part leurs structures hiérarchiques et interdépendantes, les systèmes électriques actuels sont particulièrement sensibles aux défaillances en cascade pouvant, par effet dominos, mener à des pannes généralisées (à titre d'exemple : le blackout survenu au nord-américain en date du 14 Août 2003 : en raison de défaillances en cascades, environ 50 millions d'habitants des états du Nord-Est se sont retrouvés plongés dans le noir).

Enfin, la majorité des défauts surviennent dans les réseaux de distribution, réseaux non maillés et peu ou pas instrumentés, abaissant ainsi la qualité de service et la fiabilité globale des équipements électriques.

Les réseaux intelligents se différencient des réseaux actuels par leur aspect, fonctionnement, mission et déploiement Le tableau suivant illustre ces différences :

Caractéristiques des Les réseaux intelligents	. Caractéristiques des réseaux actuels
Maillé	Hiérarchique
Production décentralisée et centralisée	Production centralisée
Multi-directionnel	Uni-directionnel
Numérique	Electromécanique
Complètement instrumenté	Peu instrumenté
Flexible	Peu de contrôle
Choix du fournisseur	Un seul acteur économique

Le tableau I.1: énumère les principales différences par comparaison des caractéristiques de chaque réseau.

I.7 Quelles évolutions pour le réseau intelligent?[7]:

Pour faire face à ces nouvelles contraintes, le réseau actuel doit nécessairement s'adapter, en intégrant les nouvelles technologies de l'information et de la communication afin de maintenir l'équilibre entre l'offre et la demande. Le système électrique passe d'une situation où la production est largement contrôlable, alors que la consommation l'est peu, à une situation où la production ne sera contrôlable que dans une certaine mesure et où la consommation fera l'objet d'une gestion active.

Le réseau intelligent permettra d'intégrer les énergies renouvelables et de renseigner producteur, distributeur et consommateur sur l'utilisation de l'énergie.

Pour gérer ces nouveaux besoins et ces nouvelles productions, les réseaux électriques intelligents ont deux caractéristiques :

- ❖ Ils sont communicants et interactifs.
- ❖ Ils permettent d'échanger des données entre les différents acteurs du système électrique pour connaître, contrôler, gérer le réseau et ils prennent en compte les actions de tous les acteurs du système électrique.

I.8 Modèle et architecture d'un réseaux intelligents [8]:

La plupart des réseaux électriques dans le monde sont construits selon la même architecture. L'électricité est généralement produite dans des grandes centrales, puis transportée vers les postes de transformation, avant d'être distribuée aux utilisateurs finaux.

Actuellement, il existe très peu d'installations de stockage de l'électricité (barrages hydroélectriques par exemple), ce qui signifie que la production d'électricité doit constamment égaler la consommation. C'est le gestionnaire du réseau qui est chargé d'assurer cet équilibre.

Le réseaux intelligents constitue une révolution conceptuelle dans la mesure où la circulation bidirectionnelle des électrons affectera à la fois le côté production et le côté consommation.

Cette nouvelle architecture des réseaux électriques entraînera plus de flexibilité et transformera profondément notre rapport à l'électricité.

Les réseaux intelligents sont des systèmes complexes mettant en œuvre toute une architecture d'équipements connectés les uns aux autres, et couvrant les systèmes de transport, de distribution, de livraison, de comptage et d'utilisation domestique de l'énergie. Ces

équipements sont fabriqués, mis au point et livrés par tout un écosystème industriel, un même équipement pouvant être fourni par plusieurs industriels. Les équipements sont amenés à interagir les uns avec les autres et à s'échanger, en continu parfois, tout un ensemble d'informations nécessaires au bon fonctionnement des applications énergétiques: puissances appelées, courbes de charges etc. L'interopérabilité de ces équipements est alors un enjeu crucial pour le bon fonctionnement du réseaux intelligents.

Différents modèles et architectures peuvent être donnés pour l'exploitation des réseaux intelligents. Ainsi le but principal de ce model présenté dans la Figure I.2 est de l'employer comme directive et norme pour décrire, discuter, analyser et développer.

L'interface et la communication entre ces domaine est également donnée sur la même figure, ces domaine peuvent contenir des domaines multiples, et dont les consommateurs peuvent produire, stocker et faire servir de l'électricité. Ainsi l'opportunité est de le considérer seulement dans les aspects domestiques, industriels, et commerciaux du consommateur.

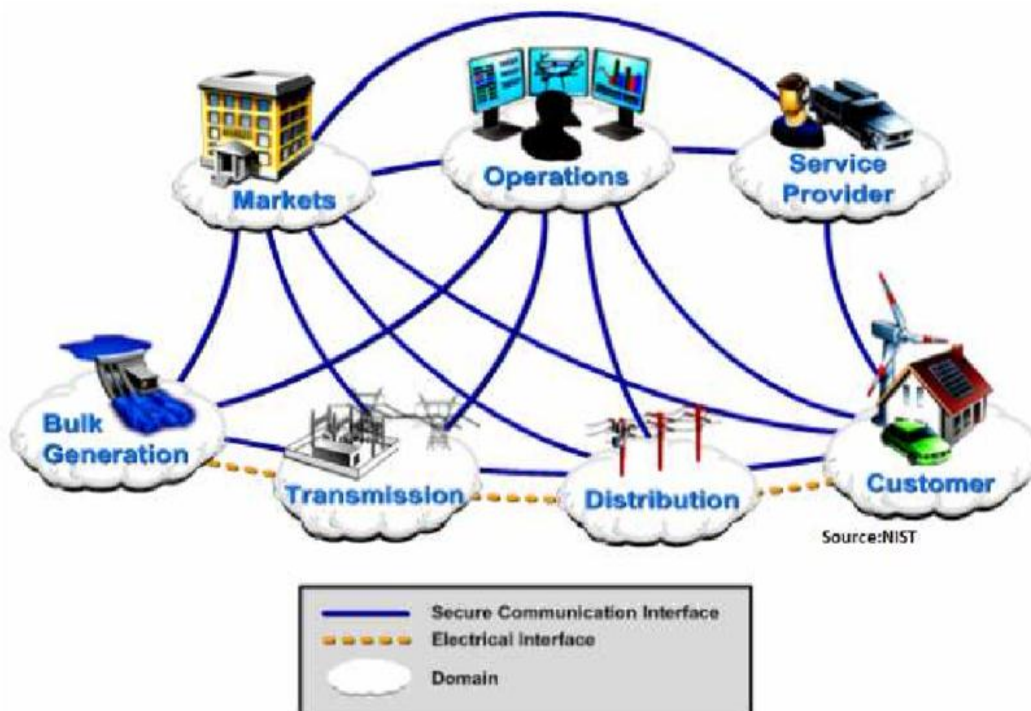


Figure I.2: Modèle conceptuel d'un Smart Grid [8].

I.9 Grands composants d'un réseaux intelligents [9]

Dans un univers marqué par des contraintes réglementaires en constante évolution, par des clients de plus en plus attentifs à leur consommation, et par des pressions politiques

alimentées par la prise de conscience écologique de l'opinion publique, la priorité est de concilier l'offre et la demande tout en minimisant l'impact du carbone. Dans cette perspective, le développement des «réseaux intelligents» s'inscrit désormais comme une nécessité pour répondre à ces nouvelles attentes.

Pour accompagner cette révolution technologique des réseaux intelligents, la gestion intelligente de l'énergie s'appuiera sur quatre grands composants liés les uns aux autres, à savoir :

- 1) Les villes intelligentes.
- 2) Les maisons intelligentes.
- 3) Les véhicules électriques.
- 4) Les compteurs intelligents.

I.9.1. Les villes intelligentes:

Les termes pour désigner la ville intelligente sont nombreux : smart city, ville numérique, green city, connected city, éco-cité, ville durable. Comment s'y retrouver ? Quelles sont les caractéristiques d'une ville intelligente ?

Selon Rudolf Giffinger, expert en recherche analytique sur le développement urbain et régional à l'université technologique de Vienne, les villes intelligentes peuvent être classées d'après six critères principaux, liés aux théories régionales et néoclassiques de la croissance et du développement urbain et respectivement fondés sur les théories de la compétitivité régionale, l'économie des transports et des technologies de l'information et de la communication, les ressources naturelles, les capitaux humains et sociaux, la qualité de vie et la participation des citoyens à la vie démocratique de la ville.

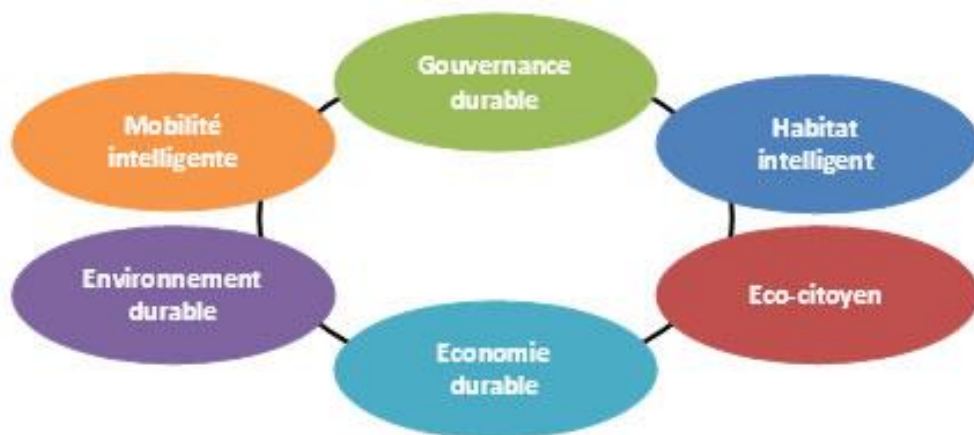


Figure I.3: Les principaux critères de classification des villes intelligentes

1. Une économie intelligente.
2. Une mobilité intelligente.
3. Un environnement intelligent.
4. Des habitants intelligents.
5. Un mode de vie intelligent.
6. Une administration intelligente.



Figure I.4: La ville intelligente

I.9.2 Les maisons intelligentes:

Ce type de maisons présente l'évolution numérique du réseau électrique domestique couplé avec les systèmes de comptage intelligent. Des dispositifs de technologies avancées permettront le pilotage énergétique des usages domestiques en les optimisant en fonction des intérêts préalablement définis par le client et la communauté. L'automatisation et l'optimisation des consommations et sources d'approvisionnement sont des pistes de services valorisables auprès des consommateurs.

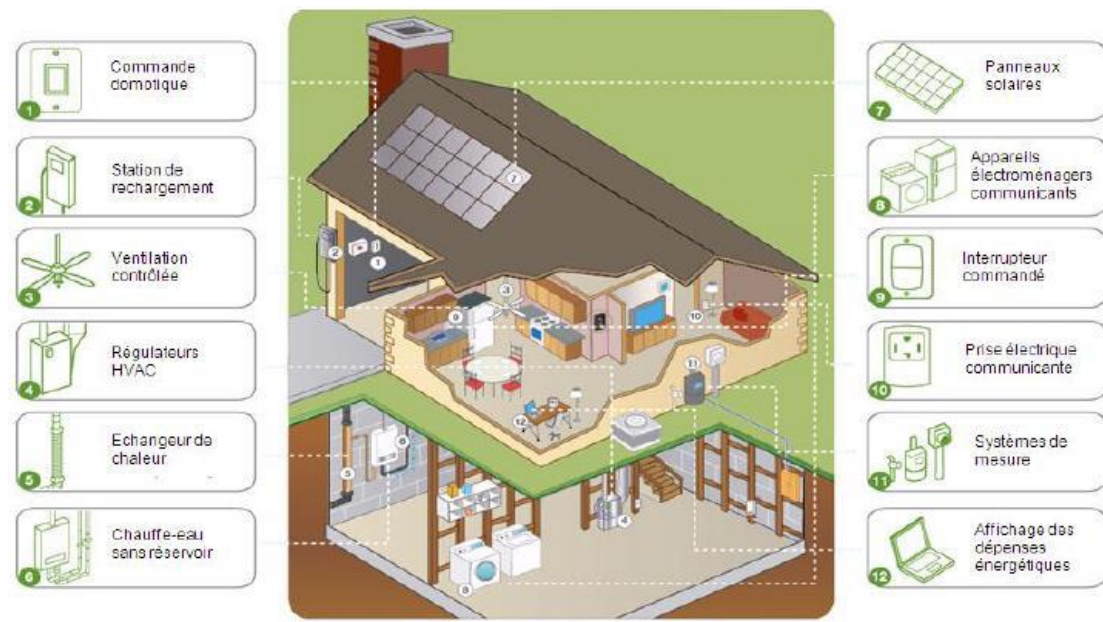


Figure I.5: La maison intelligente

I.9.3 Les véhicules électriques:

Les véhicules électriques hybrides rechargeables ou bien totalement électriques promettent un transport décarboné, et ouvrent la porte à de nouveaux marchés aux énergéticiens, sous réserve de forts investissements au niveau des réseaux de distribution et des infrastructures de recharge. Les recherches en matière de stockage d'énergie à bord accompagnant le développement de ces véhicules pourraient demain trouver des débouchés à différentes mailles du réseau et conduire à repenser intégralement la gestion de ceux-ci.



Figure I.6: Véhicule électrique rechargeable

I.9.4 Les compteurs intelligents :

Ils constituent la première étape vers un réseau intelligent. Le déploiement de compteurs évolués associés à un premier réseau de télécommunication bidirectionnel est la pierre angulaire des futurs réseaux électriques. Toutefois, cette première phase conduit généralement à des retours sur investissements faibles basés, principalement, sur des économies. [10]

Le compteur évolué est un sujet qui mobilise beaucoup d'attention et suscite de nombreuses questions. Plusieurs projets sont déjà à l'étude dans les pays de l'Union européenne, certains n'étant encore qu'à l'étape de la réflexion tandis que d'autres sont déjà mis en œuvre, en Italie notamment depuis 2000.[11]

I.9.4.1 Présentation d'un modèle de système de comptage évolué [12] :

Le système de comptage évolué est l'un des concepts clés des réseaux intelligents puisqu'il permet de communiquer sur les données de consommations avec les équipements en aval et en amont du compteur, il implique d'une part, la mise en place de compteurs communicants capables de stocker les informations résultant des mesures et, d'autre part, l'établissement de systèmes de transmission de données permettant la circulation rapide et fiable des informations contenues dans les compteurs entre les utilisateurs, les gestionnaires de réseaux et les fournisseurs.

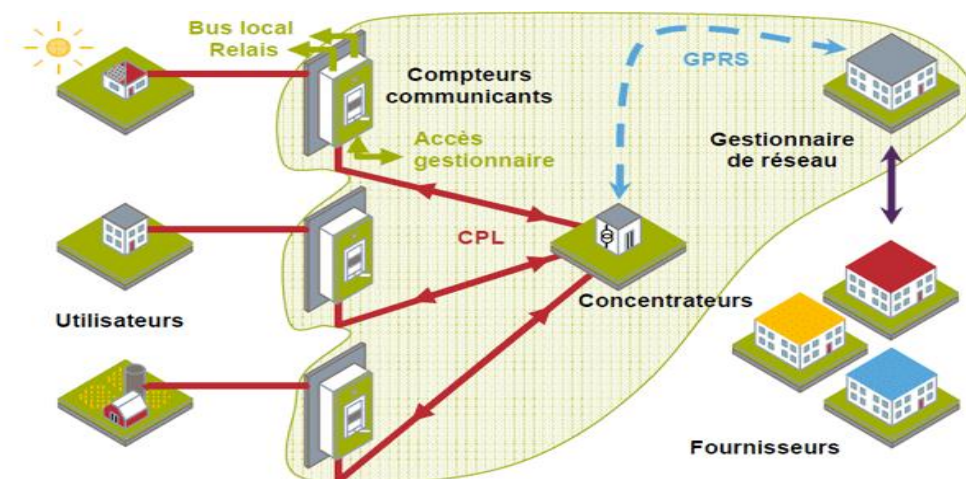


Figure I.7: Schéma d'un modèle couramment retenu pour un système de comptage évolué en électricité.

Dans les faits, le compteur est doté de capacités de communication bidirectionnelle (transmission et réception des informations) et permet la relève à distance ainsi que le pilotage de la fourniture d'énergie.

Comme le montre le schéma ci-dessus, la communication s'effectue entre un ensemble de compteurs installés chez les utilisateurs et un concentrateur localisé à proximité dans le poste de distribution, via la technologie du Courant Porteur en Ligne (CPL), qui rassemble ces données pour les transmettre au gestionnaire de réseaux. A chaque compteur et concentrateur est associé un modem CPL qui code et décode les données en un signal électrique et les superpose au courant électrique à 50 Hz.

Ensuite, au niveau des concentrateurs, les données sont codées sous format numérique, puis transmises au système informatique du gestionnaire de réseau par l'intermédiaire du réseau de téléphonie GPRS.

Le système informatique du gestionnaire de réseaux est accessible par les fournisseurs d'énergie qui reçoivent régulièrement les données de comptage de leurs clients pour la facturation de l'énergie.

I.9.4.2 Avantages et inconvénients des compteurs intelligents:

a) Avantage:

Les promoteurs de ces compteurs visent à inciter les clients à moins consommer, par l'établissement de prix différenciés en temps réel, aux heures de crêtes (surtarification) prévisibles selon les heures de la journée et la saison. Cela est censé encourager les clients à consommer moins d'énergie et permettre des économies globales d'énergies dans une perspective de développement durable. En effet, en permettant un suivi de consommation, ces systèmes permettraient de réaliser des économies d'énergie de 5 à 15 %, en favorisant de meilleures pratiques. Ces compteurs permettent également de couper à distance avec l'accord des clients l'alimentation de certains équipements, pour éviter les surcharges du réseau en période de pointe.

Les compteurs intelligents permettent également d'effectuer certaines opérations à distance, sans qu'un technicien se déplace et que le client soit présent. En éliminant les tâches manuelles de relève, de changement de puissance, de coupure ou de remise en service, ces compteurs sont censés à terme permettre une diminution des coûts de distribution de l'énergie et des délais d'intervention.

Ces compteurs permettront en outre d'avoir une facture basée sur une consommation en temps réel, plutôt que sur une alternance de relevés sur site et d'estimations.

b) Inconvénient:

La précision de ces compteurs et la liaison constante qu'ils entretiennent avec le fournisseur d'électricité sont jugées préoccupantes en raison des possibles atteints à la vie privée qu'ils permettent. Ainsi, le l'inquiète des dérives possibles en matière policière et commerciale : « Le gestionnaire peut savoir, en théorie, minute par minute dans quelle pièce vous vous trouvez et ce que vous y faites ! » Un chiffrage des données transmises devrait néanmoins éviter les piratages et les fournisseurs devraient se voir imposer des règles strictes dans l'usage de ces informations, quant à la nécessité de garantir la confidentialité des données, compte tenu du fait qu'à terme ces compteurs permettront de savoir « beaucoup de choses sur les occupants d'une habitation, comme leur horaire de réveil.

En outre, l'utilisation du CPL (courant porteur en ligne) suscite une interrogation du fait de la pollution électromagnétique en ondes à hautes fréquences associée à cette technologie lorsqu'elle est utilisée sans blindage des câbles. Outre des problèmes d'interférence pour les utilisateurs professionnels d'ondes HF, généralisées par le caractère systématique de l'installation des nouveaux compteurs, les hautes fréquences sont susceptibles de poser un sérieux problème de santé publique.

I.10 Quels sont les avantages des réseaux intelligents?[13]:

Les réseaux intelligents sont particulièrement précieux pour le consommateur. En effet, ce dernier deviendra progressivement un acteur de la production d'énergie électrique au même titre que le fournisseur d'électricité. À moyen terme, il est prévu que l'énergie produite par les parcs éoliens de particuliers soient injectés dans le circuit énergétique de leur maison et serve à recharger les batteries de voitures électriques. Qui plus est, les compteurs intelligents permettent de connaître exactement la consommation d'un usager. Les fournisseurs d'énergie peuvent donc proposer des factures de forfait d'électricité plus exactes.

C'est d'autant plus important qu'actuellement, il arrive que les clients utilisant les procédés de distribution d'énergie classique paient le même prix d'électricité, quelle que soit la période de l'année. Or, la demande et l'utilisation baissent durant certaines périodes de l'année. C'est grâce aux compteurs intelligents qu'on peut déterminer les pics de consommation et les périodes mortes, afin d'adapter son offre et payer exactement le juste prix.

Un dernier avantage non négligeable : les nouvelles technologies permettent de détecter plus rapidement les pannes sur le réseau. De fait, même les opérations de

maintenance s'opèrent parfois à distance. Avec un peu de formation, les clients sont capables de réaliser même de petites réparations qui ne présentent pas de risques pour leur santé.

I.11 Conclusion:

Dans ce contexte et compte tenu des enjeux, les réseaux électriques actuels doivent absolument s'adapter pour devenir plus intelligents, c'est-à-dire intégrer les nouvelles technologies de l'information et de la communication. Plus réactifs et communicants, ils permettront de répondre aux défis que constituent l'intégration de la production électrique d'origine renouvelable, la maîtrise de la demande énergétique, la gestion de la pointe de consommation, le développement de l'usage de la voiture électrique et, évidemment, l'ouverture du marché.

En résumé, les réseaux électriques intelligents :

- faciliteront l'intégration de la production de sources renouvelables et décentralisée,
- rendront actif le consommateur au sein du système électrique,
- fourniront au consommateur la connaissance suffisante permettant un pilotage efficace de sa consommation,
- participeront à l'élaboration d'un système électrique décarboné.

Afin d'appliquer cette étude ou système mentionné ci-dessus, nous devons aborder l'étude et les détails du système SCADA, que nous aborderons dans le chapitre suivant.

II.1 Introduction:

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

Dans ce chapitre, nous commençons par définir la notion du système SCADA, son fonctionnement et leur architecture ainsi que leur application.

II.2 Supervision dans un environnement SCADA

Le système SCADA fonctionne par l'acquisition de données provenant de l'installation. Ces dernières sont affichées sur une interface graphique sous un langage très proche de langage humain, ces opérations sont exécutées en temps réel, ainsi les systèmes SCADA donnent aux opérateurs le maximum d'information pour une meilleure décision, ils permettent un très haut niveau de sécurité, pour le personnel et pour l'installation et permettent aussi la réduction des coûts des opérations, les avantages qu'offre le SCADA sont obtenus avec la combinaison des outils logiciels et matériels [10].

II.3 Définition du SCADA :

SCADA est un acronyme qui signifie le contrôle et la supervision par acquisition de données (en anglais : Supervisory Control and Data Acquisition) permettant la centralisation des données, la présentation souvent semi-graphique sur des postes de « pilotage », le système SCADA collecte des données de divers appareils d'une quelconque installation, puis transmet ces données à un 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. [11]

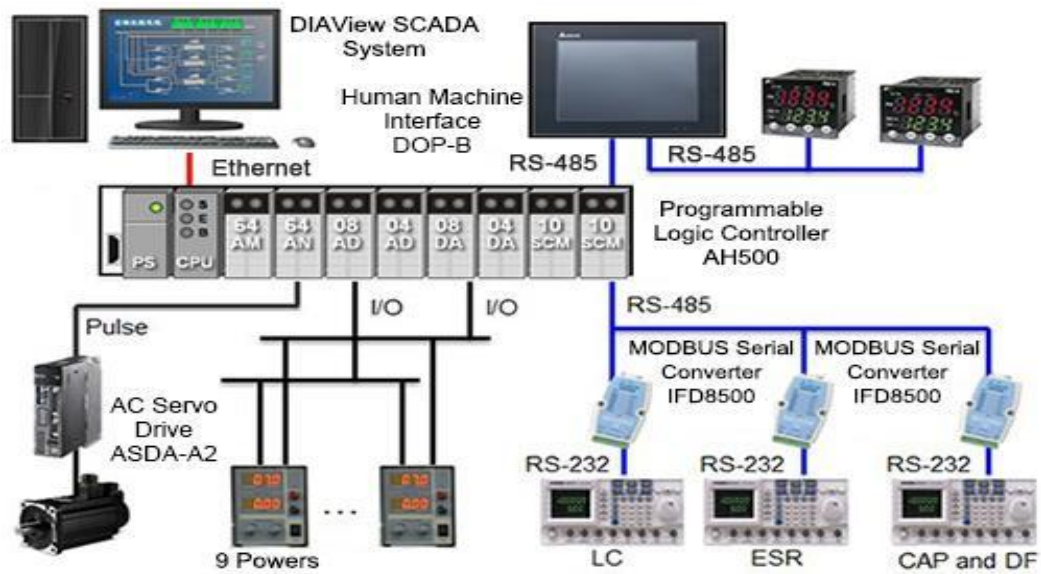


Figure II.1: Schéma général d'un système SCADA

II.4 Eléments du système SCADA:

Principalement un système SCADA se compose de (voir figure II.2):

II.4.1 RTU (Remote Terminal Unit):

Il sert à collecter les informations à partir de l'instrumentation du terrain et les transmettre au MTU à travers le système de communication.

II.4.2. MTU (Master Terminal Unit):

Il recueille les données provenant des RTU, les rendre accessibles aux opérateurs via l'HMI et transmet les commandes nécessaires des opérateurs vers l'instrumentation du terrain.

II.4.3. Système de communication :

Moyen de communication entre MTU et les différents RTU, la communication peut être par le biais de l'Internet, réseaux sans fil ou câblé, ou le réseau téléphonique public...etc. [12], [13], [14].

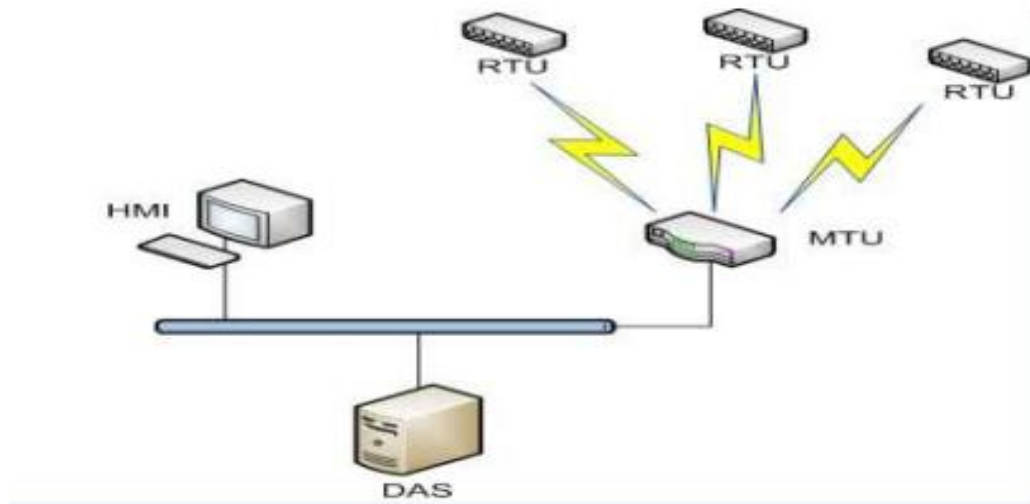


Figure II.2 : Eléments d'un système SCADA

II.5 Protocoles de communication d'un système SCADA :

Les protocoles de communication dans un environnement SCADA évoluent suite à la nécessité d'envoyer et de recevoir des données jugées critiques généralement pour de longues distances et en temps réel, cette optique a donné naissance de plusieurs protocoles dont on va développer les plus utilisés [12].

II.5.1 Le Protocol Modbus :

Marque déposée par Modicon est un protocole de communication utilisé pour des réseaux d'automates programmables. Le protocole MODBUS est un protocole de transmission de données régissant le dialogue entre une station "Maitre" et des stations "Esclaves". L'échange Maitre-Esclave s'effectue par l'envoi de trames MODBUS le format de base est le suivant (voir figure II.3) [13]:

Champ Adresse	Champ Fonction	Champ Données	Contrôle de Redondance Cyclique
---------------	----------------	---------------	---------------------------------

- ❖ Le champ adresse correspond à l'adresse de la station Esclave destinataire de la requête.
- ❖ Le champ fonction détermine le type de commande (lecture mot, écriture mot, etc. ...).
- ❖ Le champ de données contient l'ensemble des paramètres et informations liés à la requête.
- ❖ Le contrôle de redondance cyclique (CRC) permet à la station destinataire de vérifier

l'intégrité de chaque trame.

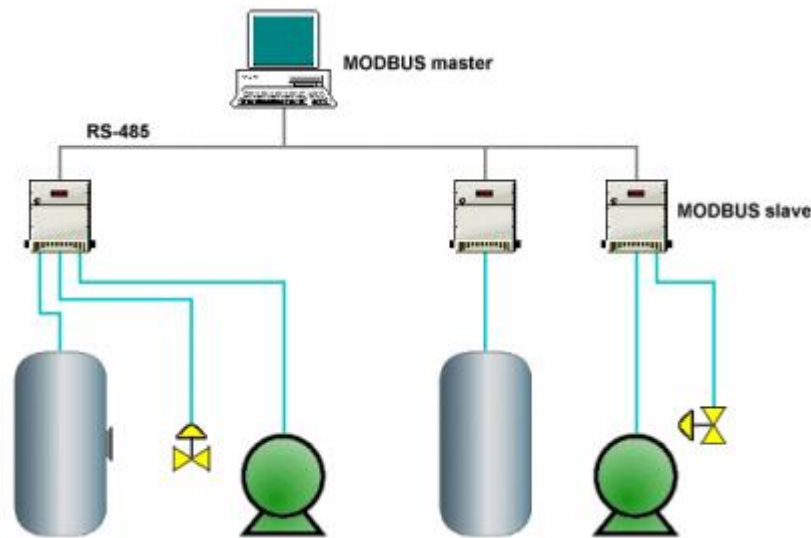


Figure II.3: Communication par le Protocole Modbus.

II.5.2.Modbus RTU

Modbus RTU est un protocole ouvert qui transmet les données en série utilisant des câbles (RS-232 ou RS-485) dérivés de l'architecture maître/esclave. C'est un protocole largement accepté en raison de sa facilité d'utilisation. Ce protocole est utilisé dans les systèmes de gestion de bâtiment, ainsi que dans les systèmes automatiques industriels [15-16].

Le message de Modbus RTU se compose d'une architecture 16-bits. La simplicité de cette architecture est d'assurer la fiabilité de transmission des messages. Ce protocole peut être utilisé pour transférer des virgules flottantes, des Tableaux, des textes ASCII, des files d'attente, et d'autres données non liées. Le Tableau 1 présente le type de communication entre le maître et l'esclave.

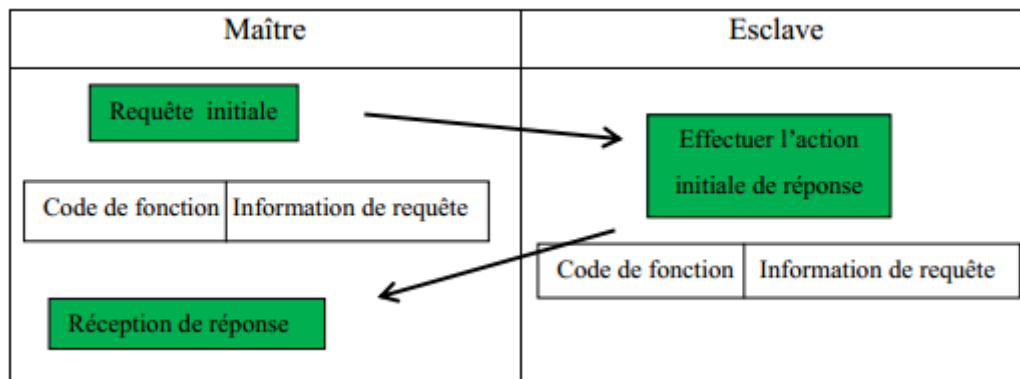


Tableau 1 : Méthode de communication entre le maître et l'esclave en utilisant le Modbus RTU

II.5.3 Modbus ASCII

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 (American Standard Code for Information Interchange), 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 (intervalle de temps allant jusqu'à une seconde pour délivrer un message) [17]

II.5.4 Le protocole DNP3

Est construit sur le profil EPA (Enhanced Performance Architecture) qui est une version simplifiée du modèle OSI (Open System Interconnection). Le protocole DNP3 [18] est un protocole de communication multipoint qui permet d'échanger des informations entre un système de conduite (superviseur ou RTU) et un ou plusieurs équipements électroniques intelligents (IED : Intelligent Electronic Device) (voir figure II.4).

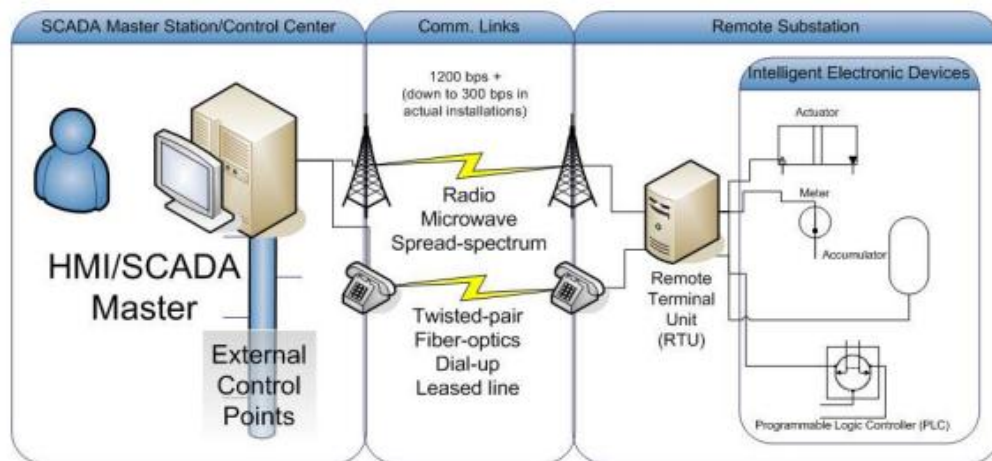


Figure II.4: Communication par le Protocole Modbus

II.5.5 Modbus TCP/IP

Le Transmission Control Protocol (TCP) et l'Internet Protocol (IP) sont des protocoles fiables qui utilisent la couche de transport du modèle OSI. Ces protocoles sont utilisés conjointement. Lorsque des informations sur Modbus sont envoyées en utilisant ces protocoles, les données sont transmises à TCP puis envoyées dans une adresse IP. Ensuite, IP place les données dans un paquet (ou datagrammes) et le transmet dans un dispositif de réception.

Ce protocole fonctionne avec le mode Client / Serveur. Les clients sont tous actifs, le serveur est complètement passif. Chaque client a le droit de lire et écrire dans le serveur. Les trames à envoyer contiennent une fonction et une instruction à traiter : écriture et/ou lecture. Chaque serveur possède sa propre adresse IP [19].

La performance d'un réseau Modbus TCP dépend fortement du type et de la conception du réseau Ethernet. Ce dernier utilise les performances des processeurs dans les interfaces de communication pour les dispositifs respectifs. Modbus TCP est une approche pragmatique qui utilise Ethernet comme un moyen de transmission de données pour les applications d'automatisation [19].

II.5.6 Protocole DH/DH+/DH-485

Ce sont des protocoles principalement utilisés par des automates de type Allen Bradley.

protocole DH signifie « Data High ». Il offre une communication demi-duplex avec l'utilisation du réseau local « LAN ». Le protocole de communication DH+ signifie « Data high plus » qui est le même que DH protocole, mais il dispose d'une limitation du système, également appelé « maître flottant ». Le protocole DH+ utilise le modèle EPA.

DH-485 est un protocole propriétaire qui assure la communication entre le système informatique (PC) et les dispositifs de terrain. La communication est assurée par un réseau local « LAN » à l'aide le connecteur RS-485.

II.6 Architecture du SCADA

Les systèmes SCADA ont évolués en parallèle avec la croissance et la sophistication des technologies de l'information. Dans cette partie on va traiter de l'évolution des systèmes scada et fournir une description des trois (03) générations suivantes :

II.6.1 Première génération: «monolithique»

Dans la première génération, le concept d'informatique était en général appliqué par une unité centrale. Les réseaux n'existait pas et chaque système centralisé était seul, ainsi les systèmes scada était autonome avec pratiquement aucune connexion à un autre système.

Les réseaux étendu WAN (wide area networks) qui ont était implanté pour communiquer avec les RTU (remote terminal unite) ont étaient conçue avec le seule but de communiquer avec les postes locaux et rien d'autre, les protocoles de communication ont étaient développés par le fournisseur des RTU.

La redondance dans ces systèmes de première génération a été accomplie par l'utilisation de deux unités centrales identiquement équipés, une première et une sauvegarde.

La fonction première de cette sauvegarde est de prendre le relai en l'éventualité d'une défaillance détectée. Cette figure décrit la première génération SCADA.

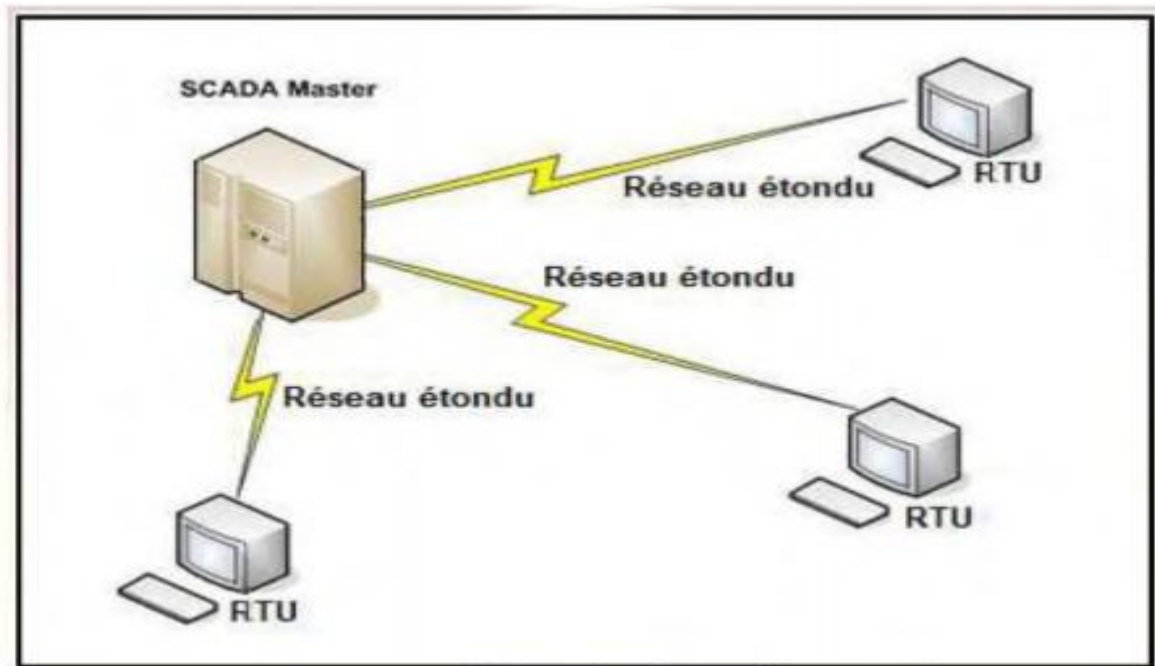


Figure II.5: architecture SCADA de première génération

II.6.2 Deuxième génération: «distribué»

La deuxième génération a profité des développements dans le domaine de la miniaturisation et de la technologie des réseaux locaux pour répartir le traitement entre plusieurs stations reliées par un réseau local et partager l'information en temps réel.

Chaque station est responsable d'une tâche particulière rendant ainsi la taille et le coût de chaque station inférieure à celle utilisée dans la première génération.

La répartition des tâches de fonctionnement du système à toutes les stations connectées au réseau ne sert pas seulement à l'augmentation de la puissance de traitement mais aussi permet d'améliorer la redondance et la fiabilité dans le système. Plutôt que d'avoir un système de basculement de secours qui est utilisé dans la plus part des systèmes de première génération, l'architecture distribué garde toutes les stations en ligne tout le temps, donc si on a une défaillance sur une station IHM, une autre prendra le relais sans attendre le basculement du système primaire.

Comme était le cas pour l'architecture de première génération, la seconde génération des systèmes scada est limitée du côté matériel, logiciel et des équipements périphériques qui sont fournis ou sélectionnés par le fournisseur du système scada.

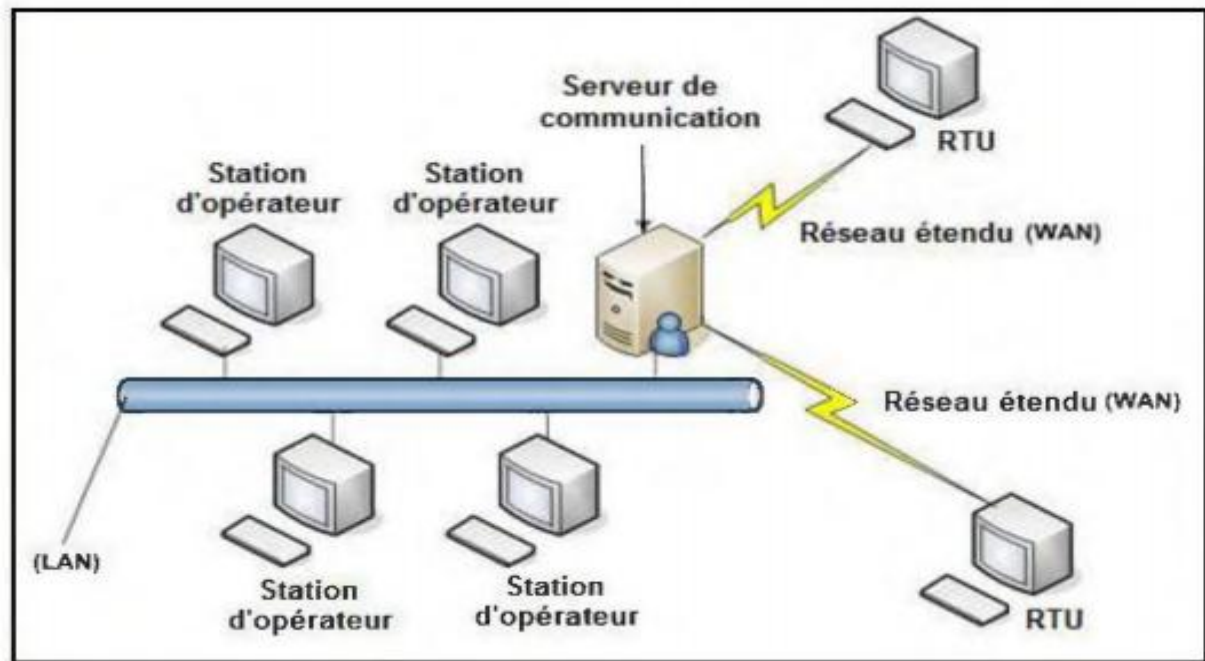


Figure II.6: architecture SCADA de deuxième génération

II.6.3 Troisième génération: «en réseau»

La génération actuelle adopte une architecture réseau, qui est étroitement liée à l'architecture distribuée sauf que l'architecture réseau offre une ouverture à un environnement autre que celui conditionné par le fournisseur. L'amélioration majeure dans la troisième génération vient de l'utilisation des protocoles WAN comme le protocole internet (IP) pour la communication entre la station maître et les équipements de communication.

Cela permet à la portion de la station maître responsable de la communication avec les appareils de terrain d'être séparée de la station maître et cela par le biais du réseau WAN.

En raison de l'utilisation de protocoles standards et le fait que de nombreux systèmes SCADA réseau sont accessibles à partir d'Internet, les systèmes sont potentiellement vulnérables à distance cyber-attaques.

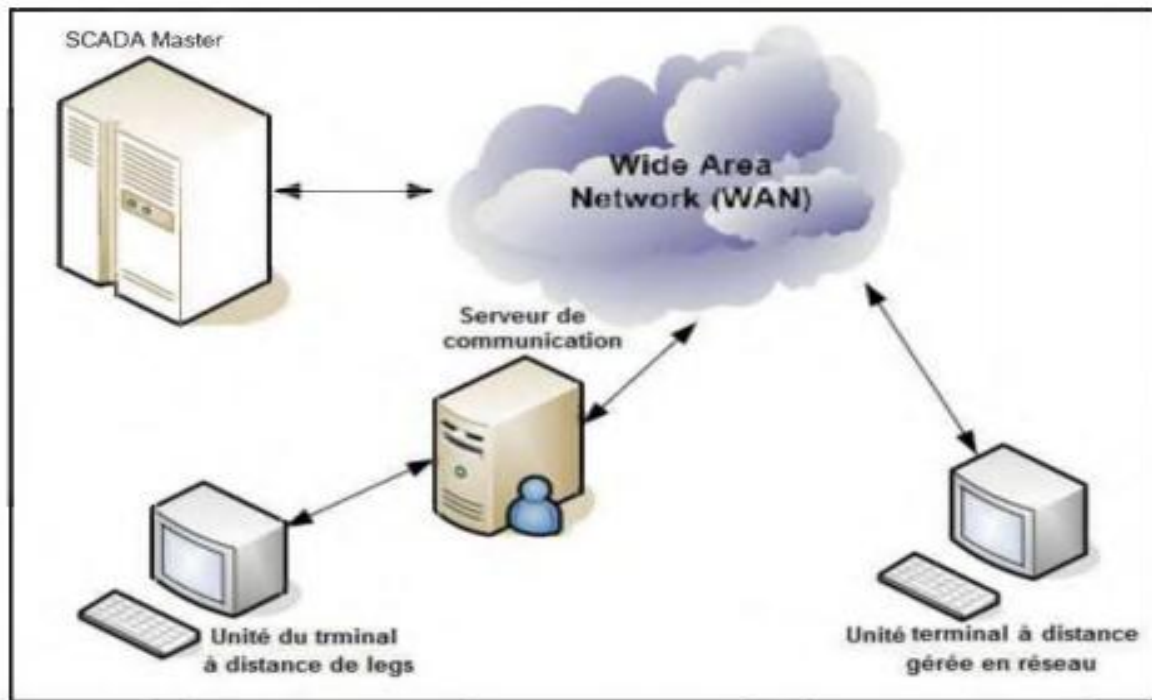


Figure II.7: architecture SCADA de troisième génération.

II.7 L'interface Homme Machine(HMI):

Le logiciel d'interface homme/Machine SCADA fournit à la fois des vues graphiques de l'état des terminaux à distance et leurs historiques d'alarmes. Il permet de visualiser l'ensemble des données du procédé et d'intervenir à distance sur les machines. Il génère des rapports d'exploitation et de contrôle de données environnementales. Il archive la synthèse des données dans ses bases d'historiques.

Les fonctions principales d'un logiciel SCADA sont les actions suivantes :

- ❖ La visualisation des données d'exploitation à travers la totalité des installations.
 - ❖ L'acquisition, le stockage et l'extraction des données d'exploitation importantes avec les commentaires saisis par l'opérateur.
 - ❖ La visualisation des tendances en temps réel à partir de données temps réel ou depuis les bases d'archivage
 - ❖ L'amélioration de la disponibilité des installations et la fourniture des informations fiables.
 - ❖ La capture des notifications d'alarme adressées au personnel d'exploitation et de maintenance par message texte ou par voie vocale.
- La génération des rapports d'exploitation et les rapports réglementaires régulièrement

- La gestion la sécurité des processus et des procédés à travers l'ensemble des installations et l'administration des authentifications et les habilitations pour l'accès des personnels.

En plus l'interface graphique doit faciliter aux opérateurs toute ces taches citées, l'HMI du SCADA est très important pour le bon déroulement de la procédure d'aide à la décision, il est le seul point d'interaction entre l'opérateur et les algorithmes d'aide à la décision, ainsi, il aide l'opérateur dans sa tâche d'interprétation et de prise de décision, en lui offrant une très bonne visibilité sur l'état et l'évolution de l'installation, avec l'affichage en différentes couleurs des résidus, des alarmes et des proposition sur l'action à entreprendre. [20],[21].

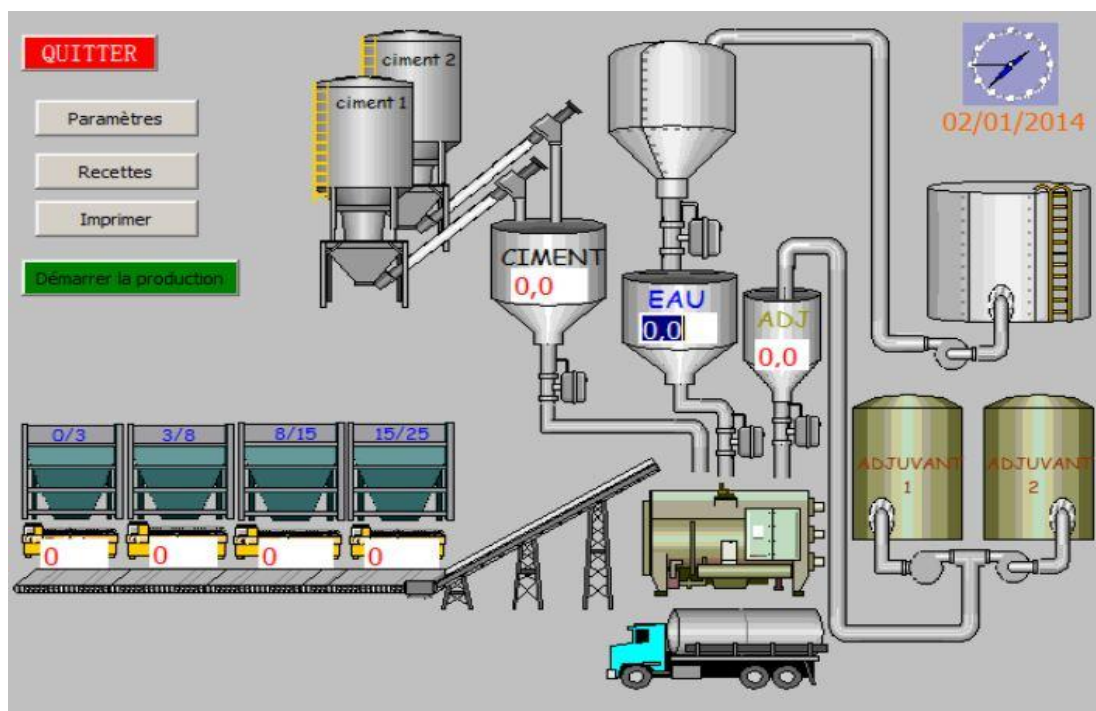


Figure II.8: Exemple d'interface HMI

II.8 Domaines d'application

II.8.1 Le pilotage de grandes installations industrielles automatisées:

- ❖ Métallurgie (laminoir) production pétrolière (distillation).
- ❖ Production et stockage agroalimentaire (lait, céréales...).
- ❖ Production manufacturière (automobile, biens de consommation...).

II.8.2 Le pilotage d'installations réparties:

- ❖ Alimentation en eau potable.
- ❖ Traitement des eaux usées.

- ❖ Gestion des flux hydrauliques (canaux, rivières, barrages...).
- ❖ Gestion de tunnels (ventilation, sécurité).

II.8.3 La gestion technique de bâtiments et gestion technique centralisée (GTC):

- ❖ Gestion des moyens de chauffage et d'éclairage (économies d'énergie).
- ❖ Gestion des alarmes incendies.
- ❖ Contrôle d'accès, gestion des alarmes intrusion.

II.9 Avantages du SCADA :

Parmi les avantages du SCADA en retrouve :

1. Le suivi de près du système ; voire l'état du fonctionnement de procédé dans des écrans même s'il se situe dans une zone lointaine.
2. Le contrôle et l'assurance que toutes les performances désirées sont atteintes ; de visualiser les performances désirées du système a chaque instant, et s'il y aurait une perte de performance, une alarme se déclenchera d'une manière automatique pour prévenir l'opérateur.
3. Produire une alarme lorsqu'une faute se produit et visualise même la position où situé la faute et l'élément défectueux, ce qui facilite la tâche du diagnostic et de l'intervention de l'opérateur.
4. Donne plusieurs informations sur le système ainsi aide l'opérateur à prendre la bonne décision, et ne pas se tromper dans son intervention.
5. Diminue la tâche du personnel en les regroupant dans une salle commande.
6. Elimination ou réduction du nombre de visite aux sites éloignés; avec une interface graphique, on peut suivre l'état de l'installation à chaque instant, ainsi on n'aura pas besoin de faire des visites de contrôles [20], [21].

II.10 application de supervision :

La figure II.9 suivante présente un exemple simulé à savoir le contrôle de la plant mixer. Et la figure II.10 présente le contrôle de réseaux électrique

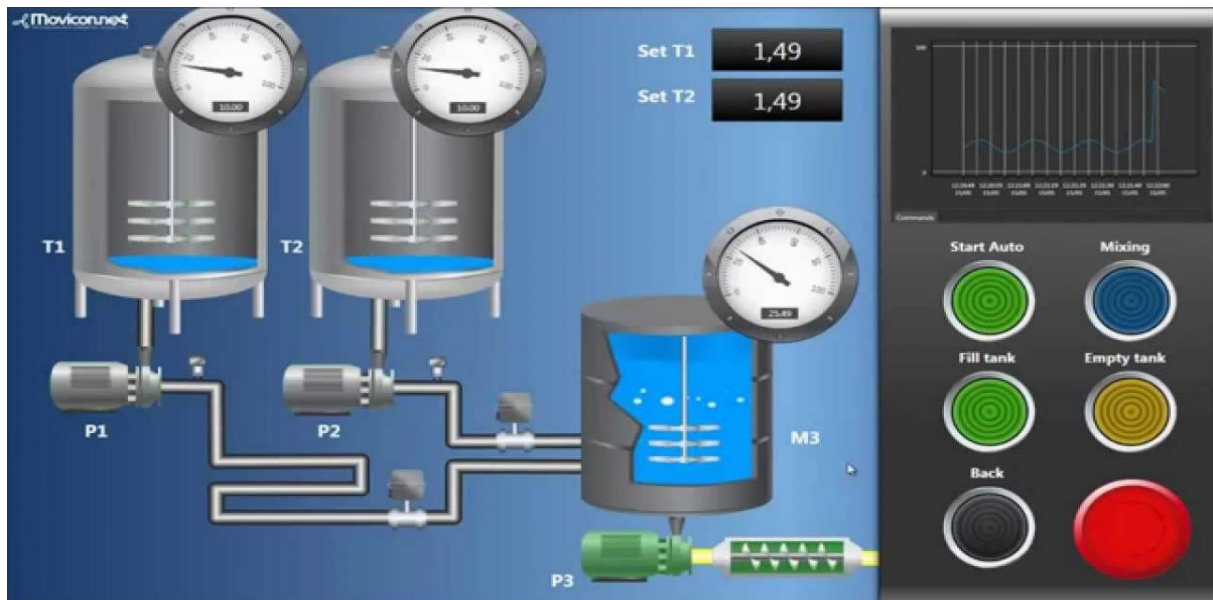


Figure II.9: La face-avant de l'application est son interface utilisateur

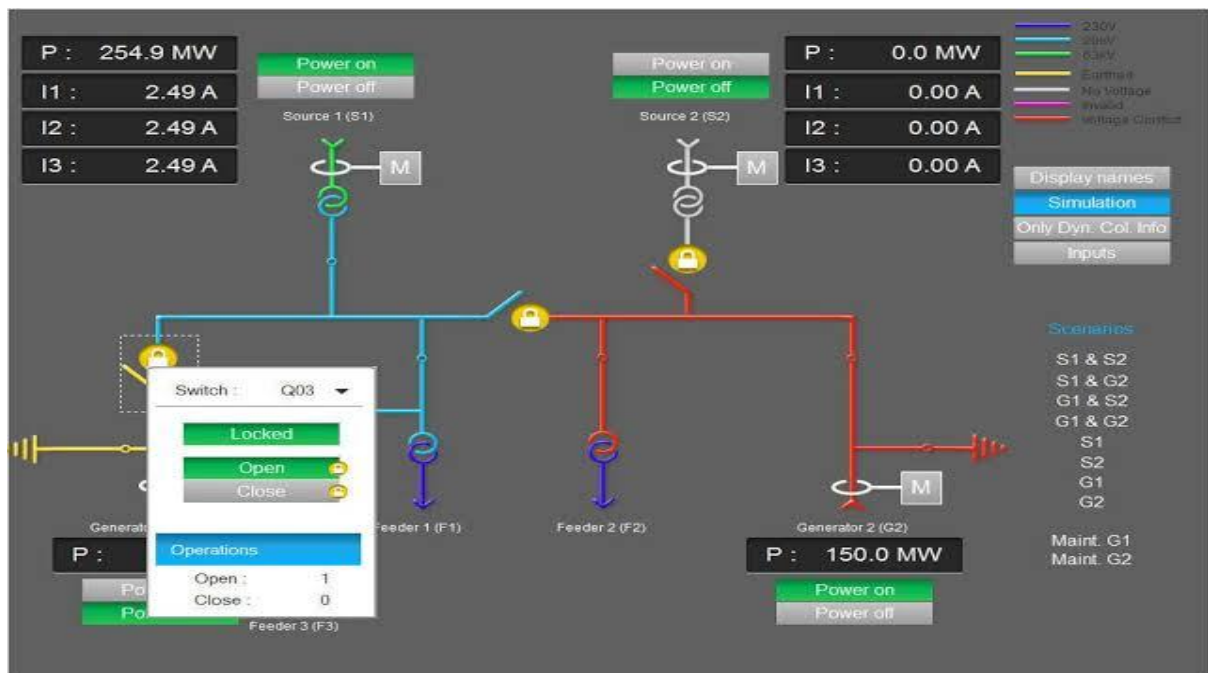


Figure II.10: La face- avant de l'application

II.11 Conclusion :

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

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 villes intelligentes et 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 chapitre suivant est consacré à la hardware et software utilisé par la simulation de notre projet SCADA.

III.1 Introduction :

Lors de notre étude du côté des applications, nous avons utilisé plusieurs périphériques (hardware) et programmes (software). Dans ce chapitre, nous examinerons la définition, les caractéristiques et la fonction de chaque

III.2 Automate programmable :

Un automate programmable industriel (API) est une machine électronique spécialisée dans la conduite et la surveillance en temps réel de processus industriels et tertiaires. Il exécute une suite d'instructions introduites dans ses mémoires sous forme de programmes, et s'apparente par conséquent aux machines de traitement de l'information. Trois caractéristiques fondamentales le distinguent des outils informatiques tels que les ordinateurs utilisés dans les entreprises et le tertiaire :

- Il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses entrées/sorties industrielles.

Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (Température, vibrations, microcoupures de la tension d'alimentation, parasites, etc...).

Enfin, sa programmation à partir de langages spécialement développés pour le traitement de fonctions d'automatisme facilite son exploitation et sa mise en œuvre.[26]



Figure III.1 : Automate programmable TM221Schneider-électricité.

III.2.1 Critères de choix d'un automate :

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe et les contacts commerciaux et expériences vécues sont déjà un point de départ. Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir se retourner en cas de perte de vitesse de l'une d'entre elles. Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels et une trop grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions. Un automate utilisant des langages de programmation de type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions. La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables. Il faut ensuite quantifier les besoins :

- **Nombre d'entrées / sorties** : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.
- **Type de processeur** : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.
- **Fonctions ou modules spéciaux** : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de soulager le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).
- **Fonctions de communication** : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...).

III.2.2 Avantages des automates programmables

- ❖ Evolutivité : très favorable à l'évolution. Très utilisé en reconstruction d'armoire.
- ❖ Fonctions : assure les fonctions Conduites, Dialogue, Communication et Sûreté.
- ❖ Taille des applications : gamme importante d'automate.
- ❖ Vitesse : temps de cycle de quelque ms.
- ❖ Modularité : haute modularité, présentation modularité en rack.
- ❖ Architecture de commande : centralisée ou décentralisée avec l'apparition d'une offre importante en choix de réseaux, bus de terrain, blocs E/S déportés.[22]

III.2.3 Langage de programmation pour API :

Les programmes utilisés avec les API peuvent être écrits dans différents formats. Pour que les ingénieurs ayant peu de connaissances en programmation puissent élaborer des

programmes pour les API, le langage à contacts a été conçu. La plupart des fabricants d'automates ont adopté cette méthode d'écriture des programmes. Toutefois, puisque chacun a eu tendance à développer ses propres versions, une norme internationale a été établie pour le langage à contacts et, par voie de conséquence, pour toutes les méthodes de programmation employées avec les API [23].

La norme IEC 1131-3 définit cinq langages qui peuvent être utilisés pour la programmation des automates programmables industriels. Ces cinq langages sont :

III.2.3.1 Le langage LD (Ladder Diagram) :

C'est une représentation graphique d'équations booléennes combinant des contacts (en entrée) et des relais (en sortie). Il permet la manipulation de données booléennes, à l'aide de symboles graphiques organisés dans un diagramme comme les éléments d'un schéma électrique à contacts. Les diagrammes LD sont limités à gauche et à droite par des barres d'alimentation.

III.2.3.2 Le langage ST (StructuredText) :

Un langage textuel de haut niveau dédié aux applications d'automatisation. Ce langage est principalement utilisé pour décrire les procédures complexes, difficilement modélisables avec les langages graphiques. C'est le langage par défaut pour la programmation des actions dans les étapes et des conditions associées aux transitions du langage SFC. Un programme ST est une suite d'énoncés. Chaque énoncé est terminé par un point-virgule (« ; »). Les noms utilisés dans le code source (identificateurs de variables, constantes, mots clés du langage...) sont délimités par des séparateurs passifs ou des séparateurs actifs, qui ont un rôle d'opérateur. Des commentaires peuvent être librement insérés dans la programmation.

III.2.3.3 Le langage IL (Instruction List) :

Un langage textuel de bas niveau. Il est particulièrement adapté aux applications de petite taille. Les instructions opèrent toujours sur un résultat courant (ou registre IL). L'opérateur indique le type d'opération à effectuer entre le résultat courant et l'opérande. Le résultat de l'opération est stocké à son tour dans le résultat courant. Un programme IL est une liste d'instructions. Chaque instruction doit commencer par une nouvelle ligne, et doit contenir un opérateur, complété éventuellement par des modificateurs et, si c'est nécessaire pour l'opération, un ou plusieurs opérandes, séparés par des virgules (','). Une étiquette suivie de deux points (':') peut précéder l'instruction. Si un commentaire est attaché à l'instruction,

il doit être le dernier élément de la ligne. Des lignes vides peuvent être insérées entre des instructions. Un commentaire peut être posé sur une ligne sans instruction [24].

III.2.3.4 Le langage FBD (Function Block Diagram) :

C'est un langage graphique. Il permet la construction d'équations complexes à partir des opérateurs standards, de fonctions ou de blocs fonctionnels. Les principales fonctions sont :

- L'énoncé RETURN (peut apparaître comme une sortie du diagramme, si liaison connectée prend l'état booléen TRUE, la fin du diagramme n'est pas interprétée.
- Les étiquettes et les sauts conditionnels sont utilisés pour contrôler l'exécution du diagramme. Aucune connexion ne peut être réalisée à droite d'un symbole d'étiquette ou de saut.
- Saut à une étiquette (le nom de l'étiquette est « LAB »).

III.2.3.5 Le langage SFC (Sequential Function Chart), ou GRAFCET :

C'est un langage graphique utilisé pour décrire les opérations séquentielles. Le procédé est représenté comme une suite connue d'étapes (états stables), reliées entre elles par des transitions, une condition booléenne est attachée à chaque transition.

Les actions dans les étapes sont décrites avec les langages ST, IL, LD ou FBD. Les principales règles graphiques sont :

- ❖ un programme SFC doit contenir au moins une étape initiale.
- ❖ une étape ne peut pas être suivie d'une autre étape.
- ❖ une transition ne peut pas être suivie d'une autre transition.

L'automate utilisé dans notre projet appartient à la gamme Modicon MT221CE24R de Schneider.



Figure III.2 : Automate Schneider TM221CE24R

III.2.4 Présentation du TM221CE24R :

Les fonctionnalités suivantes sont intégrées au contrôleur logique TM221CE24R :

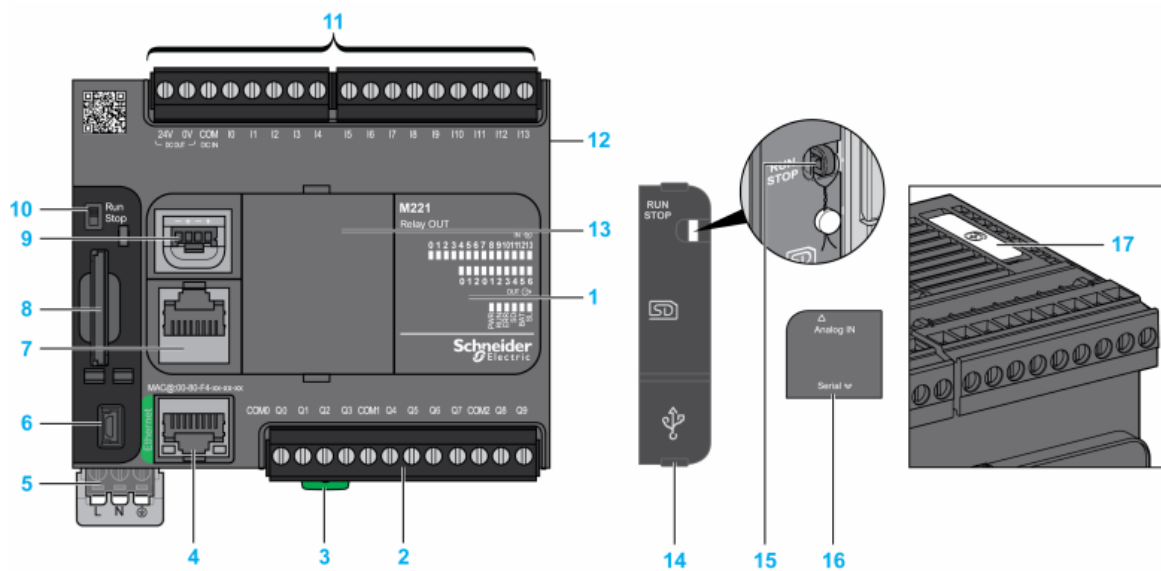


Figure III.3 : Les différents composants des contrôleurs logiques

1- Voyants d'état	9- 2 entrées analogiques 17- Logement de la pile
2- Bornier de sorties débrochable	10-Interrupteur Run/Stop
3- Système de verrouillage encliquetable pour rail oméga (DIN)de 35 mm (1,38 in.)	11-Bornier débrochable d'entrée et alimentation intégrée utilisés pour la connexion des capteurs aux entrées.
4- Port Ethernet / connecteur RJ45	12-Connecteur d'extension d'E/S
5-Alimentation 100 à 240 VCA	13-Emplacement de la cartouche
6- Port de programmation USB mini-B / Pour le raccordement des bornes à un ordinateur de programmation (SoMachine Basic)	14-Capot de protection (emplacement de la carte SD, interrupteur Run/Stop et port de programmation USB mini-B)
7- Port de ligne série 1 / connecteur RJ45 (RS-232 ou RS-485)	15-Crochet de verrouillage
8-Emplacement de la carte SD	17-Cache amovible pour entrées analogiques

Tab III.1 : Caractéristique automate Schneider tm221ce24r

III.2.5 Structure interne des automates programmables :

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma ci-dessous.

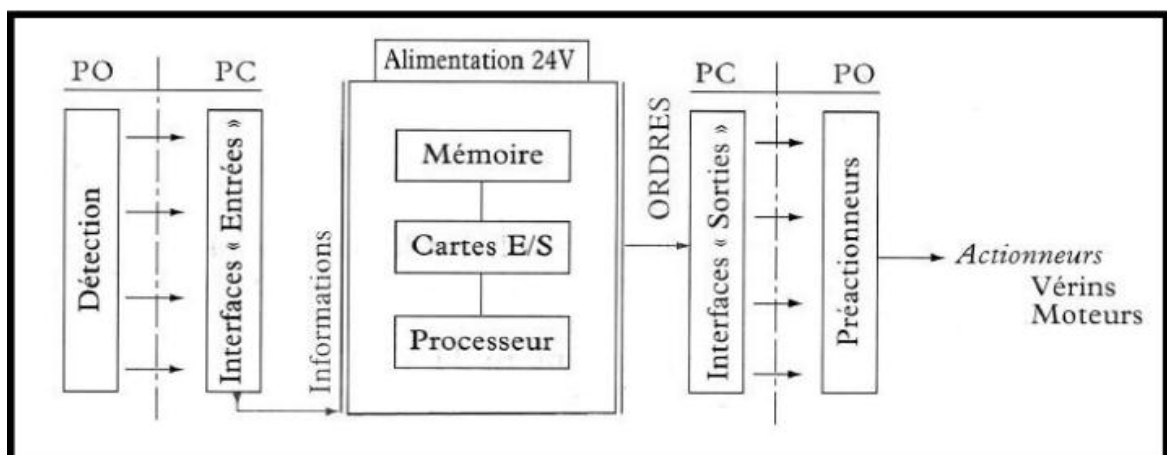


Figure III.4 : Structure interne d'un API.

Détaillons successivement chacun des composants qui apparaissent sur ce schéma.

III.2.5.1 Le processeur :

Le processeur a pour rôle principal le traitement des instructions qui constituent le Programme de fonctionnement de l'application. Mais en dehors de cette tâche de base, il réalise également d'autres fonctions :

- ❖ Gestion des entrées/sorties.
- ❖ Surveillance et diagnostique de l'automate par une série de tests lancés à la mise sous tension ou cycliquement en cours de fonctionnement.
- ❖ Dialogue avec le terminal de programmation aussi bien pour l'écriture et la mise au point du programme qu'en cours d'exploitation pour des réglages ou des vérifications de données.

Le processeur est organisé autour d'un certain nombre de registres, ce sont des mémoires rapides permettant la manipulation des informations qu'elles retiennent, ou leur combinaison avec des informations extérieures. [22]

Les principaux registres existants dans un processeur sont :

III.2.5.2 Les mémoires

Un système de processeur est accompagné par un ou plusieurs types de mémoires. Elles permettent :

- ❖ De stocker le système d'exploitation dans des ROM ou PROM.
- ❖ Le programme dans des EEPROM.
- ❖ Les données système lors du fonctionnement dans des RAM. Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, en règle générale, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires type PCMCIA. [22]

III.2.5.3 Les modules d'entrées/sorties

Ils assurent le rôle d'interface entre la CPU et le processus, en récupérant les informations sur l'état de ce dernier et en coordonnant les actions. Plusieurs types de modules sont disponibles sur le marché selon l'utilisation souhaitée :

❖ **Modules TOR (Tout Ou Rien):**

L'information traitée ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...). C'est le type d'information délivrée par une cellule photoélectrique, un bouton poussoir ...etc.

La module que nous avons ajoutée à notre travail est : ExpansionTM2DRA8RT



Figure III.5: expansion TM2DRA8RT

Principales

Gamme de produits	Boîtier électronique de commande Modicon M221
Fonction produit	Module de sorties numériques
Nombre sorties TOR	8
Type de sortie numérique	Relais

Tab III.2 : Caractéristique expansion TM2DRA8RT

❖ **Modules analogiques :**

L'information traitée est continue et prend une valeur qui évolue dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (débitmètre, capteur de niveau, thermomètre...etc.).

III.2.5.4 L'alimentation

Elle a pour rôle de fournir les tensions continues nécessaires aux composants avec de bonnes performances, notamment face aux microcoupures du réseau électrique qui constitue la source d'énergie principale. La tension d'alimentation peut être de 5V, 12V ou 24V. D'autres alimentations peuvent être nécessaires pour les châssis d'extension et pour les modules entrées/sorties. Un onduleur est nécessaire pour éviter les risques de coupures non tolérées. [22]

III.3 Les contacteurs [8]:

Le contacteur est un appareil de commande capable d'établir ou d'interrompre le passage de l'énergie électrique (c'est sa fonction). Il a donc un pouvoir de coupure non nul.

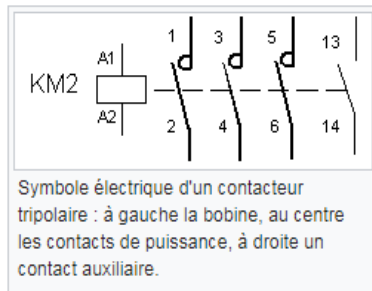


Figure III.6: contacteur Schneider

III.4 Centrale de mesure :

III.4.1 Définition :

Une centrale de mesure est un organe électrotechnique servant à mesurer et à analyser un réseau électrique. Une centrale de mesure concentre les fonctions de plus d'une dizaine d'outils électriques tels que les wattmètres, ampèremètres, etc. Au cœur de la politique de Smart Grid, une centrale de mesure s'intègre dans une politique de gestion de l'énergie, principalement dans le secteur de l'industrie.

La centrale de mesure utilisée dans notre projet appartient à la gamme Power Logic PM8000 de Schneider.



Figure III.7 : Centrale de mesure PM8000

III.4.2 Les Composants de PM 8000 :

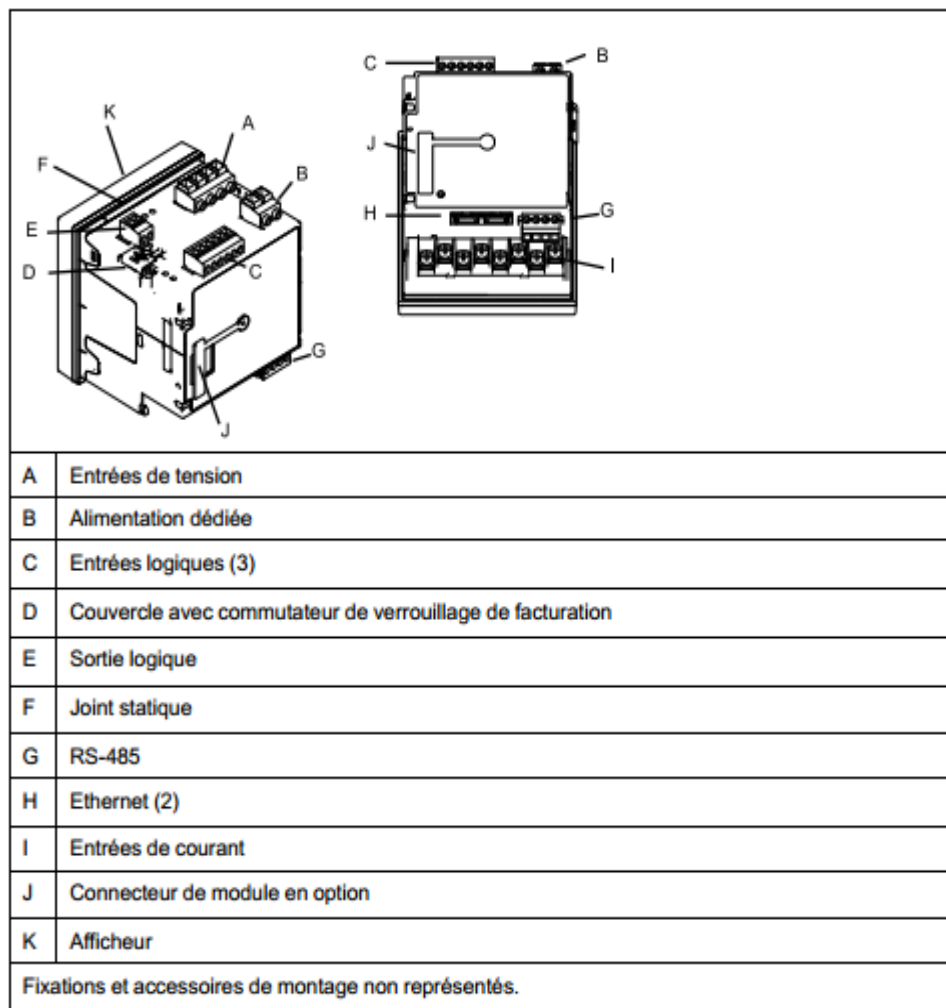


Tableau III.3: Les composant de centrale de mesure PM8000

III.4.3 Principe fonctionnement de PM8000 :

Notre PM8000 fournit des mesures sur une seconde et sur une demi-période, par phase et totales pour de nombreuses valeurs.

- Tension et courant.
- Puissance apparente (kVA), puissance active (kW) et puissance réactive (kvar).
- Facteur de puissance et fréquence.
- Déséquilibre de tension et de courant. [25]

Également fournir Notre PM8000 fournit des mesures, des enregistrements et des valeurs en temps réel de distorsion harmonique pour toutes les entrées de tension et de courant.

- Harmoniques individuels (amplitude et angle de phase notamment) jusqu'au 63e rang.

Dans les cas où il ne faut mesurer que des courants alternatifs, la solution la plus simple est généralement de considérer un transformateur de courant. Le conducteur traversé par le courant principal à mesurer passe dans un tore (anneau), un circuit secondaire fournira un courant proportionnel au courant principal mais avec une valeur plus petite.



Figure III.8: Transformateurs de courant

III.4.4 Communication de centrale de mesure PM8000 par PC:

Centrale de mesure gamme PM8000 supporté deux type de communication :

III.4.4.1/ Modbus RTU RS-485 :

L'appareil prend en charge les communications série via le port RS-485.

Sur un réseau RS-485, il y a un appareil maître, généralement une passerelle Ethernet vers RS-485. Ce maître permet la communication RS-485 avec de nombreux appareils esclaves (par exemple, des appareils).

Pour les applications dans lesquelles un seul ordinateur communique avec les appareils esclaves, un convertisseur USB vers RS-485 peut être utilisé pour la connexion à l'appareil maître.

Vous pouvez connecter jusqu'à 32 appareils sur un même bus RS-485.

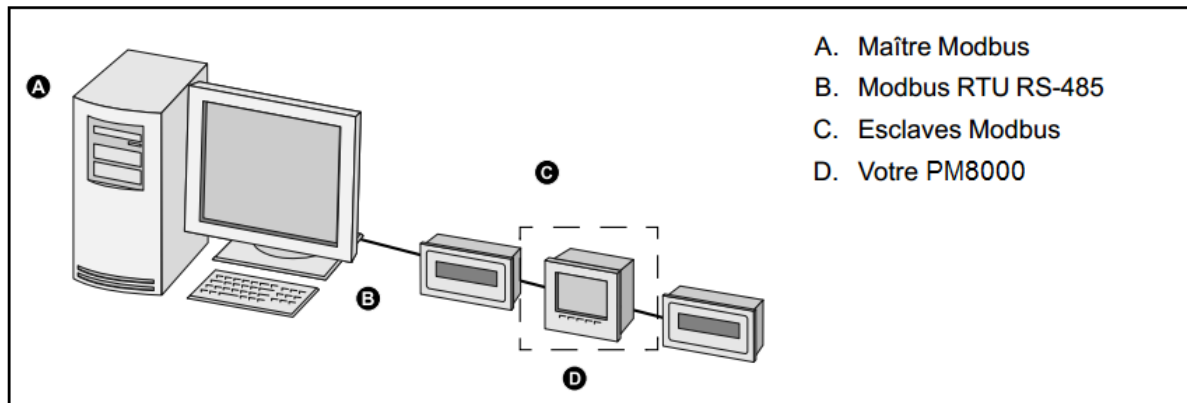


Figure III.10 Communication par Modbus TCP Ethernet

III.4.4.2 Modbus TCP Ethernet :

Pour utiliser les communications Ethernet, nous devons configurer les paramètres IP de l'appareil.

Nous devons entrer les informations réseau pour tous les serveurs Ethernet utilisés par l'appareil (par exemple, serveur de messagerie). [26]

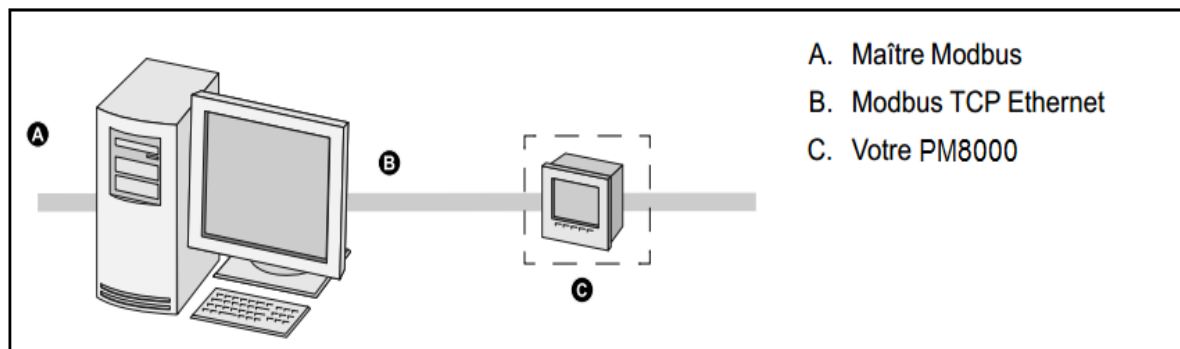


Figure III.10 : Communication par Modbus TCP Ethernet.

III.5logiciel SoMachine :

III.5.1Définition :

SoMachine Basic est un outil de programmation graphique conçu pour faciliter la configuration, le développement et la mise en service de programmes pour des Logic Controller.

Les modes de marche permettent de contrôler le développement, le débogage, la surveillance et la modification de l'application lorsque le contrôleur est connecté ou non à SoMachine Basic.

SoMachine Basic peut fonctionner dans les modes suivants :

- Mode hors ligne.
- Mode en ligne.
- Mode simulateur.

- **Mode hors ligne** :SoMachine Basic fonctionne en mode hors ligne lorsqu'aucune connexion physique à un Logic Controller n'a été établie.

En mode hors ligne, vous configurez SoMachine Basic en fonction des composants matériels que nous ciblez, puis vous développez notre application.

- **Mode en ligne** :SoMachine Basic fonctionne en mode en ligne lorsqu'un Logic Controller est connecté physiquement au PC.

En mode en ligne, vous pouvez charger votre application dans le Logic Controller (le chargement et le téléchargement d'une application ne sont pas possibles en mode simulateur, car l'application est directement enregistrée dans le Logic Controller simulé). Ensuite, SoMachine Basic synchronise l'application dans la mémoire du PC avec la version stockée dans le Logic Controller, ce qui vous permet de la déboguer, de la surveiller et de la modifier.

- **Mode simulateur** :SoMachine Basic fonctionne en mode simulateur lorsqu'une connexion a été établie avec un Logic Controller simulé. En mode simulateur, aucune connexion physique à un Logic Controller n'est établie. SoMachine Basic simule une connexion à un Logic Controller et aux modules d'extension pour exécuter et tester le programme.

III.5.2 Vue du So Machine :

Une fois que Nous avons sélectionné un projet, SoMachine Basic affiche la fenêtre principale.

Dans la partie supérieure de la fenêtre, une barre d'outils contient des icônes qui nous permettent d'effectuer des tâches courantes, comme revenir à la fenêtre Page de démarrage.

A côté de la barre d'outils, la barre d'état affiche des messages sur l'état actuel de la connexion au Logic Controller .Sous cette barre d'outils, la fenêtre principale est divisée en plusieurs modules.

Chaque module contrôle une étape différente du cycle de développement. Pour y accéder, cliquons sur un onglet en haut de la zone des modules. Pour développer une application, utilise les modules de la gauche vers la droite :

➤ **Propriétés:**

L'onglet Propriétés nous permet de spécifier des informations sur le projet et de protéger ce dernier

Par mot de passe :

- Détails concernant le développeur et la société qui développe le projet.
- Informations sur le projet lui-même. [27]

The screenshot shows the 'Propriétés' window in SoMachine Basic. The window title is 'Schneider Electric SoMachine Basic'. The toolbar includes icons for file operations and a status bar showing 'COM1', 'Aucune erreur', and 'Non connecté'. The 'Propriétés' tab is active, displaying a tree view on the left and a form on the right. The tree view lists project properties, and the form contains input fields for project details like name, address, and contact information. The 'Code postal' field is pre-filled with '0'. The 'Appliquer' and 'Annuler' buttons are at the bottom right.

Figure III.11 : La fenêtre propriétés de SoMachine

1-La partie de gauche s’affiche la liste des propriétés disponibles.

2-La partie de droite affiche les propriétés de l’élément sélectionné dans la partie de gauche.

➤ **Configuration:**

Utilisons la fenêtre Configuration pour recréer la configuration matérielle du Logic Controller et des modules d'extension ciblés par le programme.

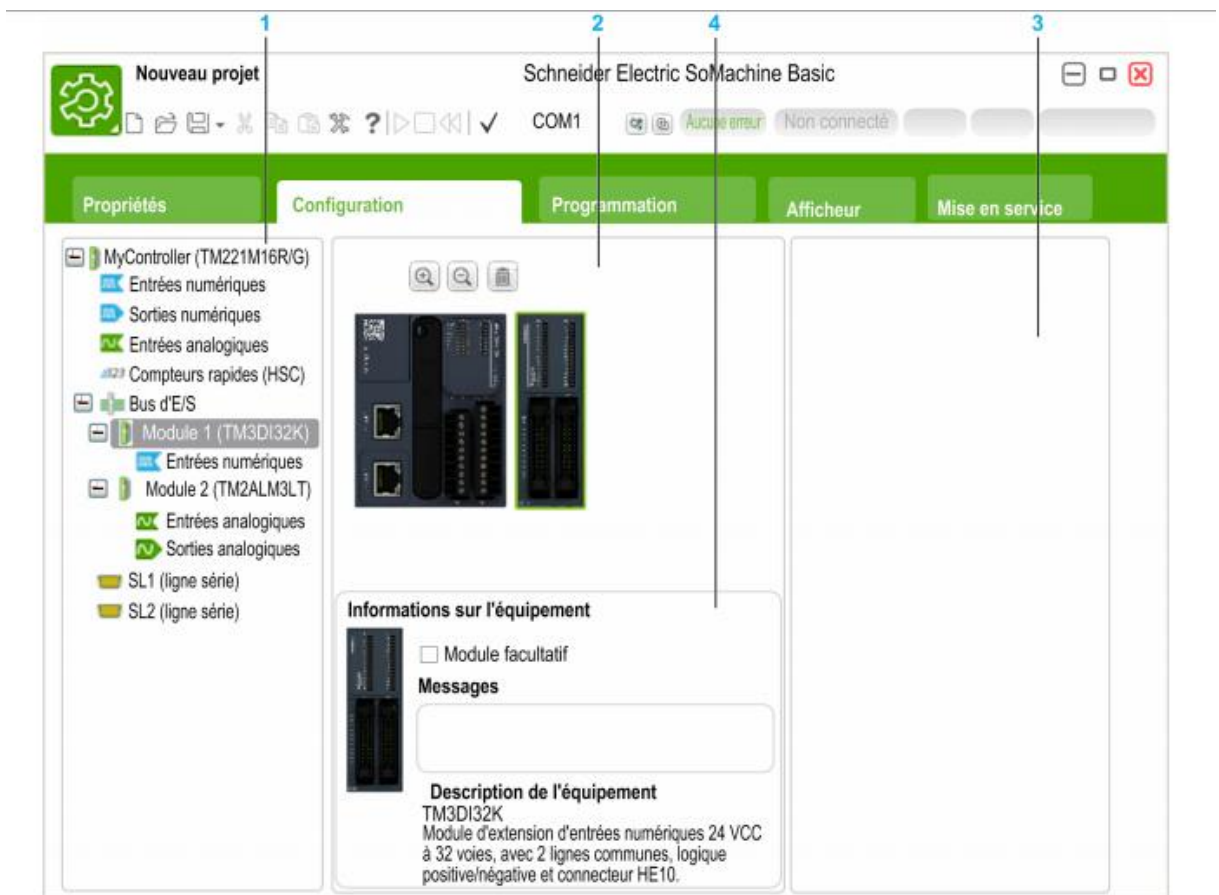


Figure III.12 : La fenêtre configuration de SoMachine

1-Arborescence du matériel : vue structurée de la configuration matérielle.

2-Configuration : un contrôleur logique et des modules d'extension.

3- Références des composants matériels (contrôleur logique et modules d'extension) pris en charge et figurant dans le catalogue. Pour ajouter un composant à la configuration matérielle.

4- Propriétés du composant sélectionné dans la configuration, ou propriétés de l'élément sélectionné dans l'arborescence du matériel

➤ **Programmation :**

Nous développons Notre programme dans l'un des langages de programmation pris en charge. L'onglet Programmation se divise en trois parties :

1-L'arborescence de programmation nous permet de sélectionner les propriétés du programme et de ses objets, les fonctions ainsi qu'un certain nombre d'outils permettant de surveiller et déboguer le programme.

2- La partie centrale supérieure correspond à l'espace de travail de programmation, dans lequel nous entrez le code source du programme..

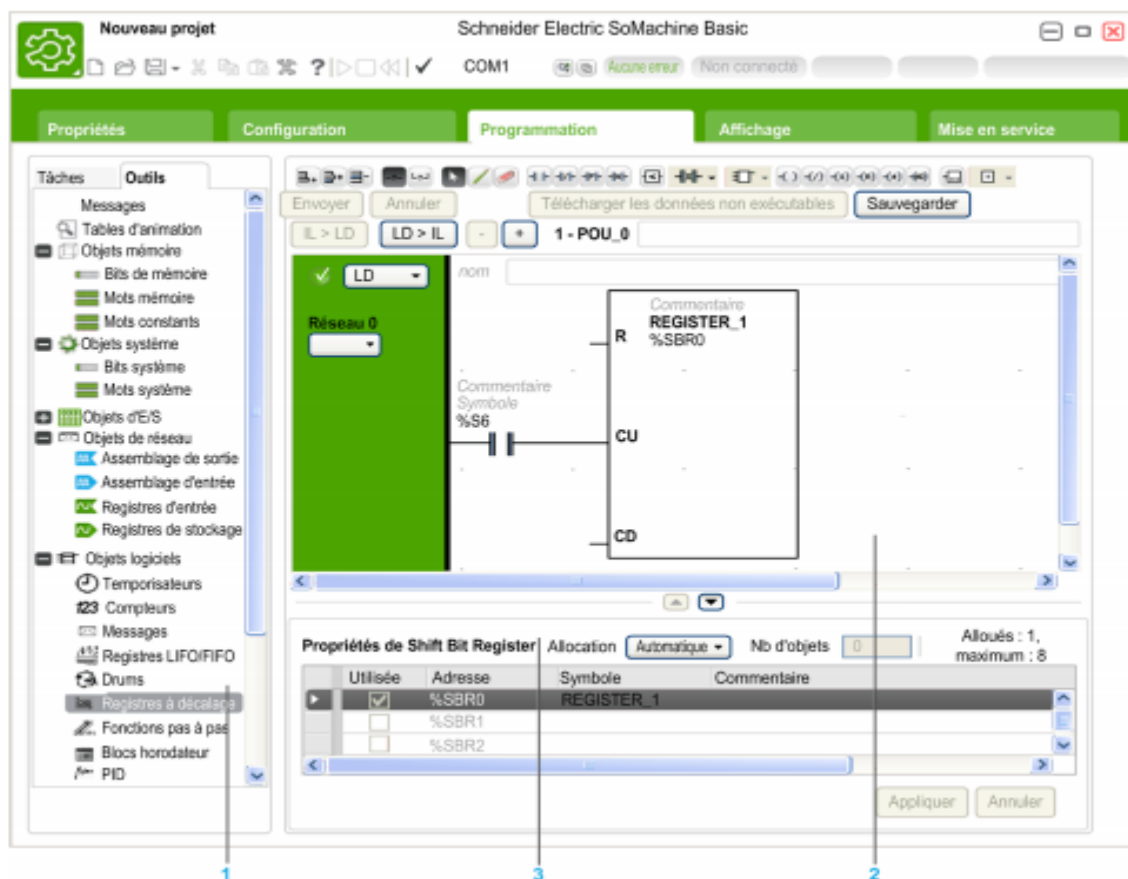


Figure III.13 : La fenêtre programmation de SoMachine

3- La partie centrale inférieure nous permet d'afficher et de configurer les propriétés de l'élément sélectionné dans l'espace de travail de programmation ou l'arborescence de programmation.

➤ **Mise en service :**

La fenêtre Mise en service nous permet d'effectuer les opérations suivantes :

- connexion à un Logic Controller (ou déconnexion de celui-ci) ;
- mise à niveau (ou retour à une version antérieure) du micro logiciel du Logic Controller ;
- gestion de la mémoire du Logic Controller (par exemple, à l'aide d'opérations de sauvegarde et de restauration) ;
- affichage d'informations sur le Logic Controller, le module d'expansion (références et, pour les modules d'expansion TM3, versions de micro logiciel) et les cartouches auxquelles nous êtes connecté. [27]

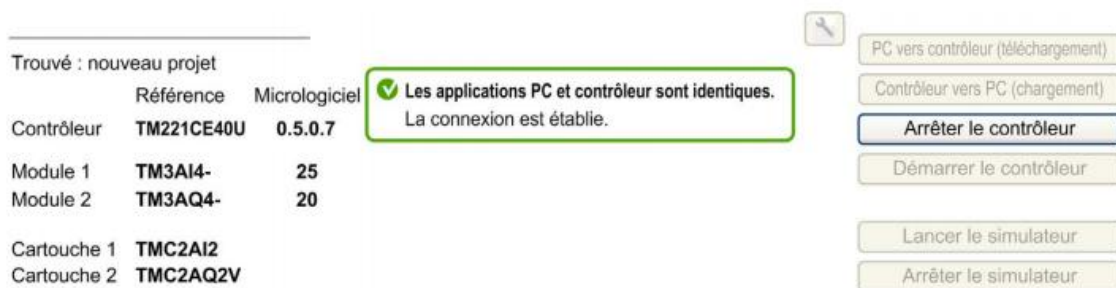


Figure III.14 : La fenêtre Mise en service de SoMachine

III.6 logiciel Vijeo-Citect :

III.6.1 Définition :

Un programme est-il utilisé pour surveiller et contrôler les installations et équipements industriels où il affiche les données collectées à partir de l'équipement industriel est envoyé par la salle de contrôle. Ce programme est capable d'enregistrer des processus en usine S'assurer que tout fonctionne correctement et avertit l'opérateur des modifications pouvant entraîner des problèmes pour le système. Ces les données peuvent être regroupées ou affichées dans des graphiques. Nous pouvons alors leur envoyer des rapports Gestion pour aider dans les exemples d'opérations dans l'usine. [28]

III.6.2 Caractéristiques :

- Donner à l'opérateur la possibilité de contrôler tout ou partie du système via une interface graphique et une facilité de travail Plusieurs pages.
- La possibilité d'ajouter du mouvement à l'interface graphique pour devenir proche de la réalité en performance.
- Contrôle et surveillance et accès à l'information.

Vijeo Citect est divisé en deux parties principales :

III.6.2.1 Partie de configuration :utilisé par le concepteur de système (programmeur)Il se compose de :

- **Citect Explorer** :Est un outil pour la création et la conception de projets et contrôle l'environnement de préparation, à travers lequel la construction de l'interface graphique et le fonctionnement de l'éditeur de projet et quand il est en cours d'exécution, l'éditeur de projet et l'interface graphique ainsi que lorsqu'il est fermé sont fermés

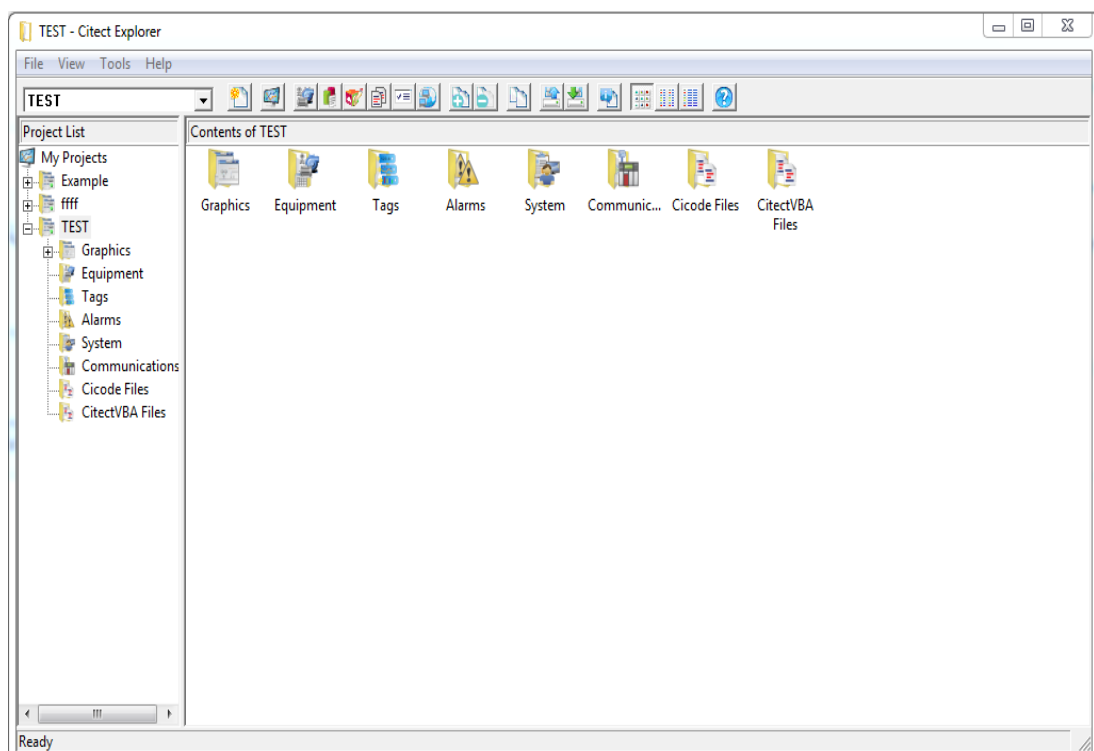


Figure III.15 : La fenêtre de Citect Explorer

- **Project Editor** : Est un outil d'édition utilisé pour gérer la base de données de configuration, qui est liée aux interfaces graphiques et à sa connexion aux périphériques de contrôle, à travers lequel tous les enregistrements du projet sont affichés

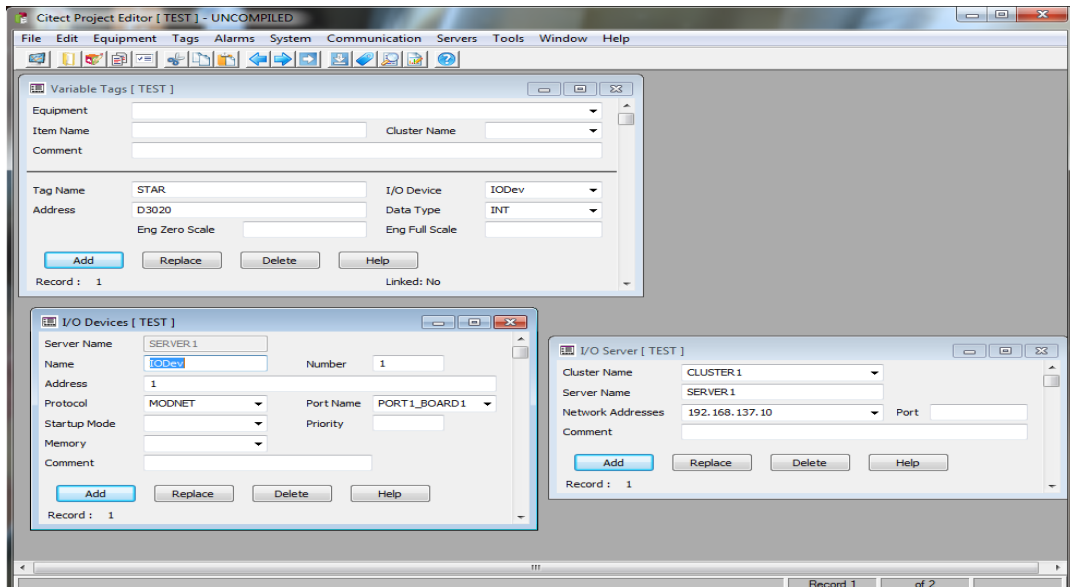


Figure III.16 : La fenêtre de Project Editor

- **Graphic Builder** : C'est un outil d'édition qui nous permet de construire des interfaces graphiques et d'y ajouter du mouvement et de créer des pages d'exploitation pour faciliter l'opération

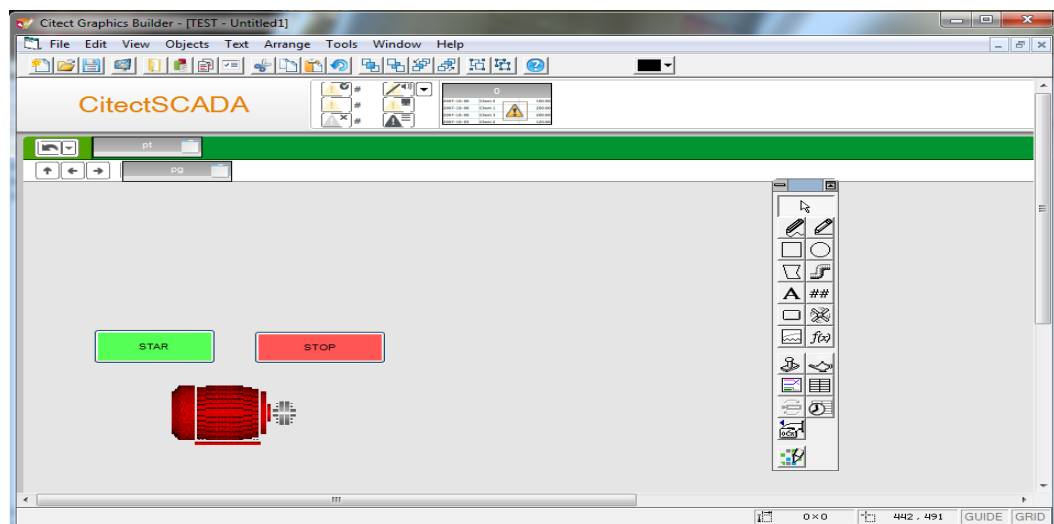


Figure III.17 : La fenêtre de Graphic Builder

III.6.2.1 Partie de Runtime : Utilisé par L'opérateur final, l'ingénieur de maintenance et le responsable s'en occupent Qui affiche les données d'exploitation et les situations de travail. C'est l'interface graphique de la conception que nous avons réalisée dans l'environnement de configuration que nous allons utiliser pour contrôler et Surveillance

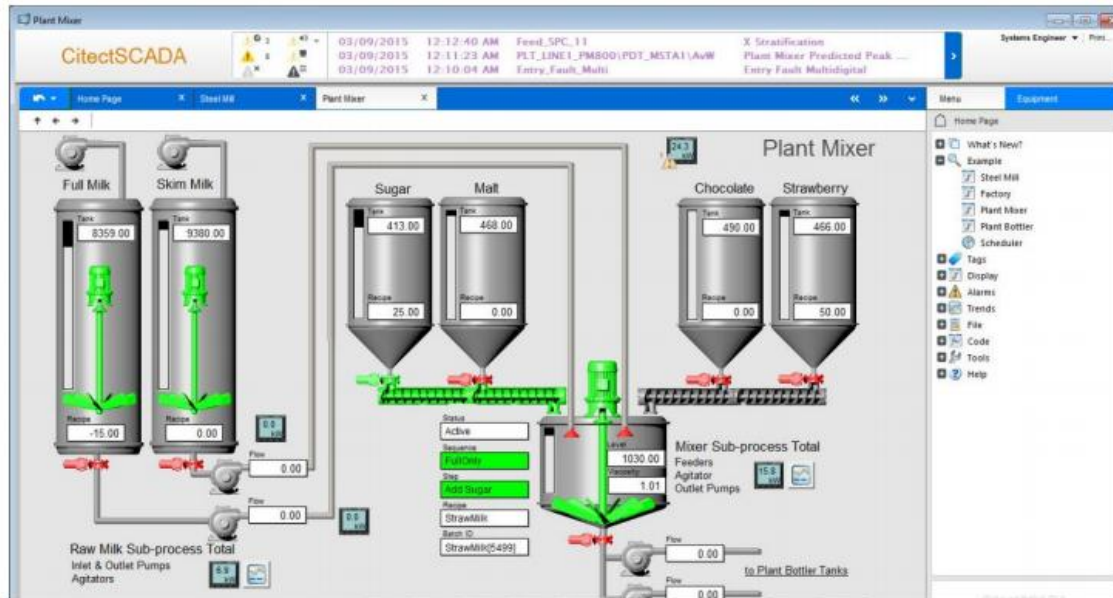


Figure III.18: La fenêtre de Partie de Runtime

III.7 logiciel schémaaplic

III.7.1 Définition de logiciel schémaaplic:

Schémaplic est un logiciel d'édition et de simulation de schémas électrotechniques, pneumatiques et énergétiques. Elle s'adresse aussi bien à des professionnels qu'à des étudiants ou formateurs. L'interface utilisateur a été repensé afin d'améliorer l'expérience utilisateur lors des conceptions et simulations .Schémaplic offre une bibliothèque de composants très riches (moteurs, relais ,contacteurs ,éléments pneumatiques etc..)[29]

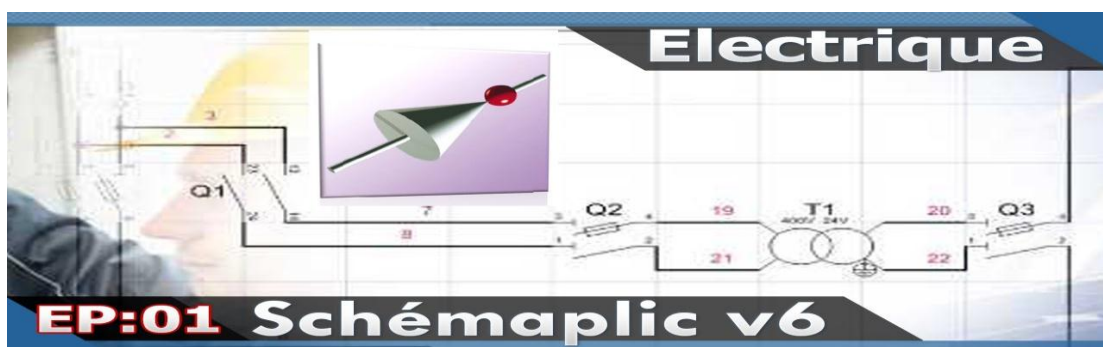


Figure III.19: Logiciel de schémaaplic

III.7 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les définitions, les caractéristiques et le principe de fonctionnement des appareils et des programmes utilisés. Dans le prochain chapitre, nous discuterons de la méthode de communication entre Hardware et software. Réaliser l'équivalence entre les sources d'énergie et la consommation.

IV. Introduction

Dans ce chapitre, nous avons appliqué le processus du système de réseau intelligent, dans lequel nous avons utilisé les technologies modernes de collecte de données et d'information, de traitement et de surveillance de la production, du transport et de la consommation. L'élément essentiel à ce système c'est automate programmable qui devient communicant.

En cas d'incident, ces points de commande permettent de rétablir le courant à distance en à peine quelques minutes.

Ainsi nos équipes, sans gêner le client, pourront rapidement réparer le réseau.

L'objectif est aujourd'hui d'accroître l'efficacité et la fiabilité du réseau, c'est-à-dire réduire les pannes de courant des consommateurs.

Grace au "smart-gride" on pourra détecter une surtension et y apporter immédiatement la meilleure solution.

Dans ce chapitre, nous expliquerons le principe de fonctionnement du projet et la coordination entre le software et hardware.

IV.2 Système de commande et d'acquisition de données :

La figure suivante montre le système à appliquer et fait l'objet de notre étude qui se compose de quatre parties.

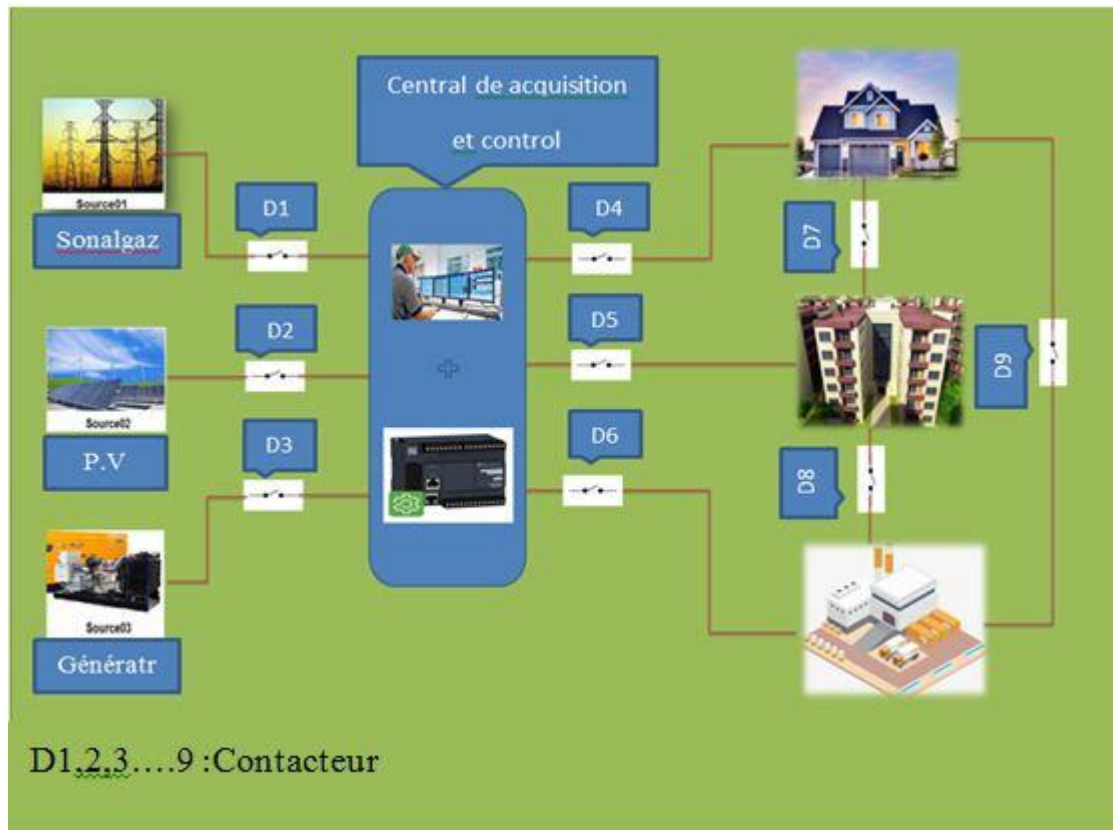


Figure IV.1: synoptique global du système accusation

Partie 01: Il est responsable de la production d'énergie.

Partie 02: C'est le cerveau de ce système, responsable de la distribution de l'électricité qui lie les consommateurs, mais aussi de l'ouverture et de la fermeture des contacteurs, tant du côté de la production d'énergie que du consommateur.

Partie 03: C'est une groupes pour les consommateurs de toutes les catégories, qu'il s'agisse "d'usines ou de maisons.....etc

Partie 04: Elle est représentée dans les lignes de transmission, grandes, moyennes ou petites, et les coupeurs responsables de l'ouverture et de la fermeture de l'énergie électrique.

On peut partager la system globale a 2 partie principale partie hardware et software:

IV.2.1 Partie hardware :

IV.2.1.1 les sources d'énergie:

1. Le groupe électrogène :

Est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité. La plupart des groupes sont constitués d'un moteur thermique qui entraine un alternateur. Leur taille et leur poids peuvent

varier de quelques kilogrammes à plusieurs dizaines de tonnes. La puissance d'un groupe électrogène s'exprime en VA (voltampère), kVA (kilo voltampère) ou MVA (méga voltampère) selon la puissance. Les unités les plus puissantes sont mues par des turbines à gaz ou de gros moteurs Diesel [1].

2. Générateur photovoltaïque:

La transformation de l'énergie solaire en énergie électrique est basée sur les trois mécanismes suivants

- absorption des photons (dont l'énergie est supérieure au gap) par le matériau constituant le dispositif ;
- conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création de paires électron/trou dans le matériau semi-conducteur ;
- collecte des particules générées dans le dispositif.[2]

3. Centrale turbine vapeur:

Les turbines peuvent fonctionner en utilisant plusieurs types de combustibles: le gaz naturel, charbon, fuel, bois, gasoil...l'eau chimique des combustibles se transforme en énergie calorifique dans une grande chaudière ; cette énergie chauffe l'eau qui se transforme alors en vapeur, la vapeur fait tourner la turbine et sa rotation produit de l'énergie mécanique, laquelle fait tourner à son tour l'alternateur (3000 tour/min) qui produit à son tour de l'énergie électrique.[3]

IV.2.1.2 Les différents types de charge Utilisés

1. Charge résistif:

Une résistance peut être fabriquée selon plusieurs méthodes. Dans les circuits électroniques de petite puissance, elle est de petite taille et généralement à film métallique ou à couche de carbone. En électricité basse tension (< 1000 [V]) et dans les circuits de puissance, elle est réalisée au moyen d'un fil conducteur qui est souvent enroulé sur un support (résistance bobinée). La longueur ainsi que les caractéristiques du fil utilisé détermineront la valeur et la puissance de la résistance.[4]

2. Charge inductif

Une charge inductive, c'est une charge pour laquelle:

- en alternatif, le courant qui la traverse est en retard de phase sur la tension appliquée à ses bornes.
- plus généralement, le courant qui la traverse augmente d'autant plus vite que la tension appliquée à ses bornes est élevée.

C'est généralement une bobine, ou un dispositif qui en comporte un (relais électromécanique, moteur électrique, etc.). Plus rarement, ce peut être un circuit sans bobine, mais plus complexe [5].

3. Charge capacitive

Un condensateur peut être fabriqué selon plusieurs méthodes, ce qui définira sa forme et sa valeur. Dans les circuits électroniques, sa taille doit être la plus petite possible. La taille du condensateur est fortement dépendante de sa valeur (sa capacité).

Il est composé de deux armatures ou deux surfaces conductrices placées l'une en face de l'autre et séparées par un isolant. La qualité de l'isolant, la distance entre les armatures et la surface des armatures vont déterminer la capacité du condensateur.[6]

IV.2.2 Partie Software :

IV.2.2.1 Configuration entre centrale de mesure (PM8000) et automate (TM221):

Nous pouvons configurer les paramètres de configuration série de base de l'appareil par le biais de l'afficheur et aussi automate.

Avant de configurer les paramètres série, nous assurons que nous avons un ID d'unité unique pour l'appareil et que nous connaissons les paramètres de réseau série (protocole, vitesse de transmission, parité et bits d'arrêt)

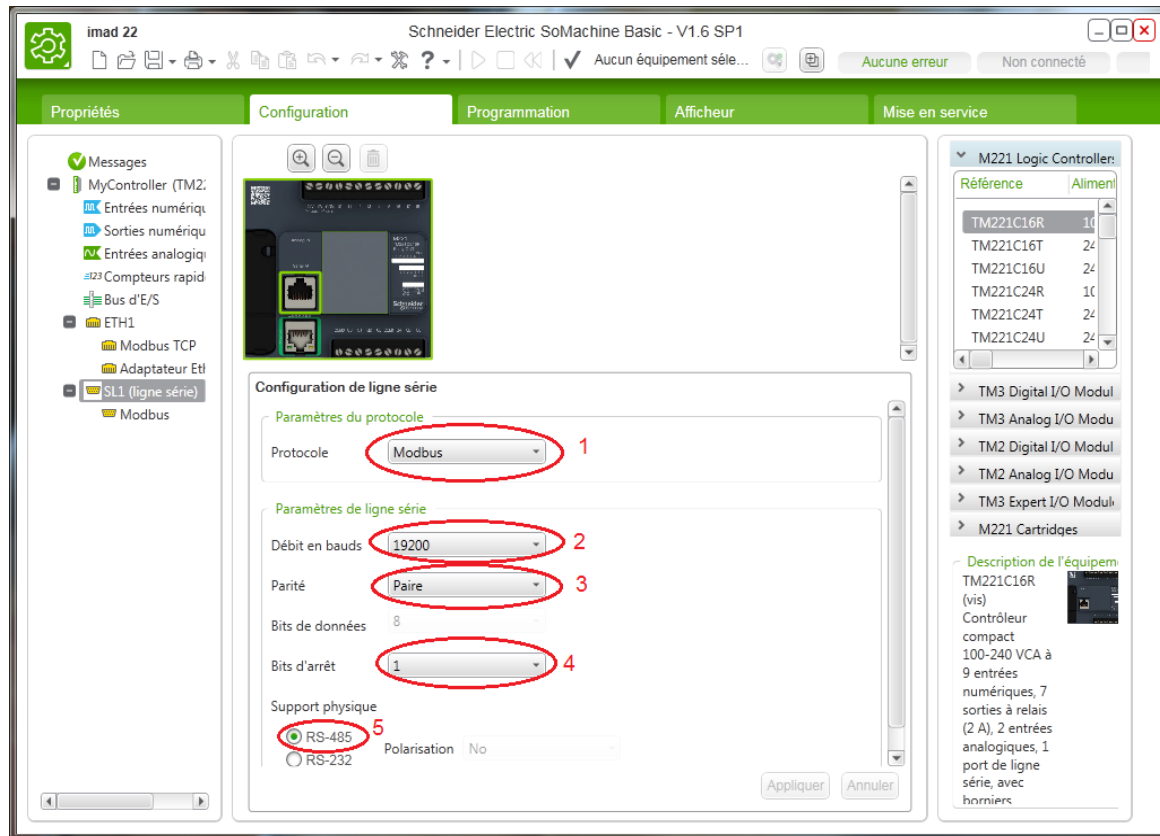


Figure IV.2: interface de configuration

Config COM1	
COM1 Protocole	Usine
COM1 Vitesse trans	19200
COM1 Délais de réception	3.000
COM1 ID unité	100
COM1 Port série	8N1
COM1 Polarité RS485	ON

Figure IV.3: configuration de central du mesure

IV.2.2.2 Configuration entre automate (TM221) et PC:

Il existe plusieurs types de communication entre M221 et le PC et la méthode utilisée est: Modbus TCP/IP (Ethernet).

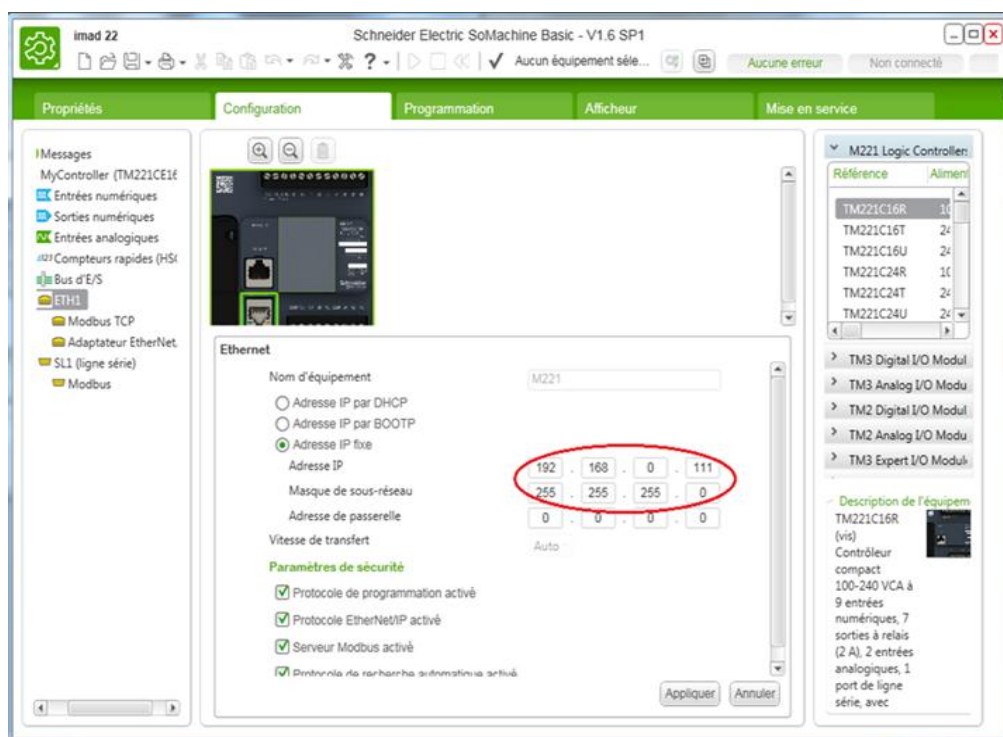


Figure IV.4: configuration Ethernet en somachine

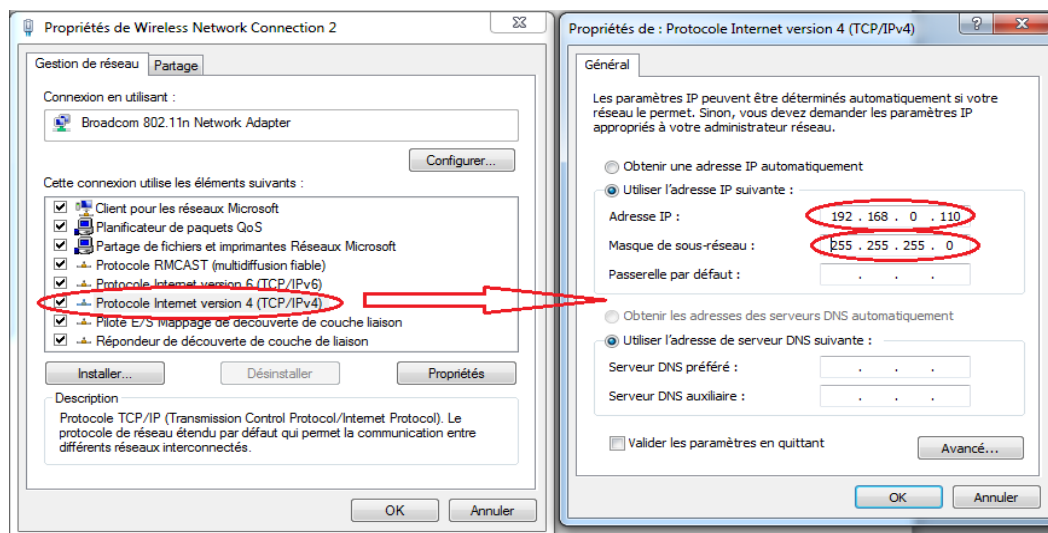


Figure IV.5: configuration Ethernet en pc

IV.3. Synoptique du programme réalise :

L'interface utilisateur qui permet la supervision et la control est fait par (Vijeo-Citect et Somachine) et l'automate programmable il peut acquis le donne pour système Smart gride et contrôle la système en temps real come système SCADA.

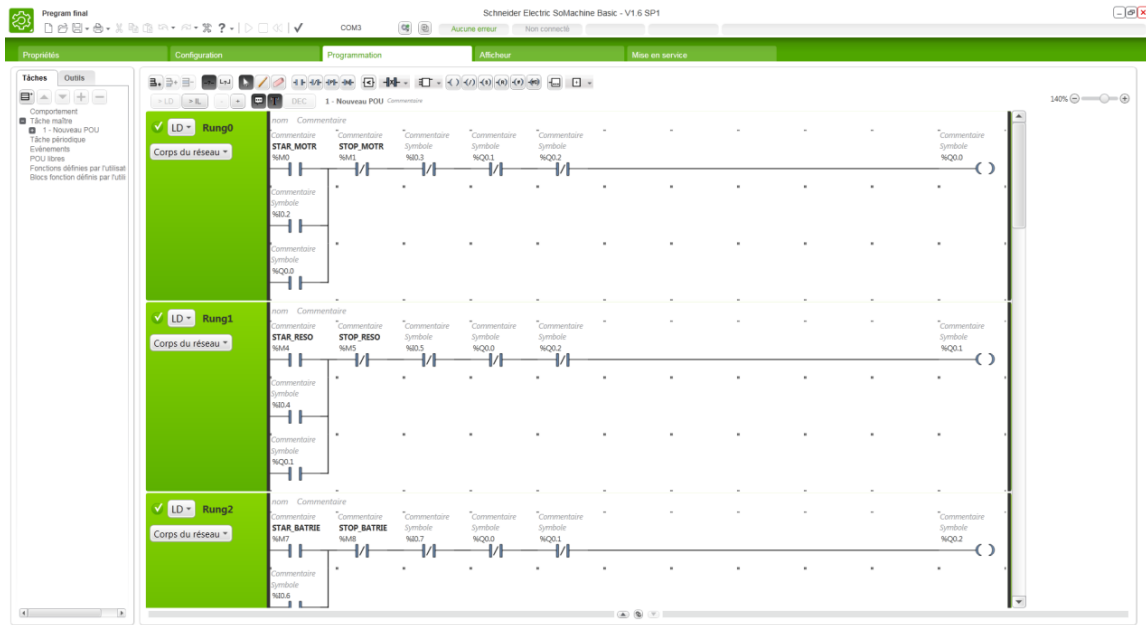


Figure IV.6: face arrière Program réalisé

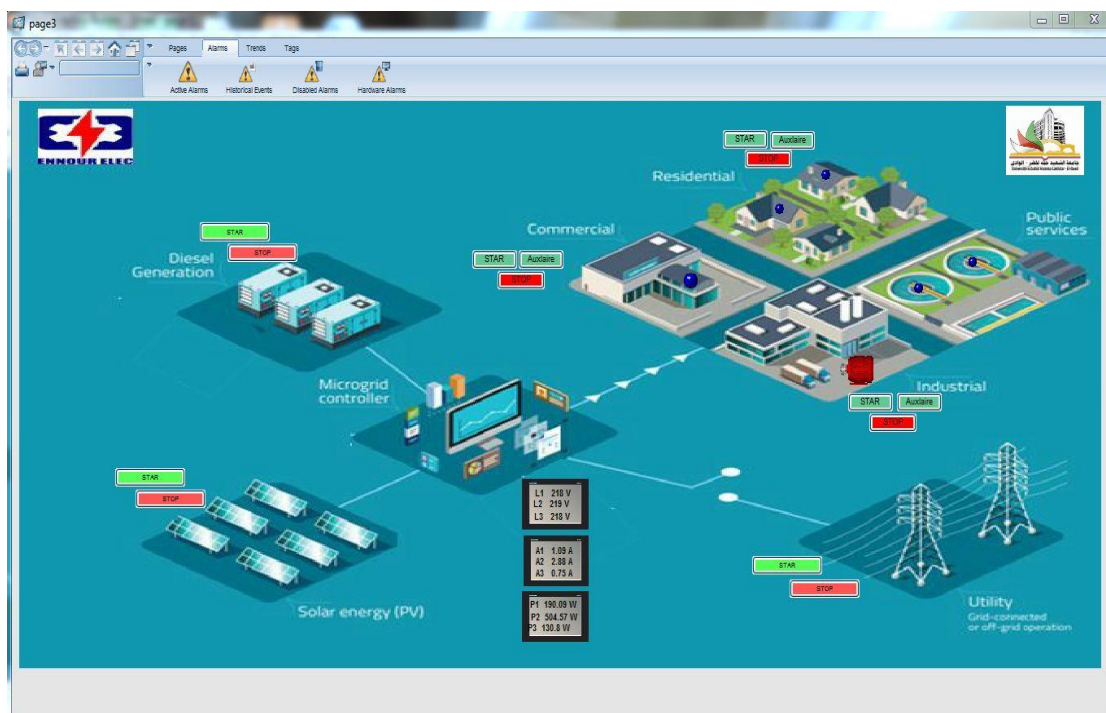


Figure IV.7: face avant Program réalisé

IV.4. Schéma de câblage utilisateur dans le système applicable:

Ce Schéma montre comment câblage le système au programme "Schéma applique"

Ce diagramme est composé de deux parties :

IV.4.1 Circuit de commande:

1- Ce circuit consiste en un redresseur qui convertit le courant alternatif en un courant constant qui charge la batterie pour que celle-ci alimente l'automate.

2 -Notre onduleur convertit le courant continu en courant alternatif qui alimente la bobine responsable pour ouvrir et fermer les contacteurs.

IV.4.2 Circuit de puissance:

Le circuit de puissance est constitué des éléments de base : Les sources d'énergie, les charges, les Contacteurs et Boite noire.

Le rôle des contacteurs D7, D8, D9 Assurer la continuité de l'énergie en cas d'accident sur les lignes de transmission et de distribution.

Le rôle de la boîte noire est de réaliser la synchronisation entre les trois sources d'énergie.

IV.5. Projet réalisé du micro smart-gride

Après on a fait la conception de notre système on programmation des automates modicon TM221 et câblage le schéma on nous avons eu notre projet suivant:



Figure IV.8: Projet réalisé

IV.5.1 Principe fonctionnement de system utilisée :

Lorsque nous exécutons le système, nous avons deux modes de fonctionnement.

Fonctionné manuellement et fonctionné automatique

❖ **Fonctionné automatique :**

Lorsque les sources d'énergie alimentent le système, un appareil multimètre enregistre les valeurs de courant, de tension et de puissance et envoie des données à PLC M221 afin que cet appareil traite et formate ces données conformément au programme écrit dans Logiciel SoMachine.

Après le traitement, l'automate ordonne aux sources d'énergie et aux consommateurs d'ouvrir et de fermer le contacteur responsable.

❖ **Fonctionné manuellement :**

Lorsqu'un appareil centrale de mesure lit à la fois les valeurs de tension et le courant de sortie des sources d'énergie. Par les valeurs précédentes Autorise à un utilisateur de contrôler le système.

Dans notre projet, nous avons utilisé le réseau local comme principale source d'énergie (centrale électrique).

Les sources groupe électrogène et l'énergie solaire sont considérés comme des sources d'énergie secondaires en cas de défaillance, que ce soit dans les lignes de transport ou la source principale.

Les objectives: Le but des sources multiples est de maintenir la continuité énergétique.

Le diagramme suivant montre comment ce système fonctionne

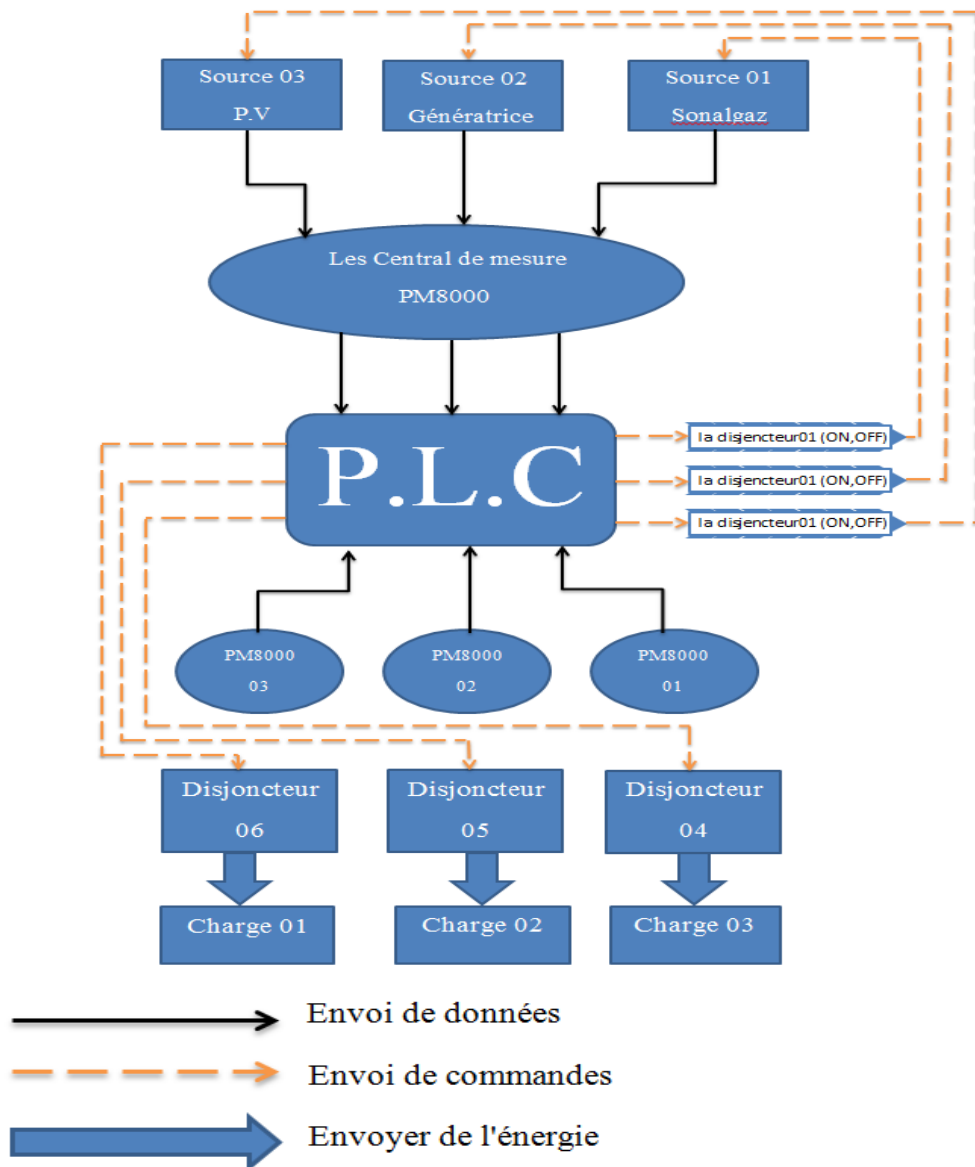


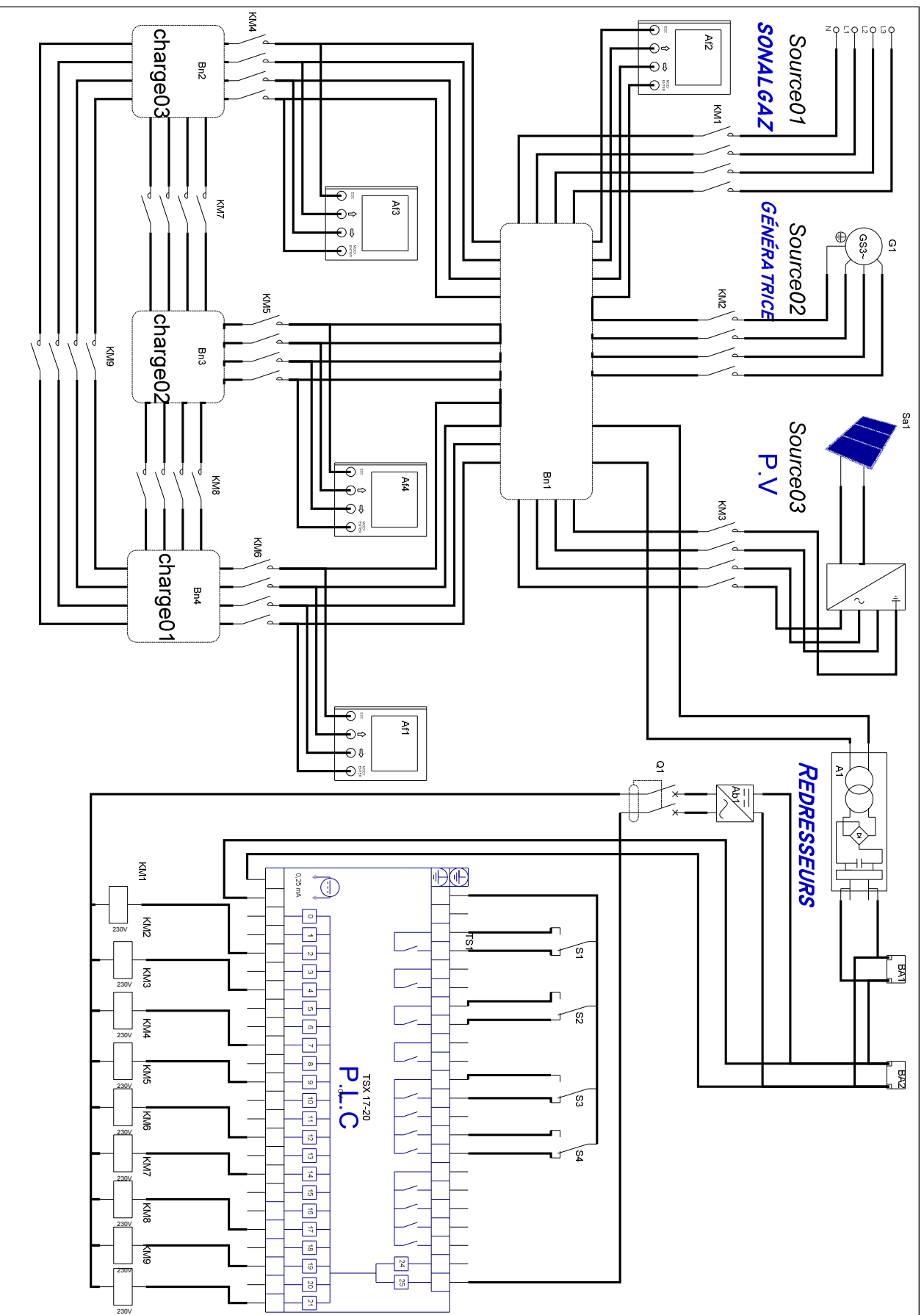
Figure IV.9 : Organigramme de notre Project

IV.7.Conclusion:

Dans ce chapitre, nous présentons un véritable micro-projet sur le système de réseau intelligent.

Nous avons adopté Dans contrôler pleinement le système Par logiciel de supervision qui travaille en temps réel et dans un environnement SCADA.

Nous avons réussi à coordonnant et en réalisant l'équivalence entre les sources de d'énergie et charge.



Nom : IMAD+NOURDIN

Prénom : ARIGUE+MADJOURI

Date : 17/06/2019

Folio : folio 1

Titre : Schema de cablage de notre projet

D:\nourdin.sch



ENNOUR ELEC

NOMENCLATURE

KM1 Bobine KM 230V. Folio:1 Colonne:20 Ligne:18
Contacteur tétrapolaire. (1-2) Folio:1 Colonne:3 Ligne:4
Contacteur tétrapolaire. (3-4) Folio:1 Colonne:4 Ligne:4
Contacteur tétrapolaire. (5-6) Folio:1 Colonne:4 Ligne:4
Contacteur tétrapolaire. (7-8) Folio:1 Colonne:5 Ligne:4
KM2 Bobine KM 230V. Folio:1 Colonne:21 Ligne:18
Contacteur tétrapolaire. (1-2) Folio:1 Colonne:7 Ligne:4
Contacteur tétrapolaire. (3-4) Folio:1 Colonne:8 Ligne:4
Contacteur tétrapolaire. (5-6) Folio:1 Colonne:8 Ligne:4
Contacteur tétrapolaire. (7-8) Folio:1 Colonne:9 Ligne:4
KM3 Bobine KM 230V. Folio:1 Colonne:22 Ligne:18
Contacteur tétrapolaire. (1-2) Folio:1 Colonne:12 Ligne:4
Contacteur tétrapolaire. (3-4) Folio:1 Colonne:12 Ligne:4
Contacteur tétrapolaire. (5-6) Folio:1 Colonne:13 Ligne:4
Contacteur tétrapolaire. (7-8) Folio:1 Colonne:13 Ligne:4
KM4 Bobine KM 230V. Folio:1 Colonne:23 Ligne:18
Contacteur tétrapolaire. (1-2) Folio:1 Colonne:1 Ligne:15
Contacteur tétrapolaire. (3-4) Folio:1 Colonne:2 Ligne:15
Contacteur tétrapolaire. (5-6) Folio:1 Colonne:2 Ligne:15
Contacteur tétrapolaire. (7-8) Folio:1 Colonne:3 Ligne:15
KM5 Bobine KM 230V. Folio:1 Colonne:24 Ligne:18
Contacteur tétrapolaire. (1-2) Folio:1 Colonne:7 Ligne:14
Contacteur tétrapolaire. (3-4) Folio:1 Colonne:8 Ligne:14
Contacteur tétrapolaire. (5-6) Folio:1 Colonne:8 Ligne:14
Contacteur tétrapolaire. (7-8) Folio:1 Colonne:9 Ligne:14
KM6 Bobine KM 230V. Folio:1 Colonne:25 Ligne:18
Contacteur tétrapolaire. (1-2) Folio:1 Colonne:13 Ligne:14
Contacteur tétrapolaire. (3-4) Folio:1 Colonne:13 Ligne:14
Contacteur tétrapolaire. (5-6) Folio:1 Colonne:14 Ligne:14
Contacteur tétrapolaire. (7-8) Folio:1 Colonne:14 Ligne:14
KM7 Bobine KM 230V. Folio:1 Colonne:26 Ligne:18
Contacteur tétrapolaire. (1-2) Folio:1 Colonne:4 Ligne:17
Contacteur tétrapolaire. (3-4) Folio:1 Colonne:4 Ligne:17
Contacteur tétrapolaire. (5-6) Folio:1 Colonne:4 Ligne:16
Contacteur tétrapolaire. (7-8) Folio:1 Colonne:4 Ligne:16
KM8 Bobine KM 230V. Folio:1 Colonne:27 Ligne:18
Contacteur tétrapolaire. (1-2) Folio:1 Colonne:10 Ligne:17
Contacteur tétrapolaire. (3-4) Folio:1 Colonne:10 Ligne:17
Contacteur tétrapolaire. (5-6) Folio:1 Colonne:10 Ligne:17
Contacteur tétrapolaire. (7-8) Folio:1 Colonne:10 Ligne:16

KM9 Bobine KM 230V. Folio:1 Colonne:28 Ligne:18
Contacteur tétrapolaire. (1-2) Folio:1 Colonne:8 Ligne:20
Contacteur tétrapolaire. (3-4) Folio:1 Colonne:8 Ligne:19
Contacteur tétrapolaire. (5-6) Folio:1 Colonne:8 Ligne:19
Contacteur tétrapolaire. (7-8) Folio:1 Colonne:8 Ligne:18
Q1 Disjoncteur diff. bipolaire. Folio:1 Colonne:18 Ligne:6
S1 Va et vient 2. Folio:1 Colonne:21 Ligne:8
S2 Va et vient 2. Folio:1 Colonne:22 Ligne:8
S3 Va et vient 2. Folio:1 Colonne:24 Ligne:8
S4 Va et vient 2. Folio:1 Colonne:25 Ligne:8

Nom : IMAD+NOURDIN

Prénom : ARIGUE+MADJOURI

Date : 17/06/2019

Folio : Nomenclature 1/2

Titre : Schéma de câblage de notre projet

D:\nourdin.sch



NOMENCLATURE



Nom : IMAD+NOURDIN

Prénom : ARIGUE+MADJOURI

Date : 17/06/2019

Folio : Nomenclature 2/2

Titre : Schéma de cablage de notre projet

D:\nourdin.sch

Conclusion générale:

L'étude des Smart Grids constitue un sujet important pour la planification et l'exploitation des réseaux électriques, comme nous l'avons pu le constater tout le long de notre mémoire, ce nouveau mode de gestion des réseaux d'énergie a vu le jour grâce à la rencontre du monde de l'énergie et de celui des TIC.

Le premier chapitre a été consacré aux technologies des Smart Grids, où de nombreux points sont à Définition et caractéristiques de Smart Grids ,La différence entre réseaux actuels et smart grids , la simplicité des données, le développement d'outils de visualisation simples et adaptés à chaque acteur, pour atteindre le bon déploiement du réseau intelligent, de plus, il est nécessaire de pouvoir agir à distance sur le réseau pour accroître la puissance, stocker l'énergie ou piloter un équipement Ces décisions d'intervention seront automatisées et devront être très rapides.

La supervision dans un environnement SCADA, est très efficace et très utilisée dans les milieux à hauts risques tels que les centrales nucléaires et chimiques et réseaux électriques , à cause de sa possibilité de contrôle et de superviser des installations à partir d'un poste de pilotage qui se trouve à des milliers de kilomètres, cette technique est réalisée avec un logiciel sur lequel on développe une interface graphique de notre installation et à partir de laquelle on peut superviser et contrôler les paramètres de l'installation. Dans le deuxième chapitre, Nous avons présenté une vue globale sur l'environnement SCADA et les protocoles de communication les plus utilisés dans un tel système en terminant avec ses avantages et ses exemples de système SCADA.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté les définitions, les caractéristiques et le principe du travail des périphériques (hardware) et des logiciels (software), que nous avons utilisés dans notre travail et qui existent dans n'importe quel système SCADA.

Dans le dernier chapitre, nous avons pu constater l'intérêt que peut apporter l'estimation d'état pour les Smart Grids, en mettant en Principe de fonctionnement et répartitions de puissance afin de donner le niveau de confiance qui permet de quantifier la qualité de l'ajustement du modèle aux données de mesure. Ensuite, les conditions de fonctionnement du système peuvent être validées.

bibliographie

- [1] Boris Berseneff, “Réglage de la tension dans les réseaux de distribution du futur”, Thèse de Doctorat de l'Institut Polytechnique de Grenoble, 13 Décembre 2010.
- [2] ADEBT, A. Husson, “Contribution à la réflexion sur la structuration de la filière énergie dans le Nord Franche-Comté”, 09 Mars 2010.
- [3] Rodolphe de beaufort, “Systèmes de Gestion Intelligente de l'Energie : Prendre un temps d'avance sur le futur de l'électricité”, Point de vue et offres de Capgemini.
- [4] Julien Monereau, “Les Smart Grids : Les réseaux électriques du futur : Une première approche”, Version : 2, ADEC, Juin 2011.
- [5] ITEMS International, “La chaîne de valeur du marché des smart grids”, Rapport V52, Juin 2012.
- [6] THÈSE DE DOCTORAT “Gestion de l'énergie d'un système hybride autonome pour application « Smart Grid »”.
- [7].http://www.smartgridscre.fr/media/documents/dossiers/compteurs/Les_fonctionnalites_demandees_par_la_CRE.pdf.
- [8].http://www.smartgridscre.fr/media/documents/dossiers/compteurs/Les_fonctionnalites_demandees_par_la_CRE.pdf.
- [9] https://der.lbl.gov/sites/der.lbl.gov/files/Hatziargyriou_2008.pdf
- [10] Daneels, w.salter, “WHAT IS SCADA?” International conference on Accelerator and Large Experimental Physics, 1999
- [11] «Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems», National Communications System

- [12] David Bailey, Edwin wright « Practical SCADA for Industry », Edition Newnes, 2003.
- [13] Ronald L. Krutz «Securing SCADA Systems», Edition Wiley Publishing, Inc 2006.
- [14] John Park, Steve Mackay « Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems », Edition Newnes, 2003.
- [15] <http://www.simplymodbus.ca/FAQ.htm>.
- [16] Morris, T., R. Vaughn, and Y. Dandass. *A retrofit network intrusion detection system for MODBUS RTU and ASCII industrial control systems. in System Science (HICSS)*. s.l.: 45th Hawaii International Conference IEEE, 2012.
- [17] *Modbus Protocol*. January 2000.
- [18] John Park, Steve Mackay, Edwin wright, Deon Reynders «Practical Industrial Data Networks», Edition Newnes 2003
- [19] <http://www.simplymodbus.ca/TCP.htm>.
- [20]. Ikhlef Boualem «contribution à l'étude de supervision industrielle automatique dans un environnement SCADA » mémoire magistère université M'HAMED BOUGARA de BOUMERDES, 2009.
- [21] «Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems», National Communications System, Technical Information Buletin 04-1 Octobre 2004.
- [22] Mémoire De Fin D'études « *Etude de l'automatisation et de la supervision d'un procédé de lavage de filtres Niagara à CEVITAL- TIA PORTAL V12* » ; Université Abderrahmane MIRA de Bejaia ; 2017.
- [23] William Bolton, « Automates Programmables Industriels », DUNOD, Paris, 2015.
- [24] André SIMON, «Automates programmables, programmation, et logique programmé », Edition L'ELANE, 1983.
- [25] Catalogue Schneider électrique
, <http://www.schneiderelectric.fr/documents/pageFlip/a1/pdf/chapitre/A1A.pdf>

- [26] André SIMON, «Automates programmables, programmation, et logique programmé », Edition L'ELANE, 1983.
- [27] Catalogue Schneider électrique,
<http://www.schneiderelectric.fr/documents/pageFlip/a1/pdf/somachine/A1A.pdf>
- [28] Vijeo Citect.pdf
<http://oreo.schneider-electric.com/flipFlop/1509712348/files/docs/all.pdf>
- [29] <https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/schemaplic-6-0-telecharger-la-version-d-evaluation.html>
- [30] Module de formation technique, Cours Bergerat Monnoyeur Algérie, BMA LM /12.99, Décembre 1999
- [31] Modélisation des phénomènes de vieillissement des modules Photovoltaïques
- [32] Modélisation de la consommation d'électricité basse tension en Algérie (1980 2014)
- [33] <http://sitelyceejdarc.org/autodoc/cours/574.pdf>
- [34] <http://geea.org.pagesperso-orange.fr/gererenergie/Contacteur.htm>
- [35] <https://www.google.com/search?q=TM2DRA8RT&tbm=isch&tbs=ring>