

Chapitre 4 : Télégestion - Télesurveillance

4.1 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, l'allure générale d'un système SCADA est montrée sur la figure 4.1.

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

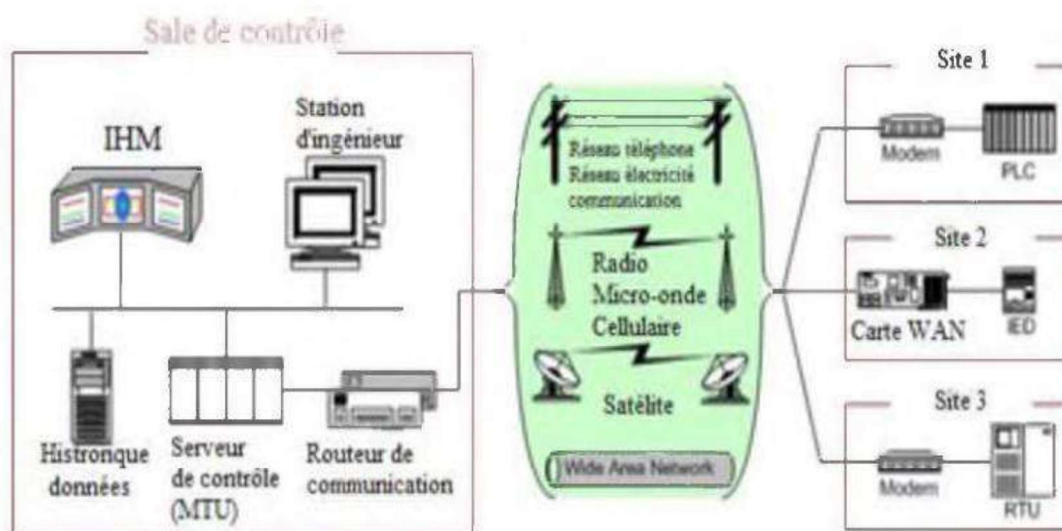


Figure 4.1: Schéma général d'un système SCADA.

4.2 Un bref historique du SCADA :

Les premiers systèmes SCADA sont apparus dans les années 1960. Pour la première fois il devenait possible d'actionner une commande de terrain (une vanne par exemple) depuis un centre de contrôle à distance, plutôt que par une intervention manuelle sur site. Aujourd'hui, les systèmes SCADA ont intégré de nombreuses avancées technologiques (réseaux, électronique, informatique...) et sont devenus omniprésents sur les installations à caractère industriel. De ce fait, leur fiabilité et leur protection sont également devenues des enjeux importants.

4.3 Architecture des systèmes SCADA :

Les systèmes SCADA ont évolué 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 :

4.3.1 Première génération «monolithique» :

Dans la première génération, le concept d'informatique était en général appliqué par une unité centrale. Les réseaux n'existaient pas et chaque système centralisé était seul, ainsi les systèmes scada étaient autonomes avec pratiquement aucune connexion à un autre système. Les réseaux étendus WAN (wide area networks) qui ont été implantés pour communiquer avec les RTU (remote terminal unite) ont été conçus avec le seul but de communiquer avec les postes locaux et rien d'autre, les protocoles de communication ont été 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 équipées, une première et une sauvegarde. La fonction première de cette sauvegarde est de prendre le relais en l'éventualité d'une défaillance détectée. Cette figure décrit la première génération SCADA.

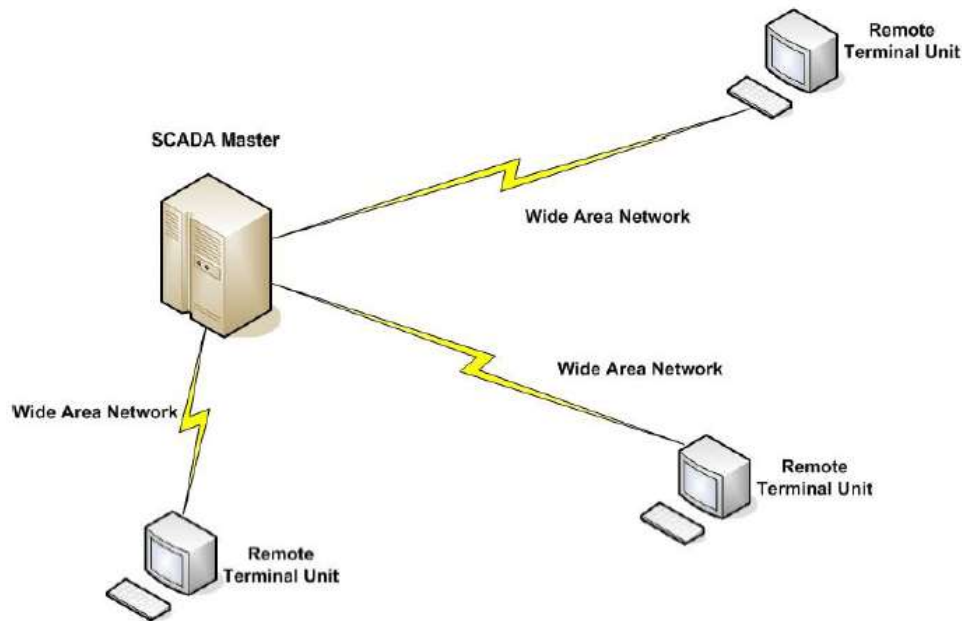


Figure 4.2 : Architecture SCADA de première génération.

4.3.2 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.

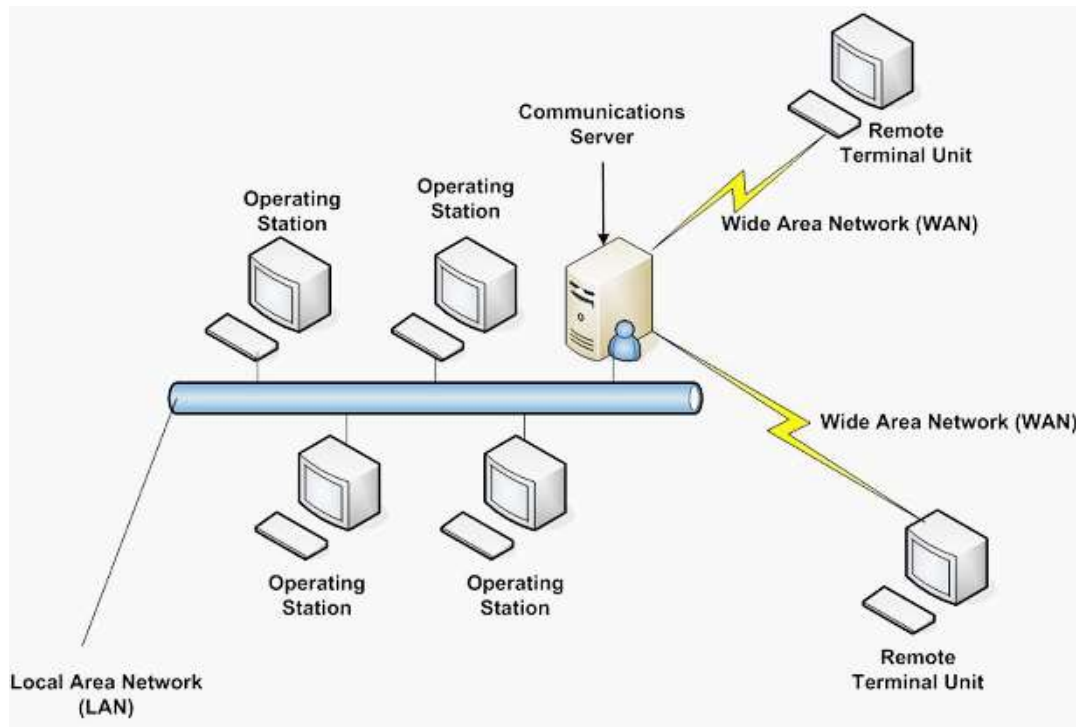


Figure 4.3: Architecture SCADA de deuxième génération.

4.3.3 Troisième génération: «en réseau»

La génération actuelle adopte une architecture réseau, qui est étroitement liée à l'architecture distribué 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 séparé de la station maitre 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.

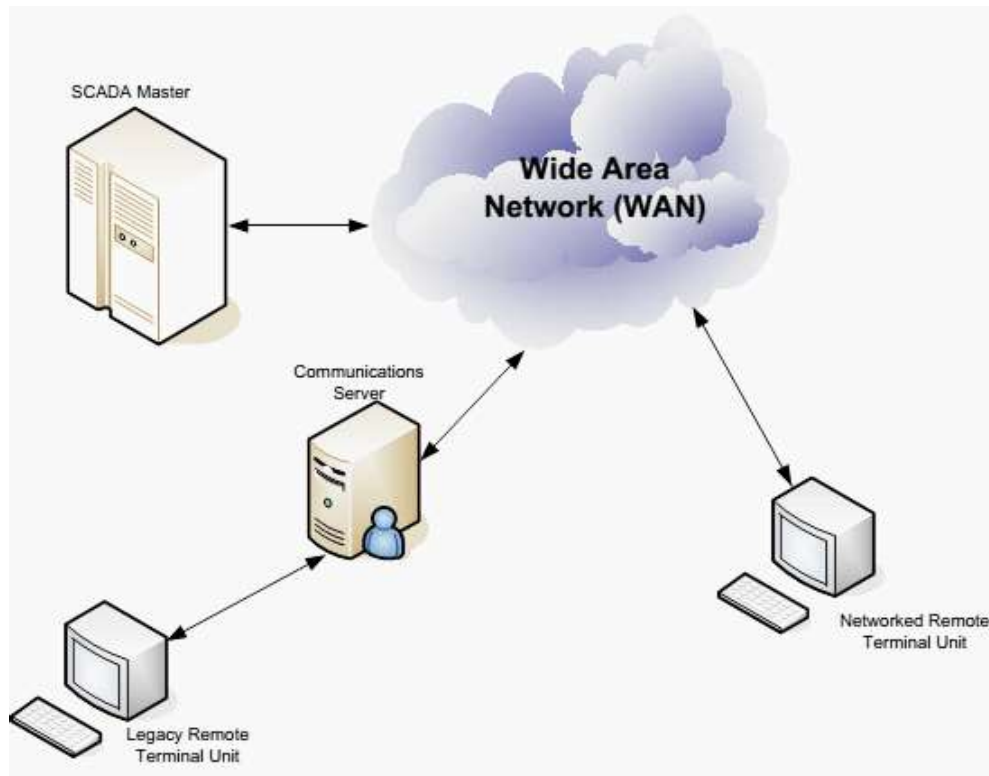


Figure 4.4 : Architecture SCADA de troisième génération.

4.4 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 authentications 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.

4.5 Supervision dans un environnement SCADA :

Le système SCADA fonctionne par l'acquisition des 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 personnels 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 softs et hard.

4.6 Les domaines d'application du système SCADA :

Plusieurs domaines d'utilisation du système SCADA peuvent être distingués :

4.6.1 Le pilotage de grandes installations industrielles automatisées :

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

4.6.2 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).

4.6.3 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.

4.7 Logiciel HIM de SCADA :

HMI est l'abréviation de Humann Machine interface. Nous utilisons des IHM dans l'industrie pour contrôler et surveiller les machines. Plusieurs fois, une IHM sera la forme d'un écran, un peu comme un écran d'ordinateur, et plus de fois qu'autrement, ils sont écran tactile.

Un opérateur ou un personnel de maintenance peut utiliser et surveiller la machine à partir de l'IHM. Ils peuvent inclure des informations telles une température, la pression, les étapes du processus et le nombre de matériaux. Ils peuvent également afficher des niveaux très précis dans le réservoir et la position exacte des machines. L'information sur la machine utilisée auparavant pour plusieurs indicateurs peut désormais être visualisée sur un seul écran.

Pour confirmer la connexion HMI à la machine pour assurer le contrôle et la surveillance, il faut utiliser un logiciel spécial afin que les ingénieurs puissent les programmer correctement. Le logiciel permet à l'ingénieur de concevoir ce que l'opérateur verra réellement à l'écran, ce qu'ils peuvent surveiller à l'écran, quels boutons peuvent être enfoncés et comment l'opérateur peut manipuler la machine. La personne qui programme l'IHM doit programmer chaque indicateur et bouton à une adresse d'entrée ou de sortie spécifique d'un automate. L'interface homme machine et l'automate doivent être compatibles, cela signifie qu'ils doivent pouvoir se parler les uns aux autres par les protocoles.

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 propositions sur l'action à entreprendre.

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 de 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.

4.8 Fonctionnalités d'un système de supervision SCADA :

Un système SCADA comprend 2 sous-ensembles fonctionnels:

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

Il s'agit de réaliser généralement une séquence d'opérations constituant une gamme de fabrication dans le but de fabriquer un produit en réponse à une demande d'un client.

La commande regroupe toutes les fonctions qui agissent directement sur les actionneurs du procédé qui permettent d'assurer :

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

Les fonctions de commande en marche normale sont :

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

4.8.1 La partie surveillance d'un superviseur a pour objectifs :

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

4.9 Protocoles employés dans un environnement SCADA :

Suite à la nécessité d'envoyer et de recevoir des données jugées critiques généralement pour de longues distances et en temps réel dans un environnement SCADA on fait appel aux protocoles de communications, cette optique a donné naissance à plusieurs protocoles dont on va développer les plus utilisés:

4.9.1 Le protocole Modbus :

Modbus: est une marque déposée par Modicon comme protocole de communication pour des réseaux d'automates programmables. C'est un protocole de transmission de données régissant le dialogue entre une station "Maitre" et des stations "Esclaves" comme illustré par la figure II.14. L'échange Maitre-Esclave s'effectue par l'envoi de trames MODBUS dont le format de base est le suivant:

Champ adresse	Champ fonction	Champ Donnée	Contrôlé de redondance cyclique
---------------	----------------	--------------	---------------------------------

- Le champ adresse correspond à l'adresse de la station Esclave destinatrice 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 la requête.
- Le contrôle de redondance cyclique (CRC) permet à la station destinatrice de Vérifier l'intégrité de chaque trame

A chaque réception d'une trame, la station adressée envoie une trame de réponse, dont le format est identique à celui de la trame émise par la station Maître avec selon le type de commande, un champ de données plus ou moins important.

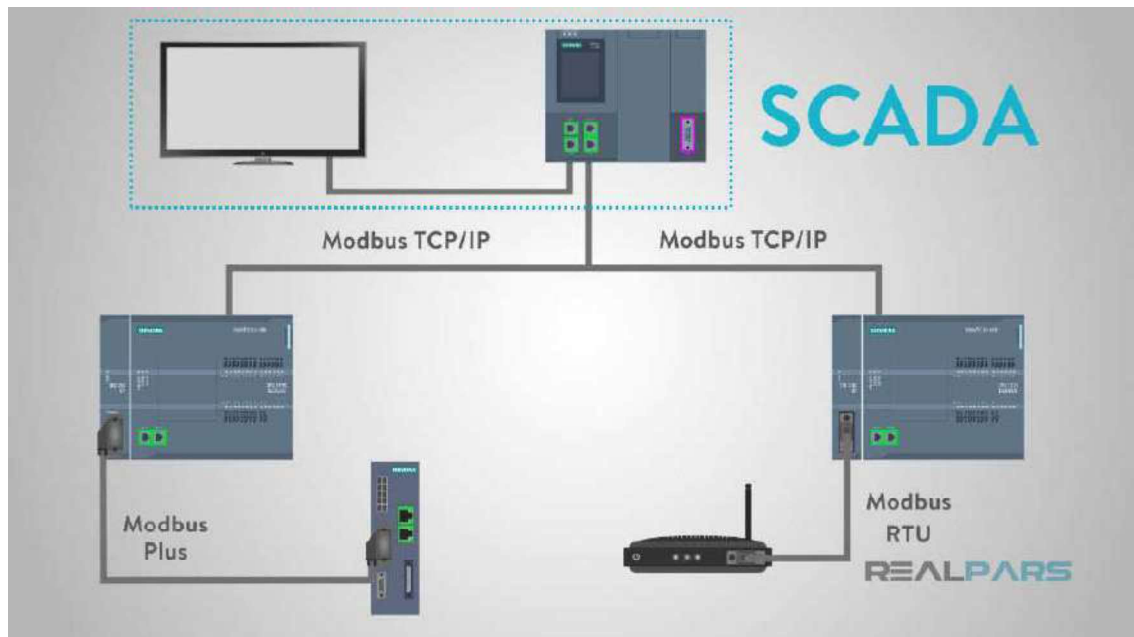


Figure 4.5: Communication par le Protocole Modbus.

4.9.2 Le protocole DNP3 :

DNP3 est construit sur le profil EPA (Enhanced Performance Architecture) qui est une version simplifiée du modèle OSI (Open System Interconnexion) à 3 couches (physique, liaison, application).

Ce protocole de communication multipoint permet d'échanger des informations entre un système de conduite (superviseur ou RTU) et un ou plusieurs équipements électroniques intelligents (IED : Intelligent Electronic Device)

Le système de conduite constitue l'équipement maître, les IED sont les équipements esclaves, chaque équipement est identifié par une adresse unique, de 0 à 65519, l'émission des trames en diffusion est possible. Comme le montre la figure III.5.

Pour permettre la transmission de messages de taille importante (2 kilooctets ou plus), des fonctions de segmentation et de réassemblage de données ont été ajoutées dans DNP3.

L'ensemble de ces fonctions constitue une pseudo-couche Transport.

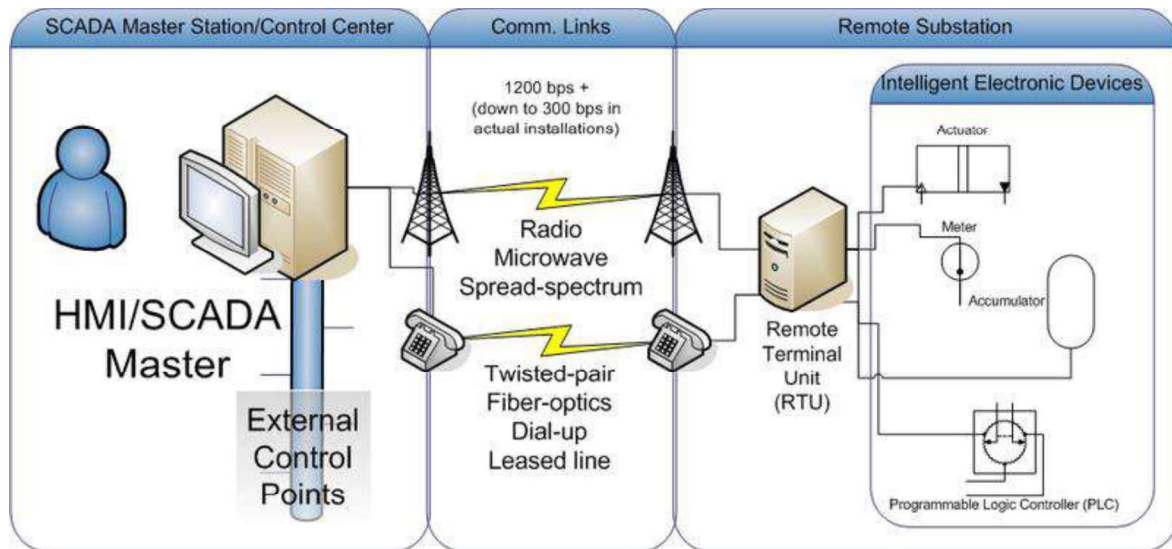


Figure 4.6: Communication par le Protocole DNP3

4.9.3 Le protocole PROFIBUS :

PROFIBUS répond à des normes internationales, son architecture repose sur 3 couches inspirées du modèle en 7 couches de l'OSI :(la figure 4.7)

- ✓ **La couche 1**, physique, décrit les caractéristiques physiques de la transmission.
- ✓ **La couche 2**, liaison de données, spécifie les règles d'accès au bus.
- ✓ **la couche 3**, application, définit les mécanismes communs utiles aux applications réparties et la signification des informations échangées

C'est un protocole pour réseau de terrain ouvert, non propriétaire, répondant aux besoins d'un large éventail d'applications dans les domaines du manufacturier et du procès, Il se décline en trois protocoles de transmission, appelés profils de communication, aux fonctions bien ciblées DP, PA et FMS, selon l'application, il peut emprunter trois supports de transmission ou supports physiques (RS 485, CEI 1158-2 ou fibre optique).

- ✓ **Le Profibus-DP** (Decentralised Peripheral ou périphérique décentralisée) est utilisé pour commander d'actionneurs, vérifier l'état des capteurs par, commander un autre automate programmable.

On reconnaît un réseau Profibus-DP à la couleur de son câble (violet). Dans ce câble il y a 2 fils : un vert et un rouge, nommé "A" et "B".

- ✓ **Le Profibus-FMS** (Fieldbus Message Spécification) il est utilisé pour la communication non déterministe.

- ✓ **Le Profibus-PA :** (Process Automation) c'est pour le contrôle des équipements de mesure par l'intermédiaire d'un système de contrôle de procédé. Cette variante du profibus est utilisée dans les zones dangereuses et explosives. Les courants dans ces câbles sont limités pour raison de sécurité, ainsi le nombre d'équipements sur une ligne profibus PA, est limité. La vitesse de transmission est de 31,25 kbit/s. Cependant, le profibus PA utilise le même protocole que le DP, les deux réseaux pouvant être liés à l'aide d'un coupleur. Le profibus DP est plus rapide que le PA.

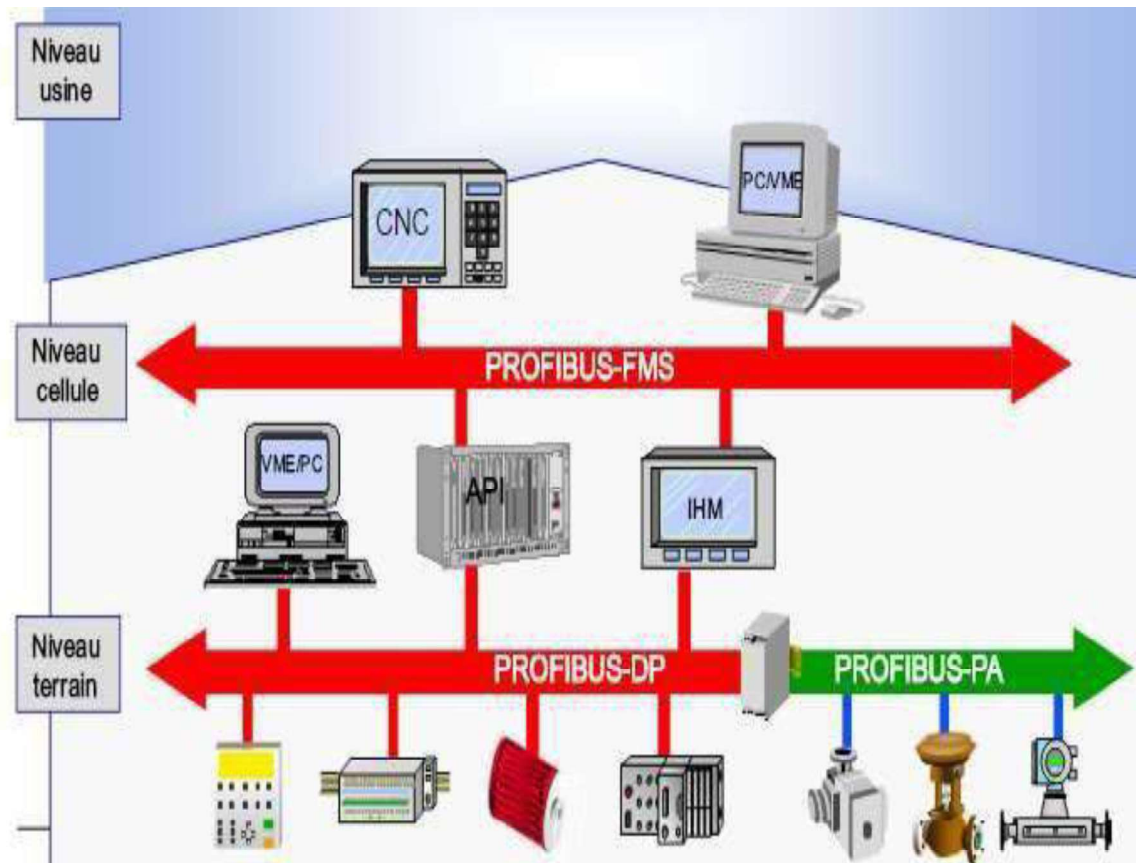


Figure 4.7: Communication par le Protocole Profibus.

4.10 Sécurité d'un système SCADA:

SCADA utilise les mêmes techniques de sécurité que dans les réseaux OSI ou TCP/IP, seulement les réseaux SCADA doivent prendre en considération les contraintes additionnelles suivantes [27] :

- L'emploi d'un antivirus est déconseillé car il affecte le temps de réponse ;
- Le système doit être tolérant aux pannes (notion de redondance) ;

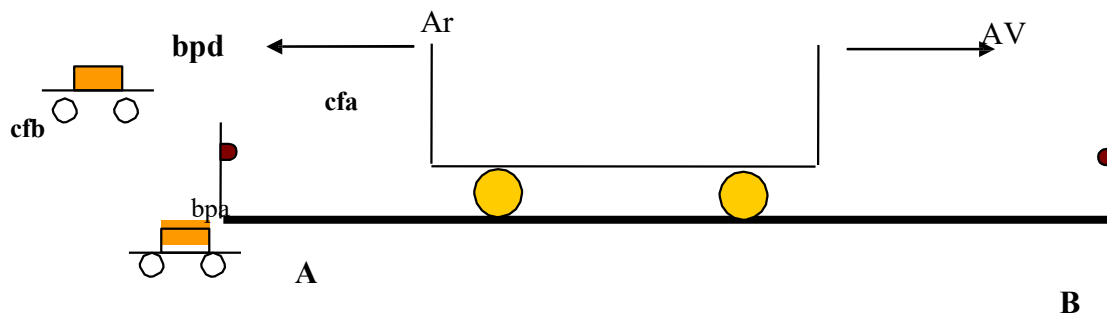
- La perte des données ou les interruptions sont intolérables car elles peuvent engendrer des dégâts matériels et humains.
- Temps de réponse avec un retard presque nul.

Pour commencer nous allons introduire les attaques et les menaces qui ciblent un système SCADA puis nous verrons les mesures à prendre.

4.11 Exercices d' Application sur SCADA

Exercice 1 : Commande d'un wagonnet

Un wagonnet se déplace du point **A** à partir d'une action sur un bouton poussoir **bpd**, vers le point **B**, puis il revient en **A** après **5 second** . Le cycle ne peut se recommencer que si le wagonnet est en **A** et on appuie sur **bpd**. La présence du wagonnet au point **A** provoque la détection du capteur **cfa** et la présence du wagonnet qu point **B** provoque la détection du **cfb**



1. Quelles sont les entrées et les sorties de ce systèmes
2. Établir le **GRAFCET** du système.
3. Établir un programme de ce système en utilisant le langage Ladder (Bascules)
4. Construire l'interface de contrôle et la supervision par acquisition de données SCADA du système.

Correction d'Exercice 1:

1.

Les entrées du système sont:

bpd, bpa,cfa,cfb

Les Sorties du système sont:

- Bobine du Contacteur pour tourner au sens avant **km⁺** du point A vers B
- Bobine du Contacteur pour tourner au sens arrière **km⁻** du point B vers A

Donc il faut utiliser un automate ayant au moins Quatre entrées et deux sortie

2.

Programmation du système en utilisant langage GRAFCET

La solution de cette partie sera fait au logiciel Tia portal V16

les étapes de création du programme sont:

- Ouverture de nouveau projet
- Déclaration des donnée
- Création du Bloc fonctionnel FB
- Raccordement du Bloc fonctionnel FB au Bloc d'organisation OB

Nous avons crée un nouveau projet sous logiciel Tia portal nommé **Wagonnet** et choisi

l'automate S300 de CPU 314C 2 PN/DP

La première Etape est déclaration des données mais il faut tout d'abord voir les adresses des entrées et sorties au configuration du matériel.

puis création du Bloc fonctionnel FB

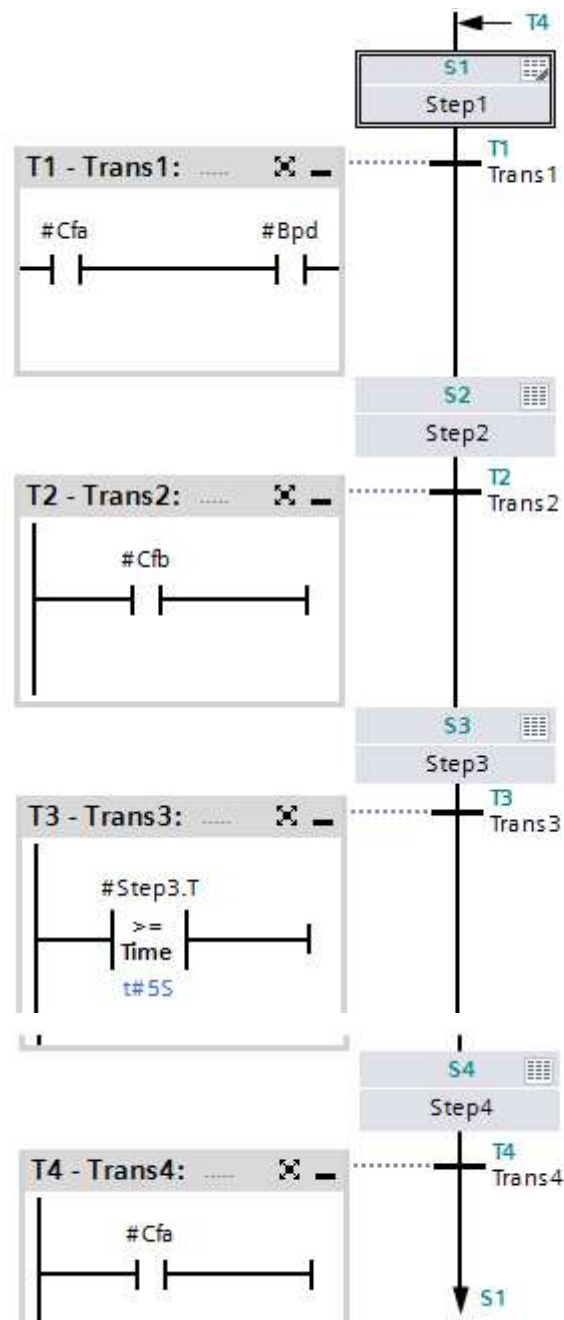


Figure 4.8: Capture d'écran du correction d'Exercice 1 sous Logiciel Tia portal en utilisant langage GRAFCET

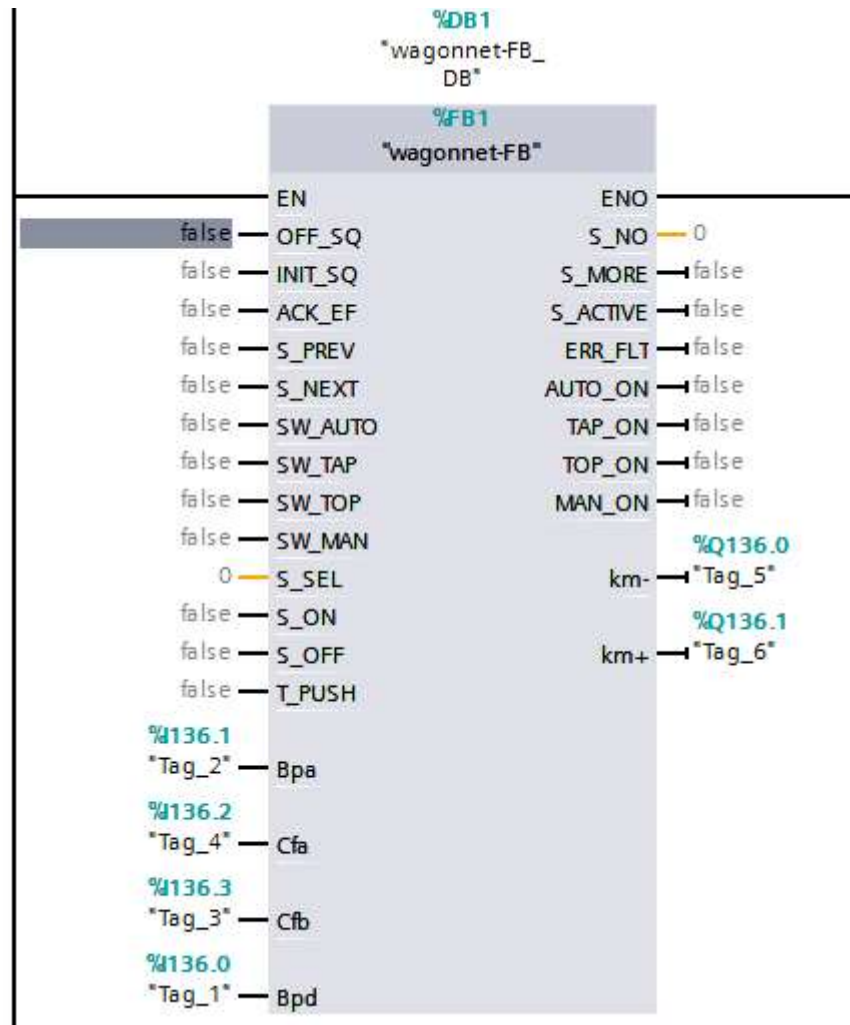


Figure 4. 9: Affectation du Bloc Fonctionnel au bloc d'organisation

pour tester ce programme avant d'envoyer au automate et faire la simulation sous simulateur virtuel du logiciel Tia portal et voir est ce que le cahier de charge est vérifié ou non

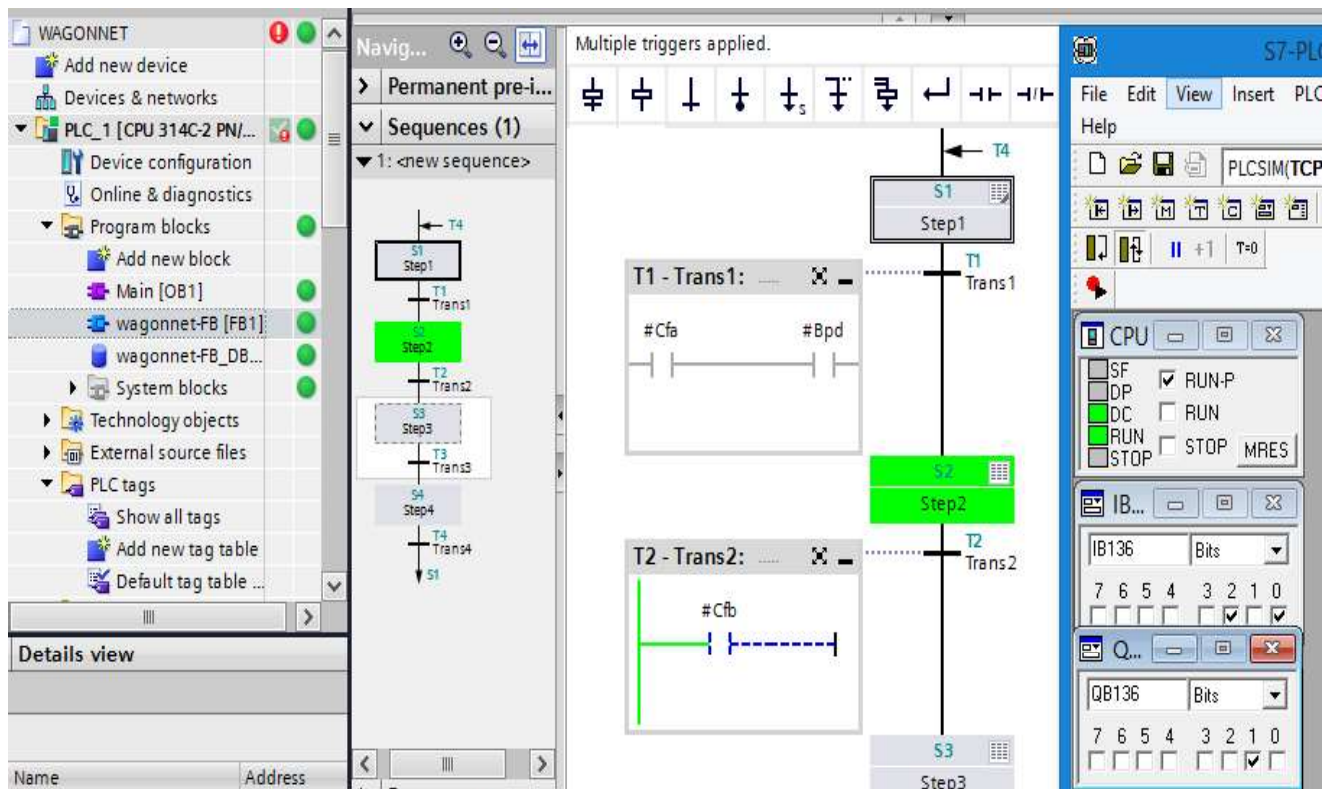
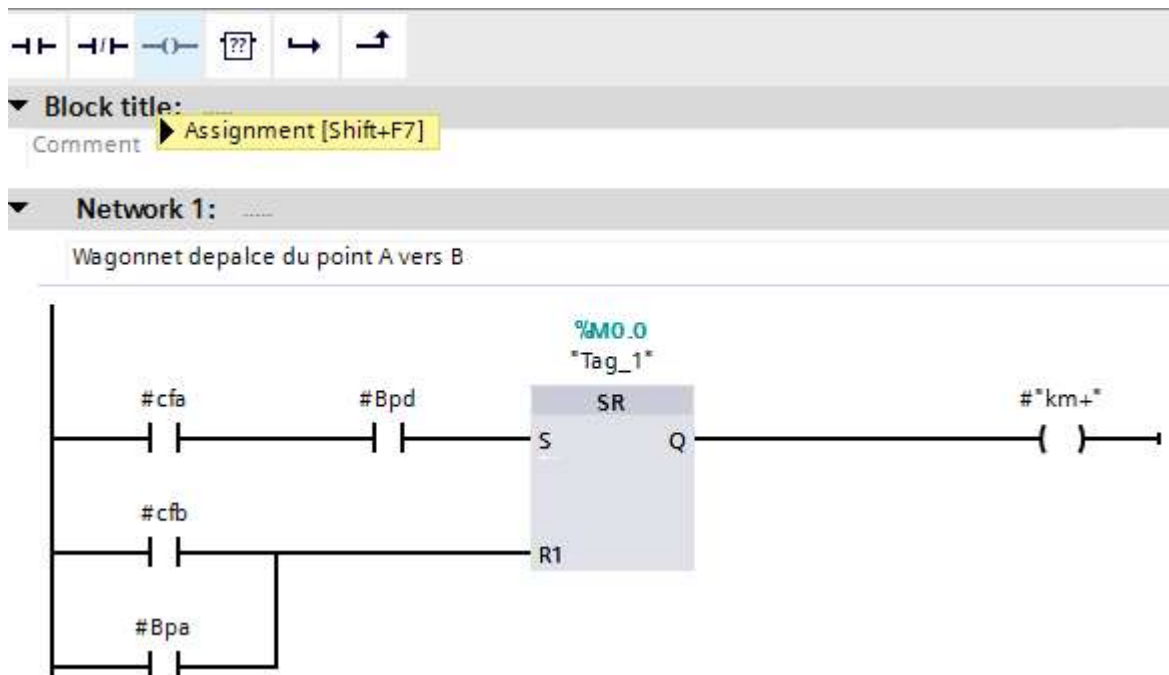


Figure 4.10: Exécution du programme sous simulateur Virtuel

3.

Programmation du système en utilisant langage Ladder (Bascules)



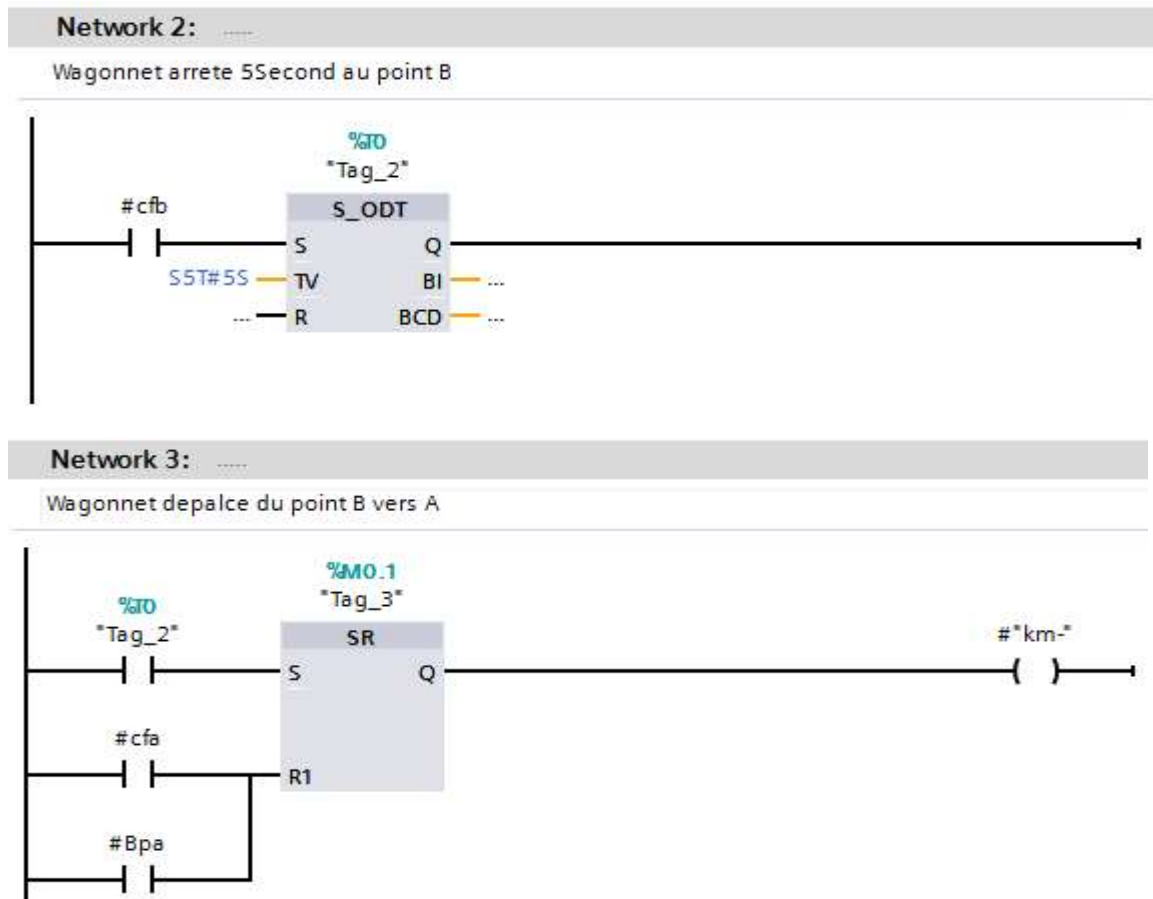


Figure 4.11: Capture d'écran du correction d'Exercice 01 sous Logiciel Tia portal en utilisant langage LADDER

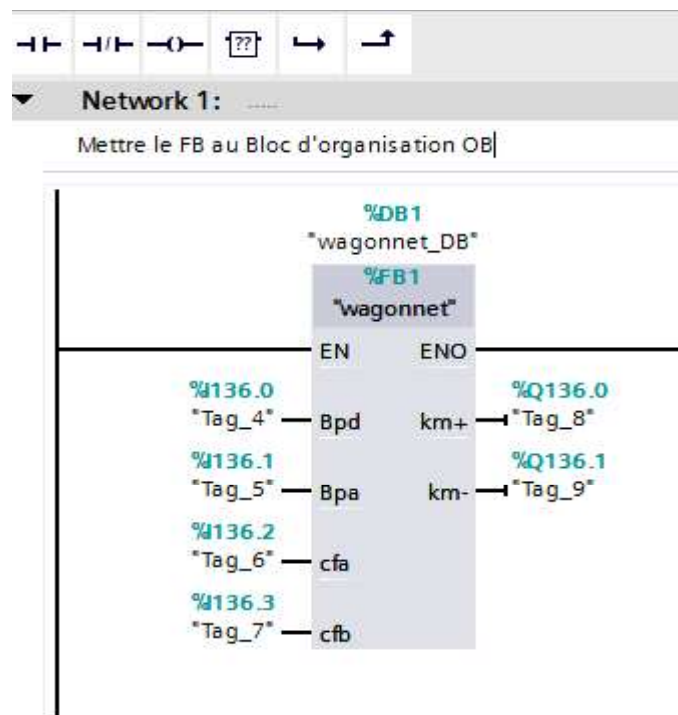


Figure 4. 12: Mettre du Bloc Fonctionnel au bloc d'organisation

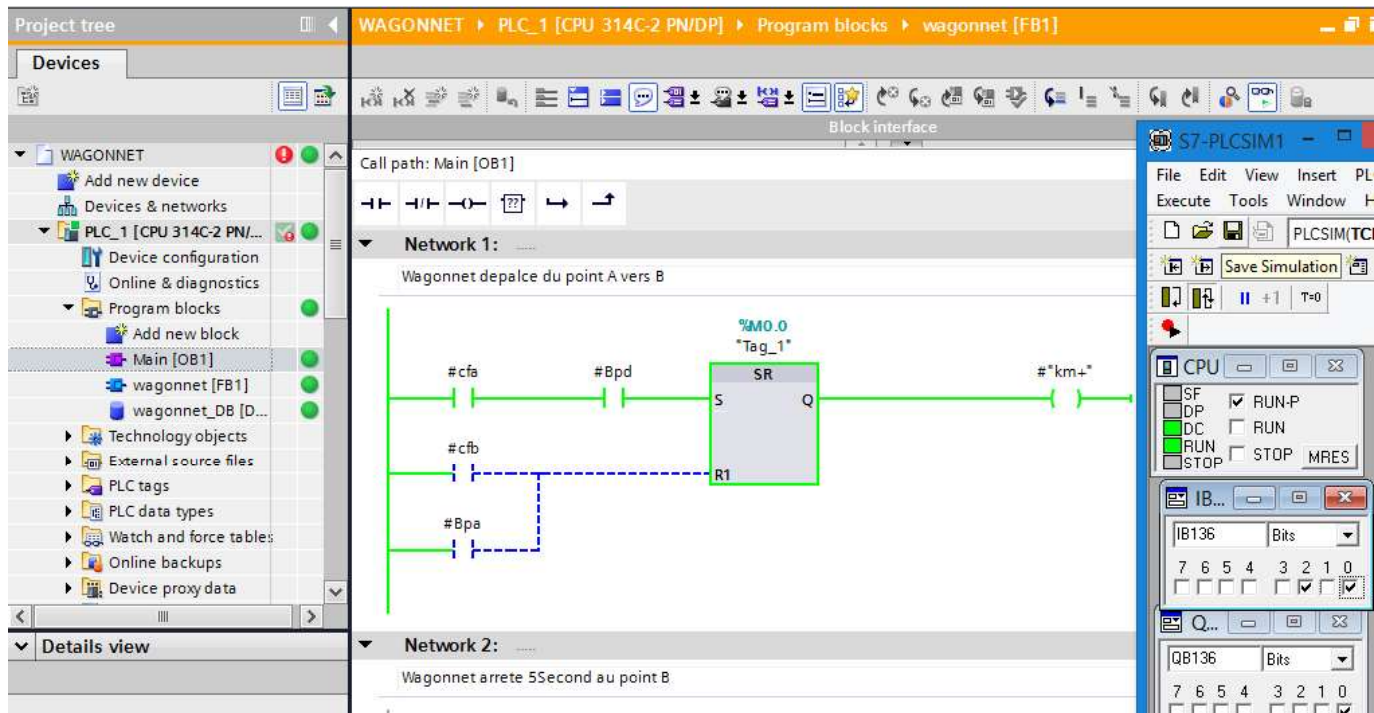


Figure 4.13: Exécution du programme sous simulateur Virtuel

4.

Interface de contrôle et la supervision par acquisition de données SCADA du wagonnet

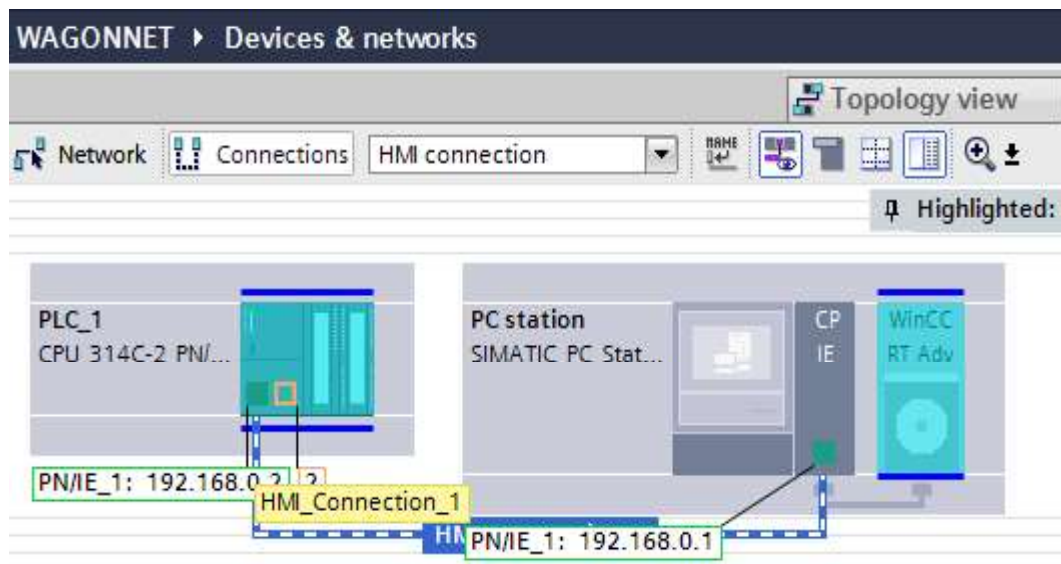


Figure 4.14: Capture d'écran de la connexion entre l'Automate API et Système PC SCADA



Figure 4.15: Capture d'Ecran de l'interface SCADA

Exercice 02: Commande d'un Ascenseur de trois Etage par SCADA

Notre prototype est constitué de trois étages de telle façon que chaque étage comporte un bouton poussoir d'appel de la cabine, un moteur à courant continu assure le montage et la descente de la cabine, un capteur de fin de course dans chaque étage assure l'arrêt de la cabine au étage d'appel.

un vérin assure l'ouverture et la fermeture de la porte de la cabine d'autre part un capteur détecte l'ouverture de la porte et autre détecte la fermeture de la porte.

1.

Programmation sous logiciel TIA Portal

A) Les Entrées de l'Automate programmable industriel

Selon le cahier de charge les entrées et les sorties sont de type tout ou rien TOR:

- Bouton poussoir d'appel du premier étage **bouton_E1**
- Bouton poussoir d'appel du deuxième étage **bouton_E2**
- Bouton poussoir d'appel du troisième étage **bouton_E3**
- Capteur de fin de course du premier étage **C_Etage1**
- Capteur de fin de course du deuxième étage **C_Etage2**
- Capteur de fin de course du troisième étage **C_Etage3**

- Capteur d'ouverture de la porte de la cabine **C_ouvert_porte**
- Capteur de fermeture de la porte de la cabine **C_ferm_porte**

B) Les sorties de l'Automate programmable industriel

- une sortie qui assure le monte de la cabine **cabine_monte**
- une sortie qui assure la descende de la cabine **cabine_desende**
- une sortie qui assure l'alimentation de verrin ou moteur pour ouvrir la porte **verrin_plus** et une autre pour assurer la fermeture de la porte **verrin_moin**

la **figure 4.15** représente une capture d'écran de logiciel TIA portal V17 où la déclaration des données (les entrées et les sorties) du cahier de charge

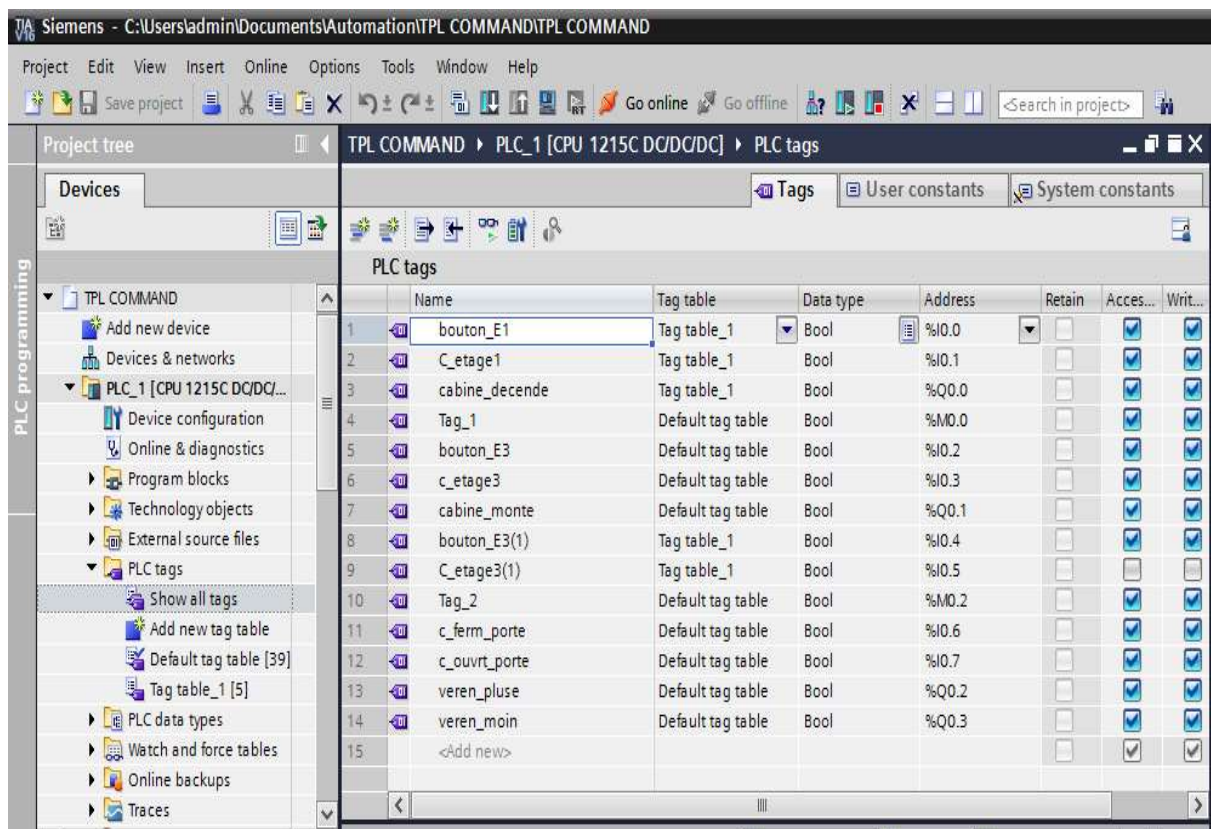


Figure 4.16: Capture d'écran de logiciel TIA portal V17 (déclaration des données les entrées et les sorties)

B) Traduction du cahier de charge au programme

Notre système est devisé de trois partie qui sont le premier, deuxième et le troisième étage, nous utilisons le bascules comme langage de programmation.

le schéma du premier étage est représenté à la figure 4.16

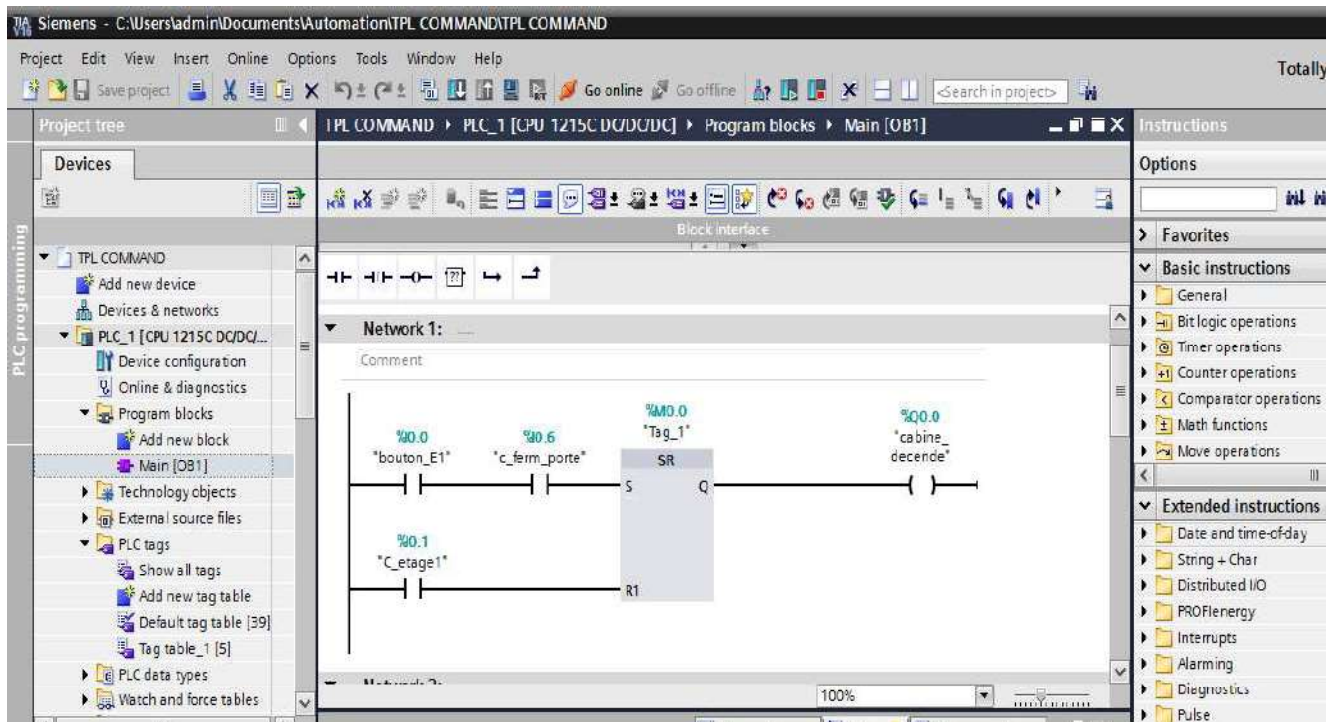


Figure 4.17: Programmation de l'appelle de la cabine au premier étage

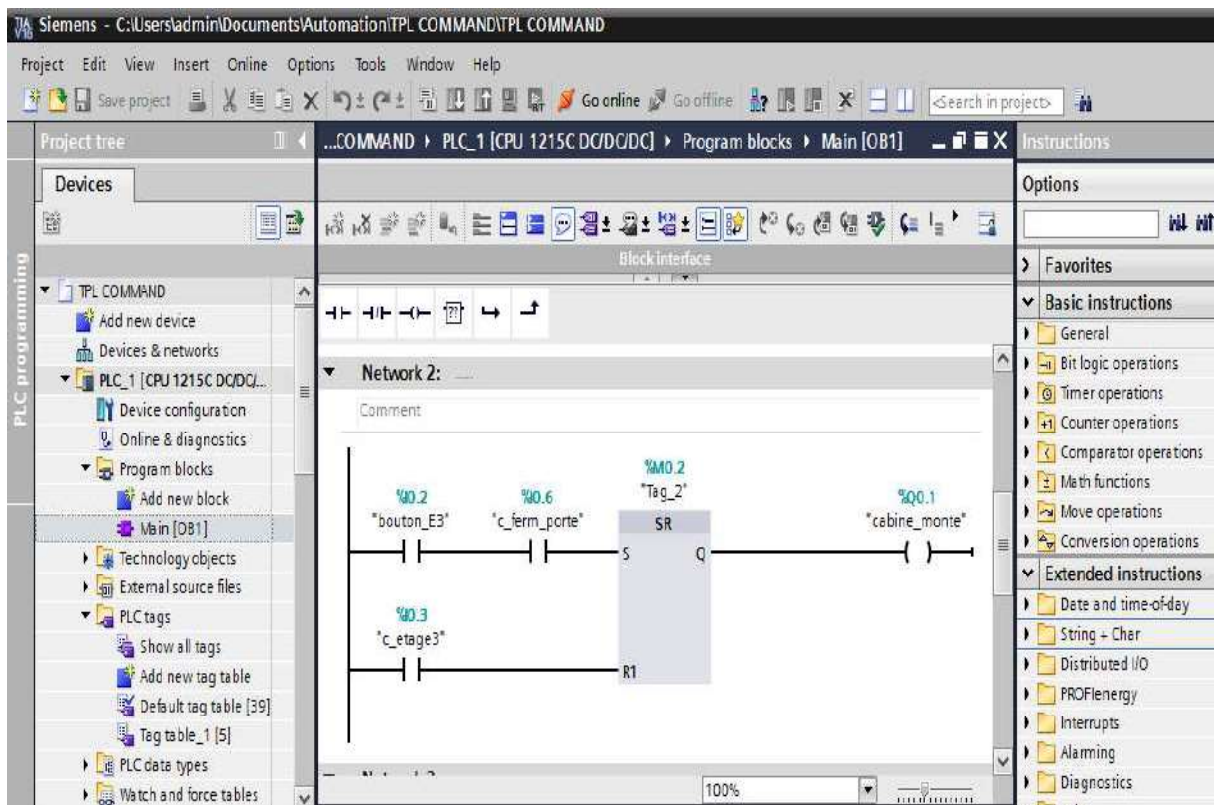


Figure 4.18: Programmation de l'appelle de la cabine au troisième étage

2.

Supervision et contrôle d'Ascenseur par SCADA

Un SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) permet de communiquer avec l'Ascenseur via un protocole de communication PROFILNET (TCP IP)

Un SCADA gère également toutes les fonctionnalités telles que les alarmes, les consignations, les tendances (courbes temps réel ou historiques), le stockage de données, ...

Nous avons crée une application graphique qui reproduit à l'écran de l'ordinateur notre système (Ascenseur) de tel façon tous les Entrée sont représenté par des Boutons et aussi toutes les sortie, la figure 4.18 représente un capture d'Ecran de l'interface SCADA.



Figure 4.19: Capture d'Ecran de l'interface SCADA

Exercice 03: Remplissage des Bouteilles

Ce système est généralement utilisé dans les usines de production des boissons liquides. Il décrit une partie du processus assurant les fonctions de remplissage et de bouchage des bouteilles.

les éléments de ce système sont:

- Un tapis roulant permettant le déplacement des bouteilles.
- Un poste de remplissage **P1** commandé par l'électrovanne **EV**.
- Un poste de bouchage **P2** commandé par un vérin presseur **1D** à double effet.
- Le déclenchement de la chaîne d'embouteillage se fait par action sur l'interrupteur **Dcy**.
- Le moteur "Avance Tapis : **M**" tourne d'un pas jusqu'à l'action du capteur "Tapis en position : **FcTP**".
- Une bouteille est alors présente à chacun des postes **P1** (détecter par **pbv**) et **P2** (détecter par **pbp**).
- Les opérations de remplissage et de bouchage s'effectueront simultanément sur les deux bouteilles :

Le remplissage se fera en deux étapes :

- Ouverture de l'électrovanne **EV** ;
- Fermeture de l'**EV** après le remplissage de la bouteille. Le capteur "Bouteille remplie : **br**" permettra de contrôler le niveau de remplissage des bouteilles.

Le bouchage se fera en deux étapes :

- Descente du vérin presseur **1D** ;
- Remonte du vérin **1D** après l'enfoncement du bouchon.

Il est à noter que le cycle ne recommencera que si les deux opérations de remplissage et de bouchage sont achevées.

Questions:

1. Quelles sont les entrées et les sorties du système
2. Faire le programme de ce système en utilisant langage **Grafset**
3. Construire l'interface de contrôle et de la supervision par acquisition de données SCADA du système