E. N. S. T
المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا
Ecole nationale supérieure de technologie

GEii
Génie Électrique et Informatique Industrielle

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

---

Département : Génie électrique Et Informatique Industrielle

Mémoire de Master en **Automatique**

Spécialité

Automatique et Informatique Industrielle

Architecture décentralisée pour le pilotage par le produit des systèmes d'assemblage robotisés

Réalisé par

LAKHDARI Amel

BOUHALI Amina

Présent(e) et soutenue publiquement le (06/07/ 2022)

Composition du Jury :

Président	M. El Hadi KHOUMERI	M.C.B	EN
Examinateur	Mme. Imane DROUICHE	M.C.B	USTI
Examinateur	Mme. Dalila BOUTOUTA	M.A.A	EN
Promoteur	M. Mehdi GAHAM	M.R.B	CD
Co-promoteur	M. Mohamed Amine MAMOU	M.C.B	USTI

Année universitaire : 2021/2022

Dédicaces

A Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé, le courage et la volonté à réaliser ce travail.
J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail :
Aux deux personnes très chères à mon cœur qui ont partagé mes joies et mes peines, qui ont été toujours à mes côtés, qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui : ma confidente chère maman Fatima, et le plus respectueux des pères, mon cher papa Kamel. Je prie le bon Dieu de vous bénir, de veiller sur en espérant que vous seriez toujours fiers de moi.

A mes adorables sœurs, chères oncles et tantes de m'avoir soutenue, encouragé durant tout mon parcours d'étude, je vous souhaite tout le bonheur du monde, merci.
A tous ceux qui j'apprécie et je n'ai pas mentionné mais que je n'ai pas oublié.

Amel

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes parents pour leurs efforts, leur soutien et confiance durant toutes années d'étude.
A ma sœur et mes frères pour leurs présences et encouragement pour affronter tous les obstacles.
Je dédie aussi à tous mes amis et collègues.

Amina

Remerciements

Avant tout, on remercie DIEU le tout-puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la patience et la santé durant toutes ces années d'études et que grâce à lui ce travail a pu être réalisé.

Nos plus sincères remerciements vont à nos tuteurs : **M. Mehdi GAHAM** responsable de ce projet au niveau du centre de développement des technologies avancées et **M. Mohammed Amine MAMOU** notre encadrant académique pour leurs judicieux conseils, soutien et le temps consacré et sans qui ce mémoire et ce projet n'auraient jamais vu le jour.

Nos gratitudes vont au **corps professoral et administratif** du **Département génie Electrique et Informatique Industrielle** d'avoir enrichi de maintes connaissances et d'un jargon technique qui nous a facilité la confrontation au monde du travail avec les compétences nécessaires, de sérieux et de responsabilité.

Nos remerciements vont également aux membres de jury pour le regard critique et pertinent qu'il sera porté sur notre travail. Cela nous apportera un éclairage enrichissant, permettra d'hiérarchiser nos interrogations et d'orienter ainsi notre réflexion.

Enfin, nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Table des matières

Table des matières

Liste des figures
Liste des tableaux
Liste des abréviations

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I :

INTRODUCTION
I.1 INDUSTRIE 4.0 2
I.1.1 La révolution industrielle 2
I.1.2 Généralités 2
I.1.3 Les technologies de l'industrie 4.0 3
I.2 LES STRUCTURES DE PILOTAGE 4
I.3 LE PILOTAGE PAR LE PRODUIT ET LA DECENTRALISATION DE LA DECISION 4

CONCLUSION

CHAPITRE II :

INTRODUCTION
II.1 PRESENTATION DE LA CELLULE D'ASSEMBLAGE ROBOTISEE 6
II.1.1 Partie commande 7
II.2 MODELISATION DE LA CELLULE VIRTUELLE 10
II.3 ORGANIGRAMME DE PILOTAGE DECENTRALISE 13

CONCLUSION

CHAPITRE III :

INTRODUCTION
III.1 ARCHITECTURE DE COMMANDE 17
III.2 COMMUNICATION ENTRE LE FACTORY I/O ET LES DIFFERENTS CPUS 18
III.2.1 OPC UA 18
III.2.2 Configuration S7-PLCSIM Advanced 19
III.2.3 Communication entre Factory I/O et le PLC S7-1500 20
III.2.4 La configuration des différents ET200 SP 23
III.2.5 La communication maitre/esclaves 24

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE 30

REFERENCES

Liste des figures

Liste des figures

CHAPITRE I :

Figure I- 1:Illustration des différentes révolution industrielle 2

CHAPITRE II:

Figure II- 1:La cellule d'assemblage robotisée réelle 7
Figure II- 2:Vue du face du périphérique décentralisé ET-200SP 8
Figure II- 3:La configuration matérielle du ET200SP du premier poste 8
Figure II- 4:La configuration matérielle du ET200SP du deuxième poste 9
Figure II- 5:La configuration matérielle du ET200SP du troisième poste 9
Figure II- 6:Alimentation SITOP PSU100S 9
Figure II- 7:Représentation de la cellule d'assemblage robotisé virtuelle 11
Figure II- 8:Vue du poste 01 12
Figure II- 9:Vue du poste 02 12
Figure II- 10:Vue du poste 03 13
Figure II- 11:Schéma explicatif du premier poste 14
Figure II- 12:Schéma explicatif du deuxième poste 15
Figure II- 13:Schéma explicatif du troisième poste 16

CHAPITRE III:

Figure III- 1:Vue du réseau 17
Figure III- 2:Activation du serveur OPC UA sur TIA Portal 19
Figure III- 3:Panneau de configuration PLCSIM Advanced 20
Figure III- 4:Configuration du driver OPC Client DA/UA 21
Figure III- 5:Fenêtre indiquant la réussite de la communication OPC UA 21
Figure III- 6:La table des variables du PLC maitre (S7-1500) 23
Figure III- 7:Configuration d'ET 200 du poste 01 comme esclave 23
Figure III- 8:Configuration d'ET 200 du poste 02 comme esclave 24
Figure III- 9:Configuration d'ET 200 du poste 03 comme esclave 24
Figure III- 10:La table des variables du poste 01 25
Figure III- 11:La table des variables du poste 02 26
Figure III- 12:La table des variables du poste 03 26
Figure III- 13:La table d'échange entre le poste 01 et le maitre 27
Figure III- 14:La table d'échange entre le poste 02 et le maitre 28
Figure III- 15:La table d'échange entre le poste 03 et le maitre 28
Figure III- 16:Schéma explicatif résumant les liens de communication 29

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1:Caractéristiques techniques de la CPU 1512SP-1 PN 10

Liste des abréviations

Liste des abréviations

API : Automate Programmable Industriel
AR : Augmented Reality
CDTA : Centre de Développement des Téchnologies Avancées
Cobotique : Robot Collaboratif
CPU : Central Processing Unit
DA : Data Access
DC : Direct Current
DI : Digital Input
DQ : Digital Output
E/S : Entrées/Sorties
HILS : Hardware in the Loop Simulation
I/O : Input/Outpu
IA : Intelligence Artificielle
IoT : Internet of Things
IP : Internet Protocol
KUKA LBR IIWA : Leicht Bau Roboter Intelligent Industrial Work Assistant
M2M : Machine To Machine
OPC UA : Opens Platforme Communication Unified Architecture
P&P : Pick and Place
PLC : Programmable Logic Controller
PROFINET : Process Field Ethernet
PN : PROFINET
PROFIBUS : Process Field Bus
PS : Power Supply
RFID : Radio Frequency Identification
SOA : Service oriented Architecture
SPA : Société Par Action
TIA : Totally Integrated Automation

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

La nouvelle révolution industrielle dite « industrie 4.0 » succédant de trois principales étapes d'évolution majeurs de révolution à savoir : la mécanisation, l'industrialisation et l'automatisation. Cette révolution fait référence à la transformation de l'industrie et des systèmes de production grâce à l'introduction des nouvelles technologies qui permettent d'améliorer la productivité, la rentabilité ainsi que la qualité des produits grâce à l'intégration de ces dernières promettant une révolution numérique du l'industrie de production. [1]

Sa présence dans le secteur manufacturier a transformé le paradigme de toute la stratégie industrielle. Elle est basée sur une production flexible dans un temps minimisé.

Dans le but d'une collaboration entre la recherche et l'industrie, l'entreprise SIEMENS SPA qui représente un fournisseur de solution d'automatisation pour l'amélioration de la productivité et le Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA) ont procédé a signé une convention en 2017 afin de réussir le pilotage d'une cellule d'assemblage robotisée en intégrant les technologies de l'industrie 4.0.

Dans ce contexte, un thème « Architecture décentralisée pour le pilotage par le produit des systèmes d'assemblage robotisés » nous a été proposé qui représente une deuxième solution du projet déjà traité précédemment dit « Conception et validation HILS de programme PLC pour une cellule d'assemblage robotisée ».

Sachant que notre travail s'est basé sur la cellule d'assemblage réelle, nous avons utilisé un moteur technologique de l'industrie 4.0 dit « digital twin » pour la réalisation d'une plateforme virtuelle afin de crée un jumeau numérique de la cellule réelle pour pouvoir réaliser ce projet.

A cet effet, ce présent travail est réparti en trois chapitres décrivant les volets suivants :

Le premier chapitre est réservé pour des généralités du concept de l'industrie 4.0 et de la commande décentralisée.

Dans le second chapitre, nous présenterons la cellule d'assemblage robotisée présente au niveau du CDTA, puis nous abordons la cellule virtuelle réalisée à l'aide du logiciel de simulation 3D Factory I/O ainsi que son fonctionnement.

Le dernier chapitre, est la partie communication qui englobe toutes les configurations réseau misent pour garantir le pilotage décentralisé de la cellule d'assemblage robotisée.

Chapitre I

Etat de l'art : Industrie 4.0

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous présenterons, dans une première partie, l'historique des révolutions industrielles et nous donnerons des généralités de l'industrie 4.0 ainsi que ces prin-.

cipales technologies. Puis nous nous intéresserons plus particulièrement aux différentes structures de pilotage existantes et nous préciserons ce que c'est la commande décentralisée.

I.1 Industrie 4.0

I.1.1 La révolution industrielle

Au cours des 250 dernières années, plusieurs révolutions industrielles ont transformé les méthodes de production des biens. L'industrie 4.0 est la plus récente évolution dans le secteur industriel.

La première révolution industrielle a été l'introduction d'un outil de production mécanique à partir du 18ème siècle et renforcé tout au long du 19ème siècle. À partir des années 1870, l'électrification et la division du travail (c'est-à-dire le taylorisme) ont conduit à la deuxième révolution industrielle. La troisième révolution industrielle, également connue sous le nom de "révolution numérique", a commencé vers les années 1970 lorsque l'électronique de pointe et les technologies de l'information ont perfectionné l'automatisation des processus de production. [1]

La figure suivante illustre les différentes révolutions industrielles :

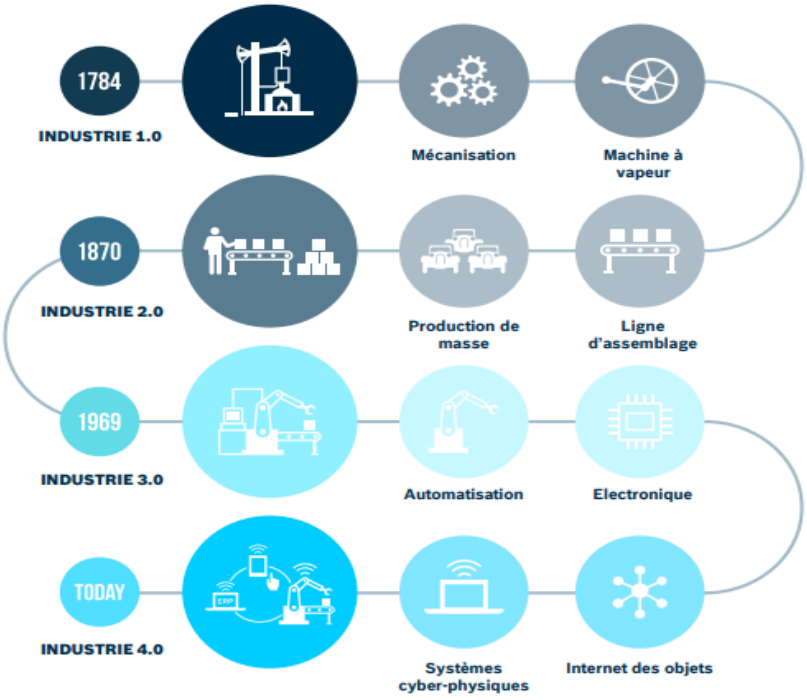


Figure I- 1:Illustration des différentes révolutions industrielles

I.1.2 Généralités

L'industrie 4.0 spécifie une nouvelle génération d'usines connectées, robotisées et intelligentes. Avec la révolution numérique, les frontières entre les mondes physique et

numérique se rétrécissent, donnant vie à l'usine 4.0 connectée où les employés, les machines et les produits interagissent.

Le terme Industrie 4.0 a été évoqué pour la première fois lors du Forum mondial de l'industrie à Hanovre en 2011, puis il a été développé et encouragé par plusieurs autres instances. Le projet "Industrie 4.0" correspond à une nouvelle façon d'imaginer les moyens de production dans le but de croitre la productivité [2]

I.1.3 Les technologies de l'industrie 4.0

L'industrie 4.0 repose sur plusieurs technologies émergentes qui l'ont mené à un changement radical dans le secteur industriel, leur combinaison judicieuse permet la mise en œuvre de la stratégie numérique de l'entreprise.
L'ensemble de ces technologies créent une usine connectée permettant la prise de décision d'une manière autonome. Parmi ces technologies on trouve :

1) La réalité augmentée (AR) : c'est un concept rendu possible par un système capable de faire coexister spatialement et temporellement un monde virtuel avec l'environnement réel. Parmi ces avantages majeurs, nous citons :

- ✓ Détection d'erreurs habituellement trouvées lors de l'assemblage d'un prototype.
- ✓ Vision du produit comme il devrait être fabriqué et assemblé.
- ✓ Configuration et choix des options.

2) Cloud computing : C'est un aspect important de l'Industrie 4.0 qui permet d'augmenter la connectivité et un contrôle entre les différents processus industriels.

3) Intelligence artificielle (IA) : c'est le moyen d'exploiter les vastes quantités d'informations collectées en temps réel, de les classer, de les analyser et de les présenter à l'opérateur. Ces informations aideront les techniciens à prévoir les modifications apportées aux composants de l'équipement.

4) Internet des objets (IoT) : L'aspect de l'IoT dans la nouvelle révolution industrielle est l'utilisation de ces objets connectés lors de la production. Cela signifie l'intégration des outils intelligents dans les usines. Ces technologies aideront à recueillir plus de données sur le processus de production pour vérifier la conformité et de l'optimiser en temps réel. [3]

5) Big data : désigne l'ensemble des données numériques produites par l'utilisation des nouvelles technologies. Il intègre les données des capteurs et des objets connectés. [4]

6) La cobotique : signifie l'interaction entre les humains et les machines lors de l'exécution de tâches. En milieu industriel, la « robotique collaborative » est au cœur de nombreux projets pour améliorer l'efficacité des processus tout en réduisant certains risques. La cobotique est un aspect essentiel de l'industrie 4.0 ou de l'industrie du futur. [5]

7) Jumeau digital : Le digital twin ou jumeau numérique est la reproduction virtuelle des pièces et machines, de façon qu'on simule son fonctionnement. De cette manière on peut étudier la performance des machines réelles dans un instant précis, ou réaliser une conservation prédictive d'une machine spécifique, puisqu'elle aide à prévenir de possibles défaillances. [6]

I.2 Les structures de pilotage

On peut distinguer essentiellement cinq structures différentes : [7]

1) **Structure centralisée** : caractérisée par un pilotage localisé au sein d'une ressource unique qui supervise la production.

2) **Structure hiérarchisée** : dont chaque niveau coordonne les unités de pilotage du niveau inférieur, et ce jusqu'au niveau le plus bas.

3) **Structure coordonnée** : correspond à un ensemble de structures hiérarchisées où une coopération est possible au sein d'un même niveau.

4) **Structure distribuée :** fondée sur une distribution totale des capacités de décision.

5) **Structure distribuée supervisée** : caractérisée par un ensemble d'entités coopérantes sous le contrôle d'une entité superviseur dont le rôle est d'imposer, de conseiller ou de modifier une décision afin de respecter un objectif plus global.

I.3 Le pilotage par le produit et la décentralisation de la décision

A cause de dépendance de la connectivité du réseau, la perte des données dans le cas d'une panne du serveur et la difficulté de la maintenance, on opte pour une structure décentralisée.

Cette structure consiste à décomposer le système en sous-ensembles (nœuds) par conséquent séparer les entrées-sorties pour chaque sous-système. [8]

Chaque nœud est commandé par son propre contrôleur et prend sa décision indépendamment, ce contrôleur est doté par une interface de communication, il traite les données et exécute les instructions localement puis il les transfère vers les contrôleurs des autres sous-systèmes en suivant un protocole de communication via le port de communication. On peut ajouter des ressources matériels et logiciels aux sous-ensembles.

Un système décentralisé peut avoir deux architectures :

- ✓ **Architecture pair à pair :** toutes les entités ont la même priorité.
- ✓ **Architecture maitre-esclave :** une entité peut devenir un maitre.

Parmi les avantages et les limites de cette architecture, on mentionne :

- ❖ **Les avantages :**
- ➢ Diminution du coût (des API et de câblage)
- ➢ Amélioration de la flexibilité et fiabilité.
- ➢ Localisation des défauts et rapidité de maintenabilité pendant le fonctionnement du système complet.
- ➢ Faciliter le diagnostic grâce à l'indépendance (défaillance d'une entité et pas tout le système). [9]
- ❖ **Les limites :**

- ➢ Difficulté d'effectuer les taches collectives.
- ➢ Déconseillé pour les petits systèmes à cause du faible rendement entre le prix et les bénéfices.
- ➢ Manque de régulation des entités dans le système.

Grâce à la mise en œuvre de systèmes d'intelligence artificielle, il n'est plus nécessaire d'avoir un point de vue unique pour coordonner la prise de décision, car chaque section impliquée dans la production doit fonctionner de manière aussi autonome que possible. [10]

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons expliqué en premier lieu le concept d'industrie 4.0 ainsi que les différentes technologies éléments qui l'entourent. Ensuite nous avons présenté les diverses structures de pilotage ainsi qu'un aperçu sur la commande décentralisée.

L'ensemble des technologies citées précédemment représente des moteurs essentiels dans la transformation du secteur manufacturier.

Chapitre II

Chapitre II : Conception de l'approche décentralisée pour le pilotage de la cellule d'assemblage.

INTRODUCTION

Le système sur lequel repose le projet est une cellule d'assemblage robotisée développée au niveau du laboratoire « Système de Production Robotique » de la division Robotique et Productique du Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA).

Ce chapitre présente d'abord la cellule d'assemblage robotisée réelle puis nous développerons une plateforme virtuelle à l'aide du logiciel de simulation 3D FACTORY I/O qui représente son jumeau numérique. Par la suite nous exposerons son principe de fonctionnement virtuel attaché à des schémas explicatifs.

II.1 Présentation de la cellule d'assemblage robotisée

Dans ce projet, nous nous intéressons sur une cellule d'assemblage robotisée présente au niveau de CDTA qui a été conçu de manière à pouvoir intégrer des technologies de l'industrie 4.0.

La cellule contient principalement :

❖ Une partie opérative :

- ✓ Le robot collaboratif (KUKA LBR IIWA).
- ✓ Le robot industriel (GT6).
- ✓ Le robot MOTOMAN
- ✓ Quatre (4) convoyeurs.
- ✓ Des capteurs photoélectriques.
- ✓ Un système d'identification par radiofréquence : RF380R et un module de communication RF180C.

❖ Une partie commande :

- ✓ Trois périphériques décentralisés ET 200SP CPU (une pour chaque poste).

Ces éléments sont répartis sur quatre postes différents comme la montre la figure ci-dessous et chaque poste lui ait affecté une tâche particulière durant un cycle d'assemblage.

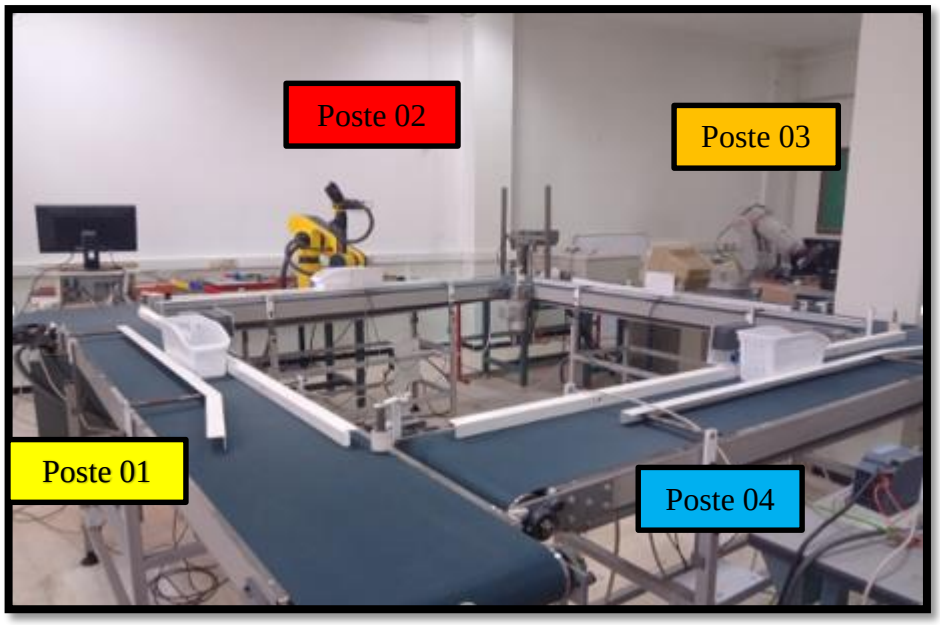


Figure II- 1:La cellule d'assemblage robotisée réelle

Dans la partie qui va suivre nous détaillerons la partie commande de la cellule d'assemblage robotisée.

II.1.1 Partie commande

Elle se compose principalement de trois périphériques décentralisés ET200SP.

Nous le présenterons dans ce qui suit ainsi que ces caractéristiques :

II.1.1.1 Périphérique décentralisé ET 200SP

La périphérie décentralisée SIMATIC ET 200SP est un système de périphérique décentralisée modulaire pour le raccordement des signaux de processus à un système d'automatisation centralisé tel que SIMATIC S7-1500. Il existe un choix complet de modules pour une adaptation optimale à la tâche d'automatisation. La périphérie décentralisée est souvent utilisée lorsque des signaux doivent être transmis sur une distance plus longue et que le travail de câblage requis à cet effet est trop important. Les signaux peuvent ainsi être collectés sur site de manière décentralisée puis reliés à l'automate centralisé via un système de bus. Dans le cas du système ET 200SP, les appareils peuvent être raccordés via PROFINET ou PROFIBUS. [11]

Le périphérie décentralisée ET 200SP (figure ci-dessous) est :

- Montée sur un rail normalisé ⑦
- Constituée d'un module d'interface ① avec un adaptateur de bus ⑥
- Constitué jusqu'à 32/64 modules de périphérie ④ enfichés sur des BaseUnits ②, ③, et d'un module serveur de terminaison ⑤

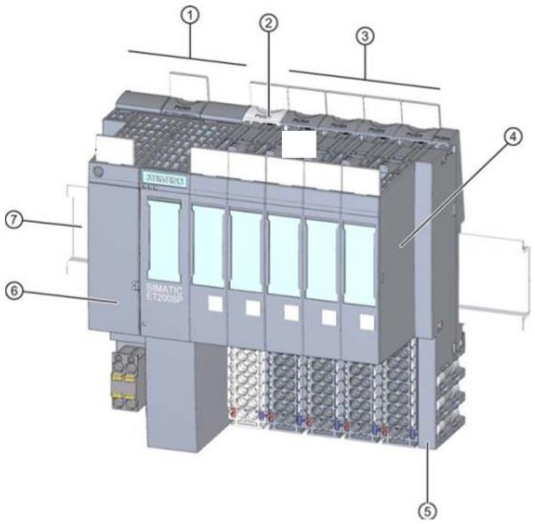


Figure II- 2:Vue du face du périphérique décentralisé ET-200SP

Dans le cas de notre cellule d'assemblage, elle contient trois (3) périphériques décentralisés ET 200SP.

La figure ci-dessous est la configuration matérielle du premier poste de la cellule :

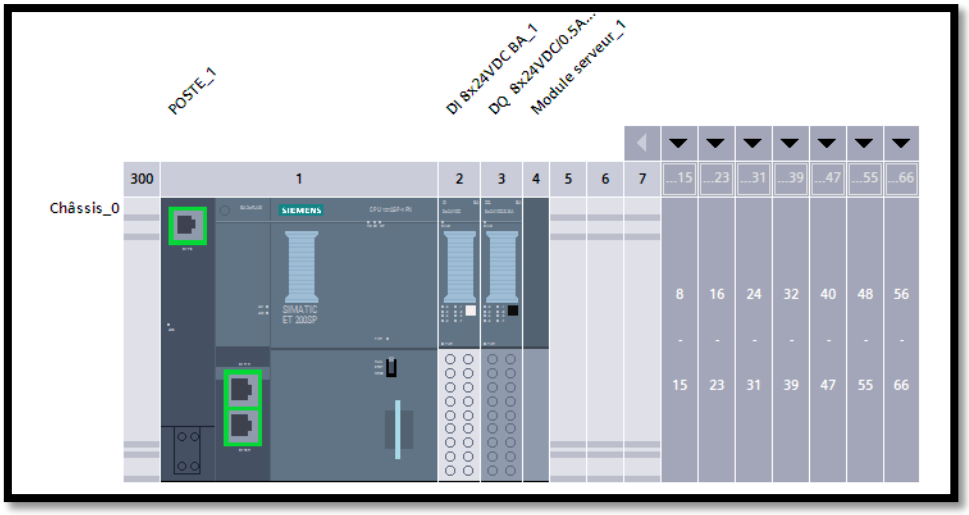


Figure II- 3:La configuration matérielle du ET200SP du premier poste

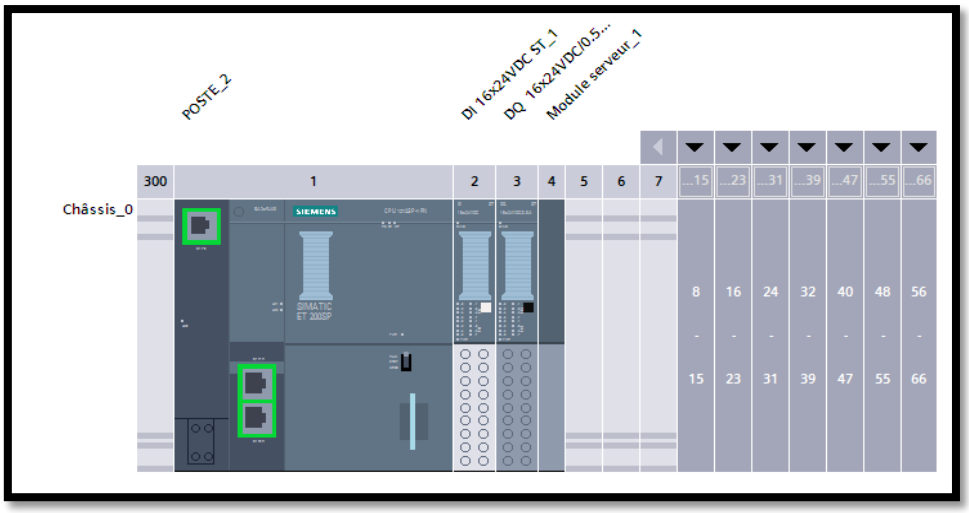


Figure II- 4:La configuration matérielle du ET200SP du deuxième poste

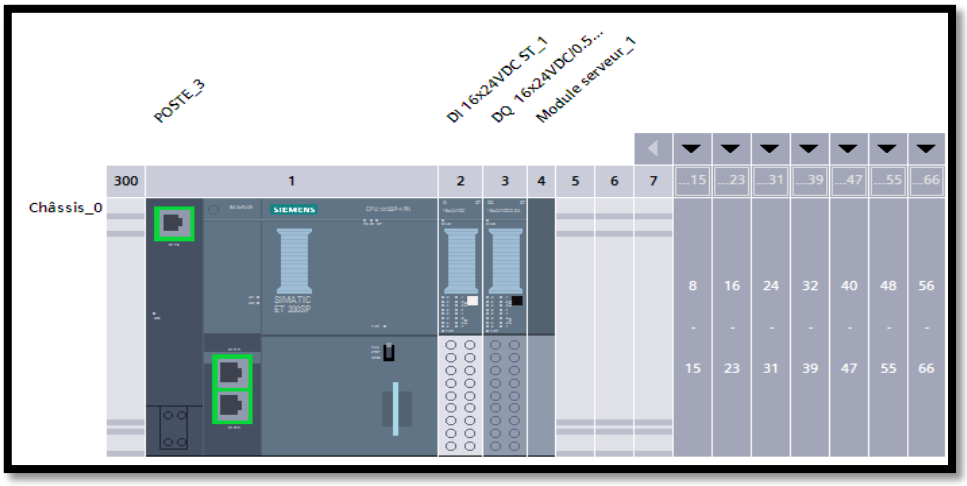


Figure II- 5:La configuration matérielle du ET200SP du troisième poste

- **Alimentation (PS) :**

  Une entrée d'alimentation stabilisée est ajoutée à l'armoire, elle s'agit de SITOP PSU100S (DC 24V/10A).



Figure II- 6:Alimentation SITOP PSU100S

- **Unité centrale CPU 1512SP-1PN :**

  La CPU 1512SP-1PN est doté d'une mémoire de travail de capacité de 200Ko de programme et de 1Mo de données. Et un temps de traitement pour opérations sur bit de 48ns. Elle nécessite une alimentation en tension de 24V DC.

Ci-dessous un tableau représentatif de quelques caractéristiques techniques du CPU 1512SP-1 PN : [12]

Tableau 1: Caractéristiques techniques de la CPU 1512SP-1 PN

Caractéristiques techniques	
Désignation du type de CPU	**CPU 1512-1 PN**
Sélecteur de mode	1
Type de la tension d'alimentation	24 V
Plage admissible, limite inférieure (CC)	19,2 V
Plage admissible, limite supérieure (CC)	28,8 V
Consommation de courant	0,6 A
Puissance absorbée	6,2 W
Puissance d'alimentation	8,75 W
Puissance dissipée	5,6 W
Carte mémoire SIMATIC nécessaire	Oui

- **Modules d'entrées/sorties :**

✓ Un module d'entrées Tout ou Rien, 16 bits, DI 16x24VDC ST

✓ Un module de sorties Tout ou Rien 16 bits, DQ 16x24VDC/0.5A ST

II.2 Modélisation de la cellule virtuelle

Cette partie du projet comprend une modélisation proche de la cellule d'assemblage robotisée réelle à l'aide du logiciel de simulation 3D Factory I/O, comme le montre la figure suivante :

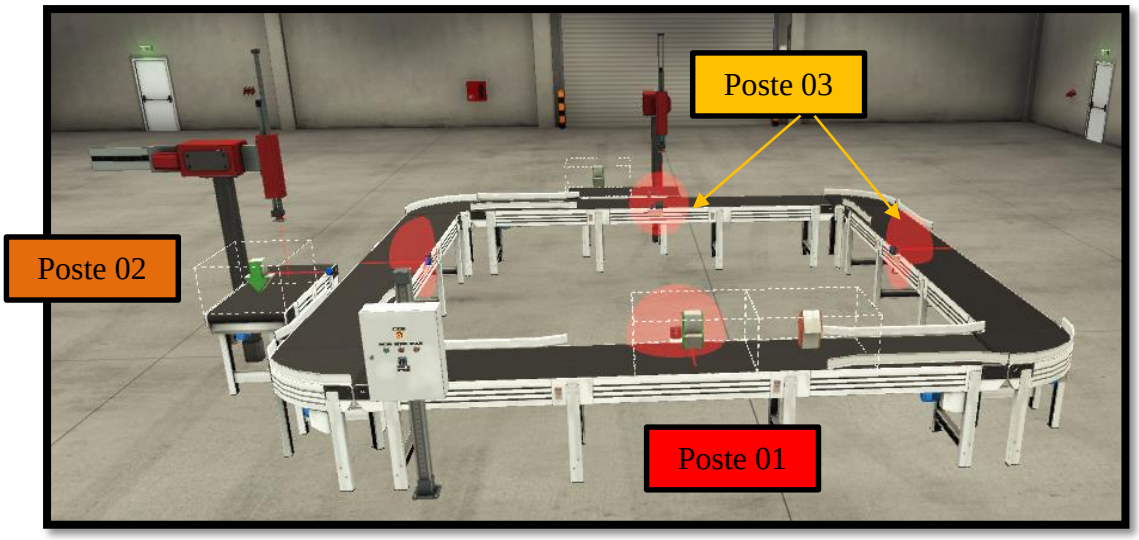


Figure II- 7:Représentation de la cellule d'assemblage robotisé virtuelle

La cellule d'assemblage robotisé se compose de trois postes qui incluent :

- ✓ 04 convoyeurs (Belt Convoyer) de (6m pour chacun).
- ✓ 04 convoyeurs incurvés (curved belt conveyor) (pour ne pas perdre le panier et les pièces).
- ✓ Des capteurs photoélectriques et 04 lecteurs RFID.
- ✓ 02 convoyeurs secondaires de 2m (pour l'alimentation en pièces).
- ✓ 02 stations Pick and Place.
- ✓ Des aligneurs, trois émetteurs (Emitters) et un rétracteur (Remover).
- ✓ Une armoire électrique.

On commence par détailler chaque poste à part :

❖ **Premier poste :**

- ✓ L'armoire électrique **:** elle contient des boutons (auto, start, reset, stop et Emergency stop).
- ✓ Le premier convoyeur (6m) et un convoyeur incurvé.
- ✓ Un émetteur qui remplace l'être humain pour faire l'émission des paniers.
- ✓ Un rétracteur pour modéliser la récupération du panier par l'être humain.
- ✓ Un capteur photoélectrique pour détecter la présence du panier.
- ✓ Un lecteur RFID.

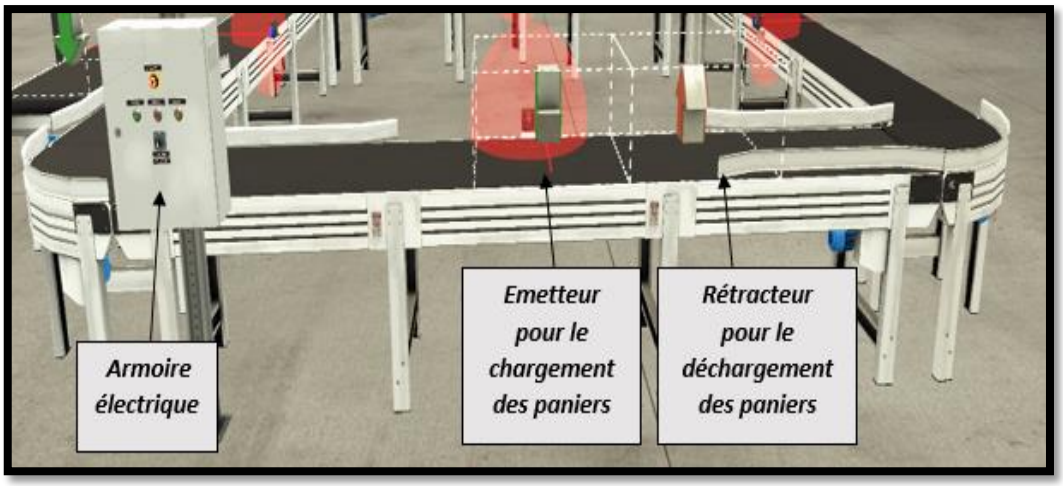


Figure II- 8:Vue du poste 01

❖ **Deuxième poste :**

- ✓ Un deuxième convoyeur (6m) et un convoyeur incurvé pour diriger le panier vers le poste 03 après le chargement des pièces.
- ✓ Un capteur photoélectrique.
- ✓ Un lecteur RFID.
- ✓ La station Pick and Place pour faire le chargement des pièces dans le panier (qui remplace le robot GT6), elle est dotée de :
- ▪ Un convoyeur secondaire (2m) avec un capteur photoélectrique.
- ▪ Un émetteur (pour donner les pièces à assembler).
- ▪ Pick & Place 01.

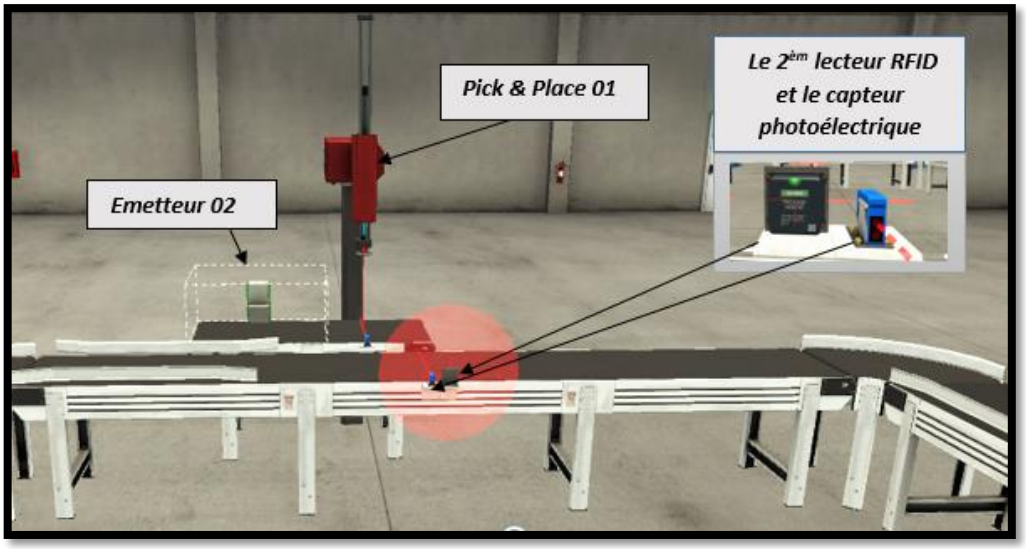


Figure II- 9:Vue du poste 02

❖ **Troisième poste :**

- ✓ Le troisième et le quatrième convoyeur (6m) et les convoyeurs incurvés.
- ✓ Deux capteurs photoélectriques.
- ✓ Deux lecteurs RFIDs.

- ✓ Une station Pick & Place dotée de :
- Un convoyeur secondaire (2m) et un capteur photoélectrique.
- Un émetteur.
- Pick & Place 02.

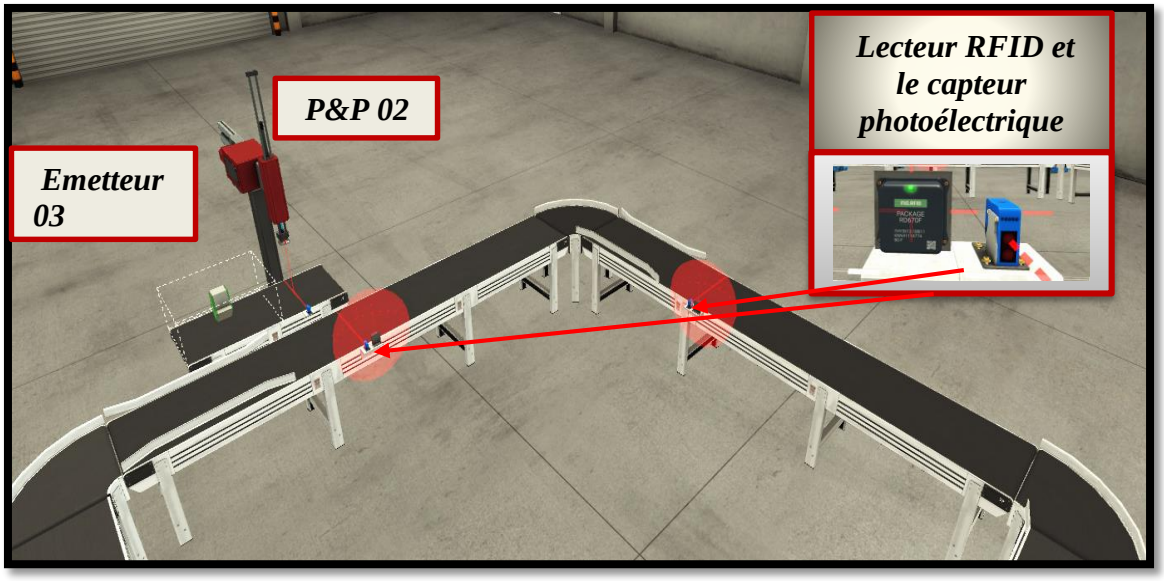


Figure II- 10:Vue du poste 03

NB :
Pendant la conception du jumeau numérique on a fait des modifications pour le 4ème poste de la cellule réelle, on a intégré ce dernier dans le poste 03. Donc il sera contrôlé par l'ET200 SP du poste trois.
On n'a pas modélisé le robot collaboratif (KUKA LBR IIWA) car il n'est pas contrôlé par l'ET200 SP.

II.3 Organigramme de pilotage décentralisé

- L'opérateur met le panier sur le premier convoyeur : est modélisé par la mise en marche de l'émetteur. Il contient une étiquette (Tag) RFID.
- Si le panier est en face du capteur photoélectrique, ce dernier va s'activer.
- L'opérateur sélectionne le type de produit souhaité et confirme sa sélection via l'IHM, puis lance le démarrage du cycle.
- Le lecteur RFID effectue l'écriture des données pour les deux postes 02 et 03 concernant le type du produit (nombre de pièces à assembler).
- Le premier poste libère le panier et donc le convoyeur principal sera mis en marche cela permet de le déplacer du poste 01 au poste 02.

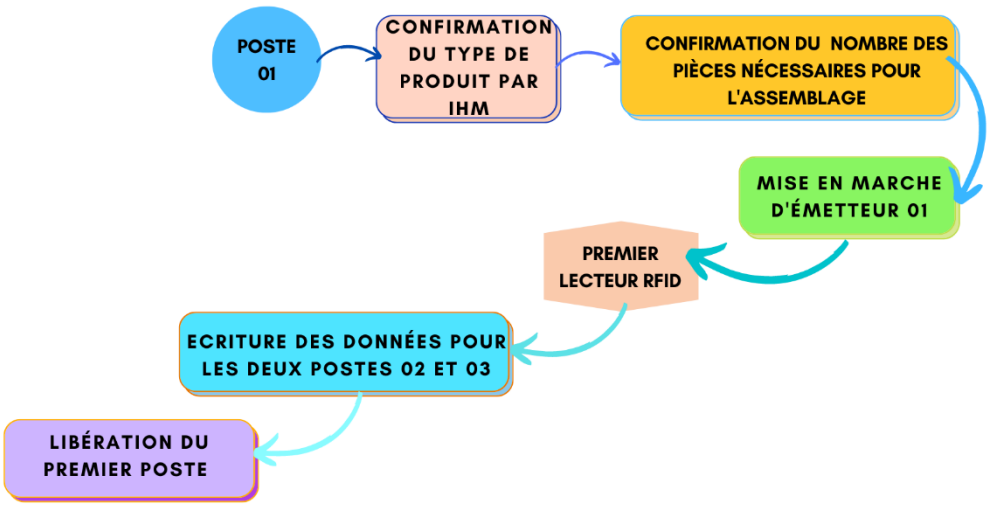


Figure II- 11:Schéma explicatif du premier poste

- Si le panier est au 2ème poste, le capteur photoélectrique se déclenche par conséquent le convoyeur principal s'arrête.
- Le lecteur RFID du poste 02 fait une lecture de l'étiquette venant du poste 01 puis transmet les données reçues vers la CPU pour être envoyé vers la station Pick & Place.
- L'émetteur de la station Pick & Place du poste02 charge les pièces à assembler selon le type du produit.
- Le convoyeur secondaire de ce poste se met en marche jusqu'à l'activation de son capteur photoélectrique, il s'arrête dès que le capteur détecte les pièces.
- La station Pick and Place va saisir les pièces selon le type du produit et les mettre dans le panier.
- Une fois le poste 01 est libre et les pièces sont chargées, le convoyeur principal sera mis en marche.
- Le panier va se déplacer du poste 02 au poste 03.

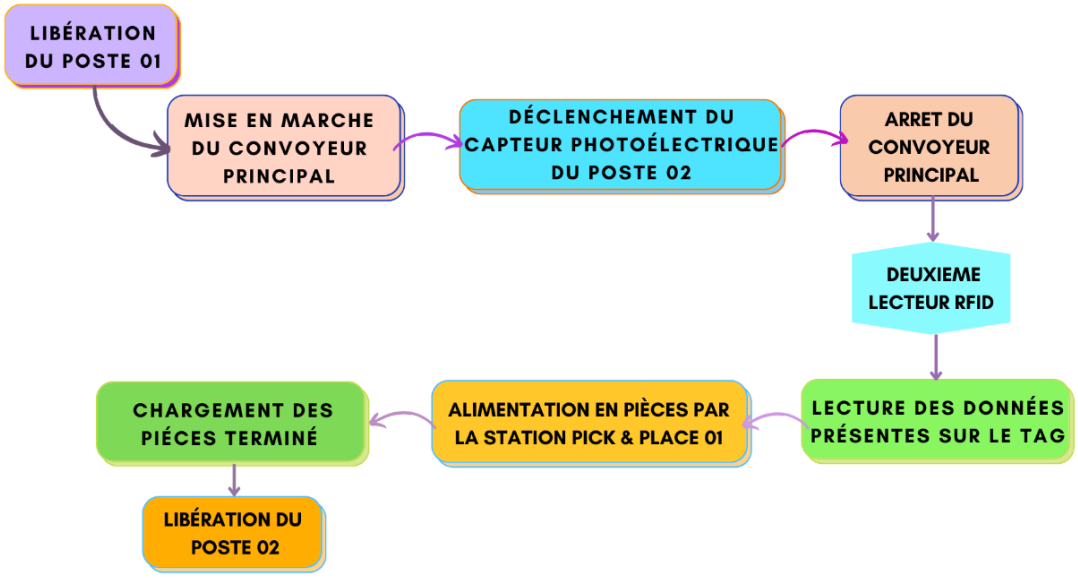


Figure II- 12:Schéma explicatif du deuxième poste

- En arrivant au poste 03, le capteur photoélectrique s'active et le convoyeur principal sera mis à l'arrêt.
- Le lecteur RFID de ce poste effectue la lecture puis transmet des données reçues vers la CPU et les transférer vers la station Pick & Place.
- L'émetteur du poste 03 fournit les pièces à assembler.
- Le convoyeur secondaire de ce poste se met en marche jusqu'à l'activation de son capteur photoélectrique, il s'arrête une fois que les pièces sont détectées.
- La station Pick and Place va résulter les pièces selon le type du produit et les remplir dans le panier par le biais du robot.
- Si cette tâche est terminée et qu'aucun obstacle n'est notifié sur tous les postes, le convoyeur principal est prêt à se mettre en marche.
- Le panier se déplace sur le convoyeur principal jusqu'il arrive devant le capteur photoélectrique 04. Une opération d'assemblage est effectuée à ce niveau.
- Une fois l'opération est terminée, le poste trois se libère et on aura la mise ne marche du convoyeur principal pour guider le produit assemblé vers le premier poste où il va être récupéré.
- Arrivé au poste 01, le rétracteur sera mis en marche et le produit sera récupéré qui indique la fin du cycle d'où l'arrêt du convoyeur principal.

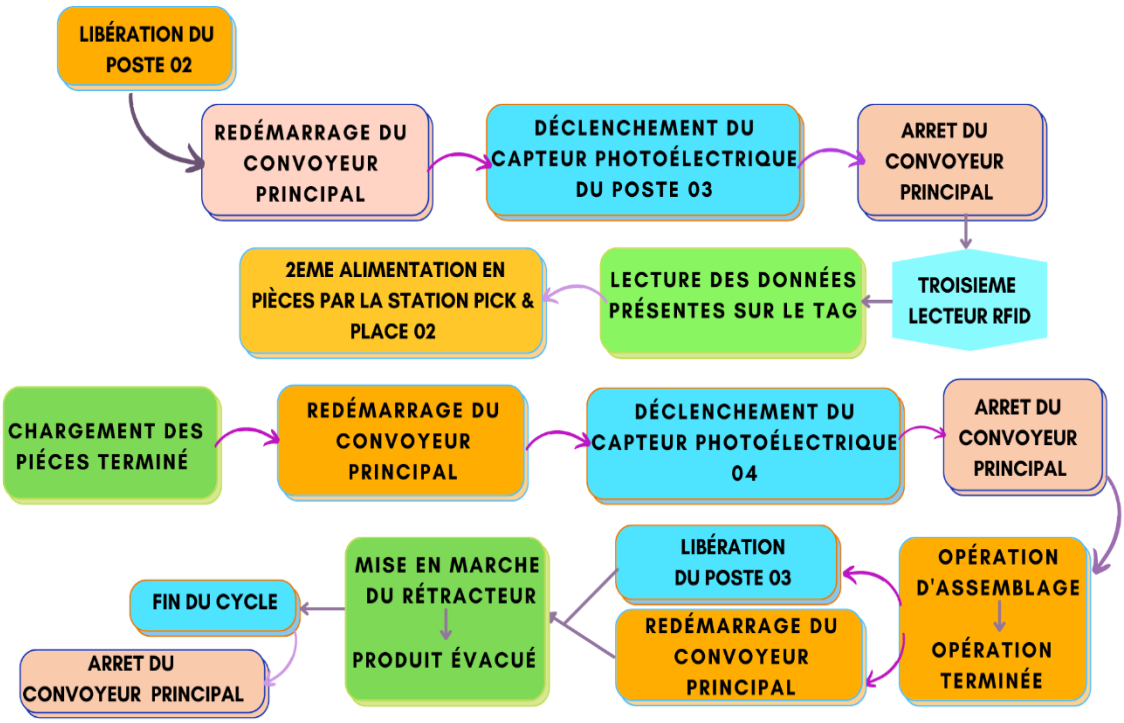


Figure II- 13:Schéma explicatif du troisième poste

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons abordé une description de la cellule d'assemblage robotisée réelle présente au niveau du CDTA. Puis nous nous sommes intéressé à s'approfondir dans la partie commande ou nous avons parlé sur le périphérique décentralisé utilisé.
En dernier lieu, nous avons exposé la cellule virtuelle ainsi que le principe de fonctionnement de chaque poste.

Chapitre III

Chapitre III : Communication et programmation

INTRODUCTION

Dans le chapitre qui précède nous avons présenté la configuration matérielle établies pour les différents ET-200SP.

Dans ce chapitre nous détaillerons toutes les étapes à suivre pour assurer la communication entre le Factory I/O et les différents postes qui sont structurés sous une architecture de commande Maitre/Esclaves afin de garantir un bon fonctionnement du système de pilotage décentralisé étudié.

III.1 Architecture de commande

Nous avons effectué la configuration matérielle des différents postes (ET-200SP) à travers le logiciel de programmation TIA Portal v16 (dans le chapitre précédent).

On adopte une architecture de pilotage décentralisé pour la cellule, nous résumons ce qui suit dans ce chapitre par les principaux points suivants :

- ✓ La première étape consiste à introduire un PLC S7-1500 (un PLC maitre) qui représentera un pont de communication entre Factory I/O et les ET-200SP (nous détaillerons la nécessité de cette étape dans les parties suivantes) en utilisant l'OPC UA.
- ✓ Puis la prochaine étape comprend la configuration des ET-200SP en tant qu'esclave du PLC maitre (une liaison PROFINET est établie entre maitre/esclaves).
- ✓ Une liaison est établie entre les différents postes par un réseau en commun c'est-à-dire l'ensemble de ces esclaves reçoivent et transmettent les données entre eux via un réseau PROFINET (une adresse IP unique est affectée pour chaque poste pour l'interface de communication PROFINET) comme la montre la figure ci-dessous :

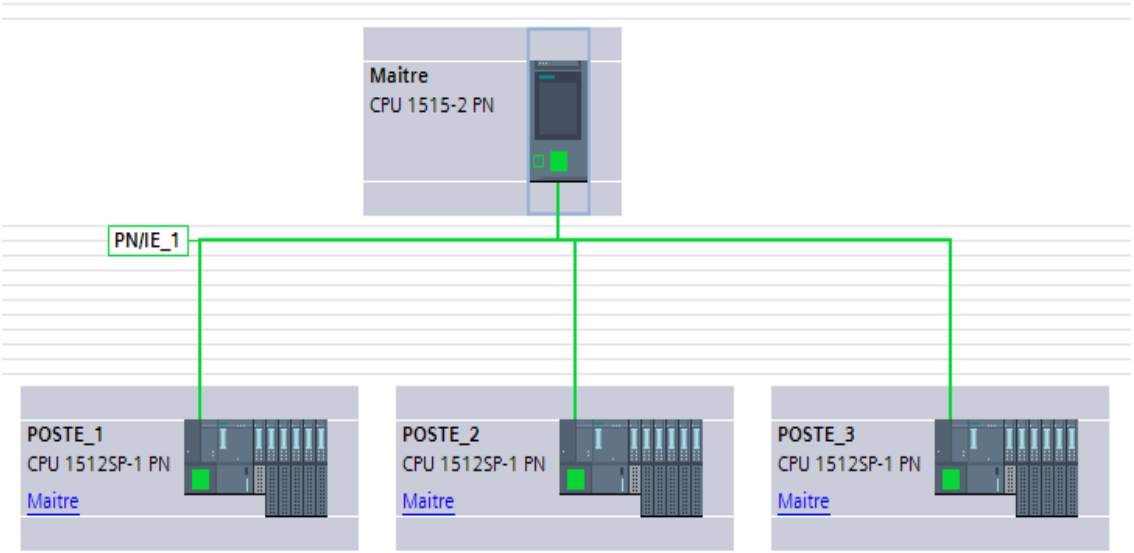


Figure III- 1:Vue du réseau

- ✓ Configuration des tables d'échanges pour assurer la communication entre le Factory I/O et maitre/esclaves.

- ✓ La communication entre les esclaves et avec le maitre se fait en les mettant sur un réseau PROFINET.

III.2 Communication entre le Factory I/O et les différents CPUs

Afin d'établir une liaison directe entre Factory I/O et les différentes CPUs (Les ET200 SP) et en raison des fonctionnalités de ce logiciel, on a remarqué que ce dernier communique juste en tant que client pour le protocole de communication OPC DA/UA.

Alors pour pouvoir réussir cette communication on a tous d'abord commencer à effectuer une communication entre Factory I/O et un PLC S7-1500 (ce PLC se configure en tant que maître) qui sera comme passerelle permettant d'échanger les données entre ce logiciel et les autres CPUs.

On commence à présenter ce qui est l'OPC UA, son fonctionnement ainsi que les principaux avantages de ce protocole.

III.2.1 OPC UA

III.2.1.1 Généralités

OPC UA, également connu sous le nom d'Open Platform CommunicationsUnified Architecture, est une norme d'échange de données pour l'automatisation, la communication industrielle, la gestion à distance et l'Internet des objets. OPC UA est une norme indépendante, non liée à un système ou à un fabricant particulier. Elle communique via une communication PC-machine ou une communication M2M (Machine to Machine). [13]

III.2.1.2 Fonctionnement

Dans les langages informatiques, le protocole OPC-UA utilise une architecture classique dite client-serveur. Les machines utilisant ce protocole auront un logiciel embarqué - le serveur - qui « servira » les informations « demandées » par le client. Ce dernier est aussi un logiciel dont la fonction est de "passer commande" auprès du serveur. Étant donné que les serveurs peuvent être eux-mêmes des clients, ils peuvent également collecter des données d'autres serveurs et les compiler pour leurs propres clients, etc.

III.2.1.3 Les avantages du protocole OPC UA

- ✓ Un standard ouvert
- ✓ Il est plateforme agnostique et est conçu pour l'interopérabilité
- ✓ De grands industriels ont d'ores et déjà implémentés cette norme
- ✓ Il est conçu sur une architecture orientée service appelée SOA (Service oriented Architecture) qui répond bien aux usages actuels
- ✓ La sécurité de transmission a été intégrée dès sa conception que ce soit au niveau de l'authentification ou lors des échanges de données
- ✓ Une large compatibilité que ce soit au niveau des automates, IHM ou même des E/S

- ✓ Il est flexible et évolutif grâce aux nombreuses implémentations que ce soit en C/C++ mais aussi en Java, .NET, NodeJS ou encore Python

  [14]

En premier lieu, on commence à activer le seveur OPC UA dans les paramètres du PLC (Voir la figure ci-dessous).

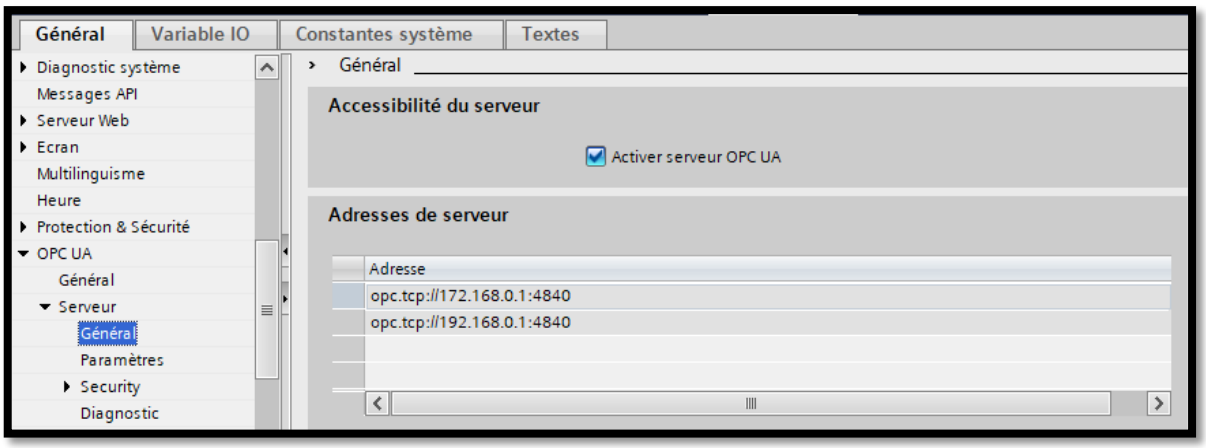


Figure III- 2:Activation du serveur OPC UA sur TIA Portal

III.2.2 Configuration S7-PLCSIM Advanced

- ✓ On lance S7-PLCSIM Advanced
- ✓ On sélectionne PLCSIM Virtual Eth.Adapter et on configure le maître (Les paramètres configurés doivent correspondre aux paramètres configurés dans le TIA Portal : subnet mask & IP Address) selon ce qui apparait dans la figure suivante :

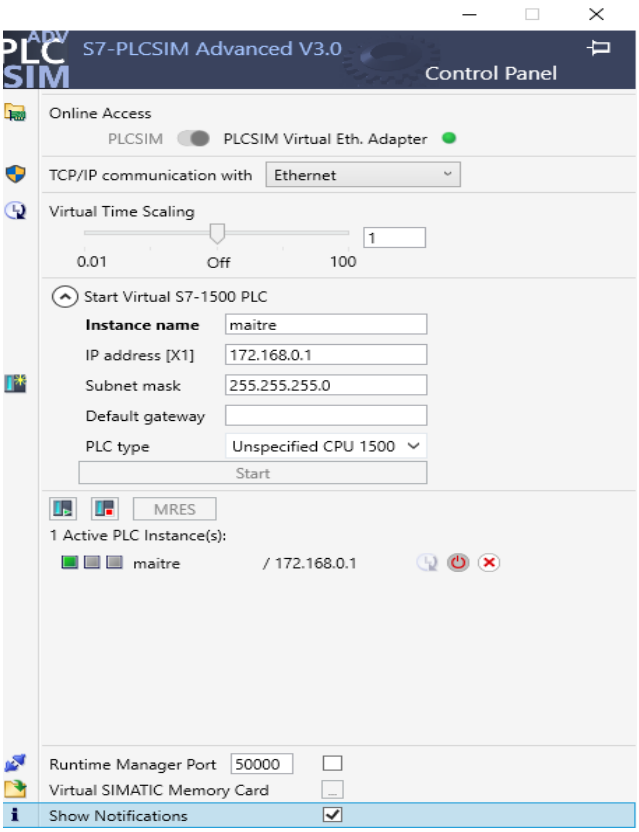


Figure III- 3:Panneau de configuration PLCSIM Advanced

III.2.3 Communication entre Factory I/O et le PLC S7-1500

Le driver (pilote) utilisé pour communiquer entre le logiciel Factory I/O et le PLC S7-1500 via le protocole de communication OPC UA est « OPC client DA/UA » qui permet à Factory I/O d'échanger des données avec PLC, SoftPLC où toute autre technologie accessible via un serveur OPC DA/UA.

- ✓ Etant donné que le PLC S7-1500 est configuré comme maitre donc le logiciel Factory I/O agit comme un client avec le driver OPC Client DA/UA.
- ✓ Les différentes informations concernant l'adresse et le nom du serveur du l'OPC se trouve dans le TIA Portal (figure 16).

Les figures ci-dessous résument les configurations établies dans le logiciel Factory I/O afin de permettre la communication :

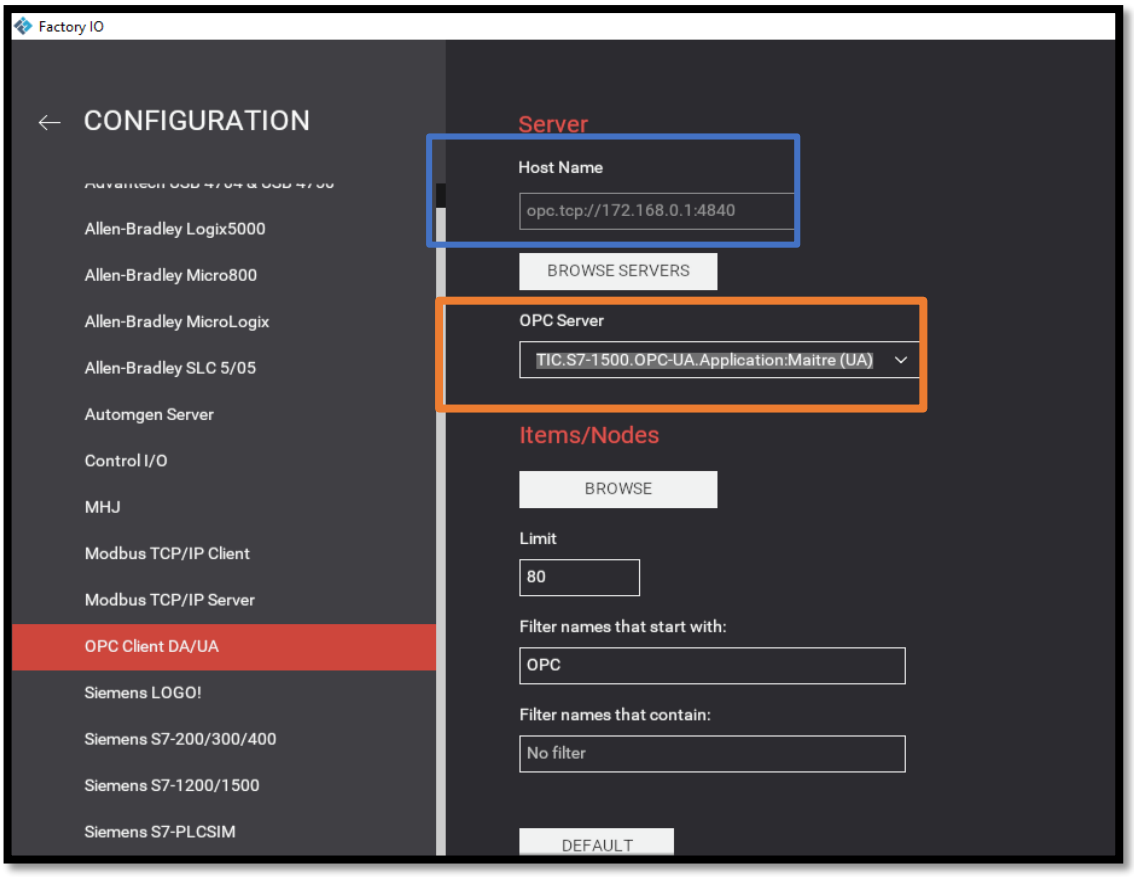


Figure III- 4:Configuration du driver OPC Client DA/UA

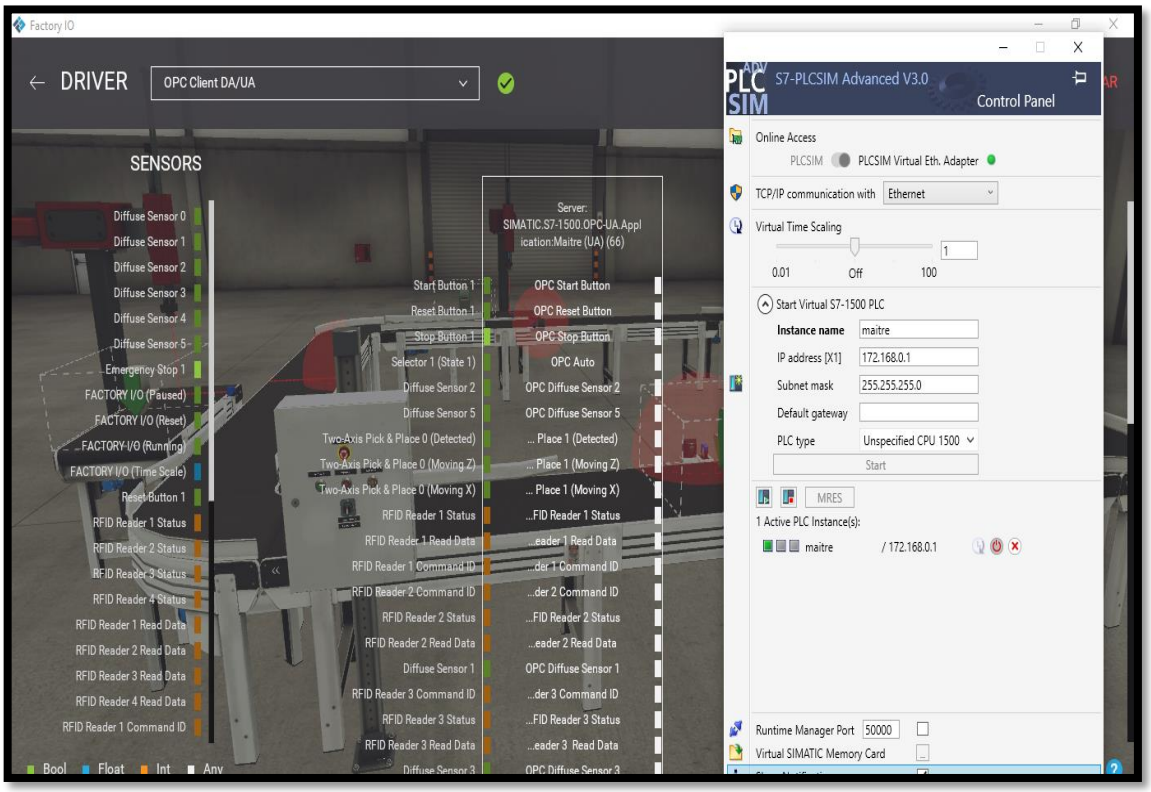
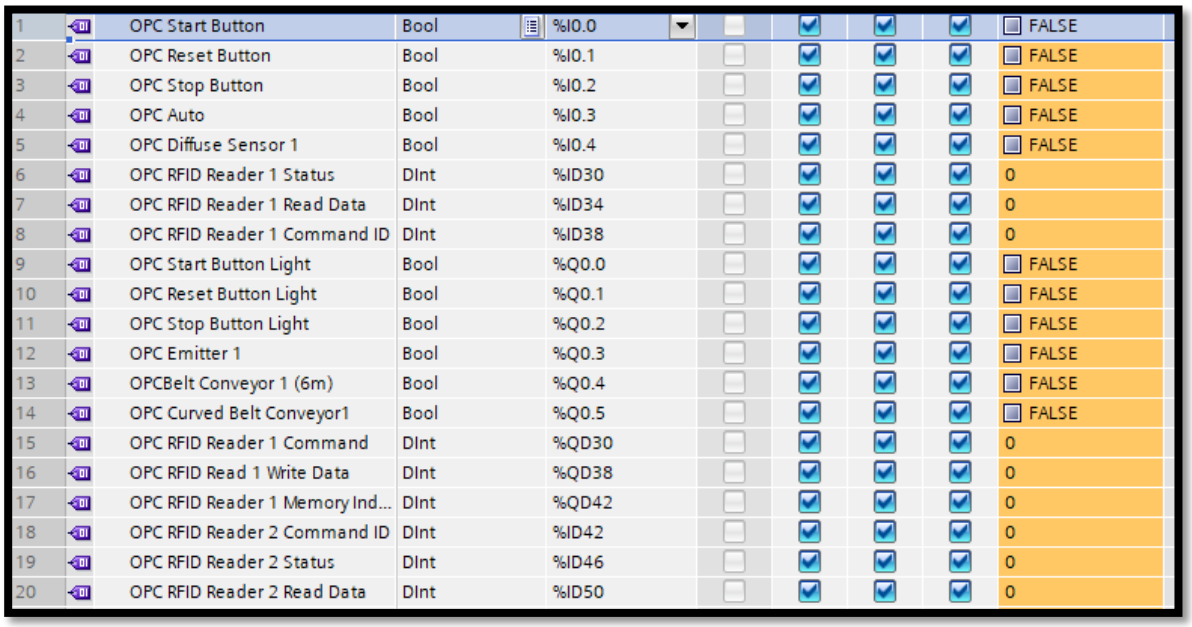


Figure III- 5:Fenêtre indiquant la réussite de la communication OPC UA

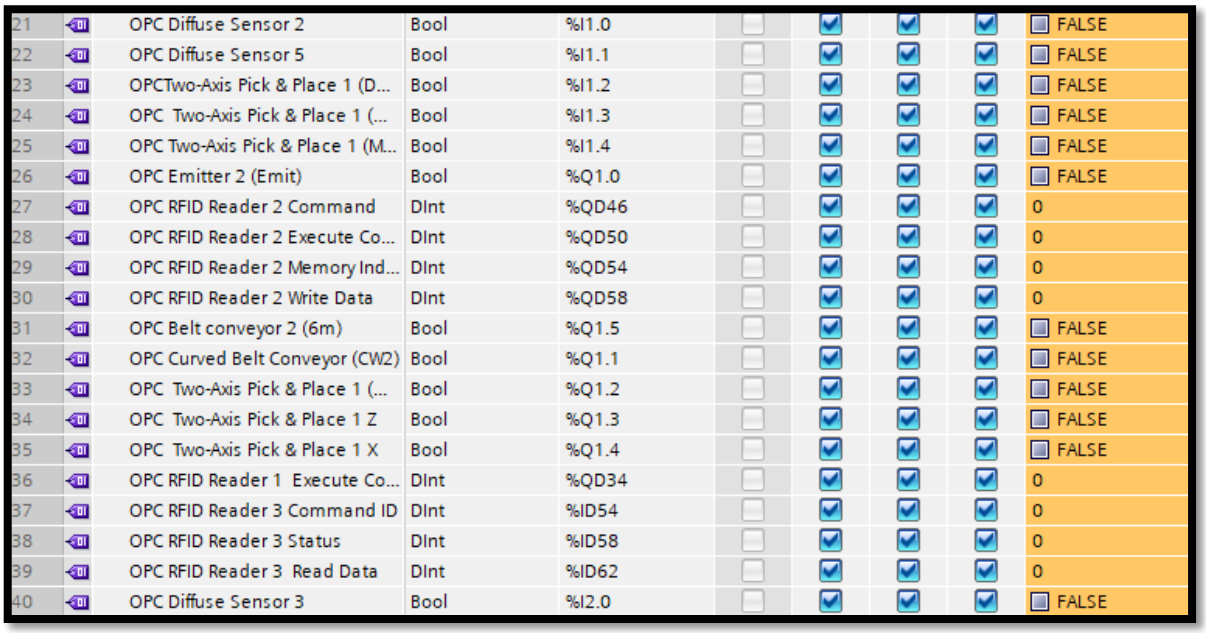
A ce niveau une communication est établie entre le Factory I/O et le S7-1500 via le driver OPC Client DA/UA.

L'étape prochaine consiste à introduire les différentes entrées/sorties (E/S) du Factory I/O dans le PLC maitre.

La table des variables standard de ce PLC est montrée dans les figures suivantes :



1		OPC Start Button	Bool	%I0.0		☑	☑	☑	☐	FALSE
2		OPC Reset Button	Bool	%I0.1		☑	☑	☑	☐	FALSE
3		OPC Stop Button	Bool	%I0.2		☑	☑	☑	☐	FALSE
4		OPC Auto	Bool	%I0.3		☑	☑	☑	☐	FALSE
5		OPC Diffuse Sensor 1	Bool	%I0.4		☑	☑	☑	☐	FALSE
6		OPC RFID Reader 1 Status	DInt	%ID30		☑	☑	☑		0
7		OPC RFID Reader 1 Read Data	DInt	%ID34		☑	☑	☑		0
8		OPC RFID Reader 1 Command ID	DInt	%ID38		☑	☑	☑		0
9		OPC Start Button Light	Bool	%Q0.0		☑	☑	☑	☐	FALSE
10		OPC Reset Button Light	Bool	%Q0.1		☑	☑	☑	☐	FALSE
11		OPC Stop Button Light	Bool	%Q0.2		☑	☑	☑	☐	FALSE
12		OPC Emitter 1	Bool	%Q0.3		☑	☑	☑	☐	FALSE
13		OPCBelt Conveyor 1 (6m)	Bool	%Q0.4		☑	☑	☑	☐	FALSE
14		OPC Curved Belt Conveyor1	Bool	%Q0.5		☑	☑	☑	☐	FALSE
15		OPC RFID Reader 1 Command	DInt	%QD30		☑	☑	☑		0
16		OPC RFID Read 1 Write Data	DInt	%QD38		☑	☑	☑		0
17		OPC RFID Reader 1 Memory Ind...	DInt	%QD42		☑	☑	☑		0
18		OPC RFID Reader 2 Command ID	DInt	%ID42		☑	☑	☑		0
19		OPC RFID Reader 2 Status	DInt	%ID46		☑	☑	☑		0
20		OPC RFID Reader 2 Read Data	DInt	%ID50		☑	☑	☑		0



21		OPC Diffuse Sensor 2	Bool	%I1.0		☑	☑	☑	☐	FALSE
22		OPC Diffuse Sensor 5	Bool	%I1.1		☑	☑	☑	☐	FALSE
23		OPCTwo-Axis Pick & Place 1 (D...	Bool	%I1.2		☑	☑	☑	☐	FALSE
24		OPC Two-Axis Pick & Place 1 (...	Bool	%I1.3		☑	☑	☑	☐	FALSE
25		OPC Two-Axis Pick & Place 1 (M...	Bool	%I1.4		☑	☑	☑	☐	FALSE
26		OPC Emitter 2 (Emit)	Bool	%Q1.0		☑	☑	☑	☐	FALSE
27		OPC RFID Reader 2 Command	DInt	%QD46		☑	☑	☑		0
28		OPC RFID Reader 2 Execute Co...	DInt	%QD50		☑	☑	☑		0
29		OPC RFID Reader 2 Memory Ind...	DInt	%QD54		☑	☑	☑		0
30		OPC RFID Reader 2 Write Data	DInt	%QD58		☑	☑	☑		0
31		OPC Belt conveyor 2 (6m)	Bool	%Q1.5		☑	☑	☑	☐	FALSE
32		OPC Curved Belt Conveyor (CW2)	Bool	%Q1.1		☑	☑	☑	☐	FALSE
33		OPC Two-Axis Pick & Place 1 (...	Bool	%Q1.2		☑	☑	☑	☐	FALSE
34		OPC Two-Axis Pick & Place 1 Z	Bool	%Q1.3		☑	☑	☑	☐	FALSE
35		OPC Two-Axis Pick & Place 1 X	Bool	%Q1.4		☑	☑	☑	☐	FALSE
36		OPC RFID Reader 1 Execute Co...	DInt	%QD34		☑	☑	☑		0
37		OPC RFID Reader 3 Command ID	DInt	%ID54		☑	☑	☑		0
38		OPC RFID Reader 3 Status	DInt	%ID58		☑	☑	☑		0
39		OPC RFID Reader 3 Read Data	DInt	%ID62		☑	☑	☑		0
40		OPC Diffuse Sensor 3	Bool	%I2.0		☑	☑	☑	☐	FALSE

41	OPC Diffuse Sensor 6	Bool	%I2.1	☐	☑	☑	☑	FALSE
42	OPC Two-Axis Pick & Place 2 (D...	Bool	%I2.2	☐	☑	☑	☑	FALSE
43	OPC Two-Axis Pick & Place 2 (M...	Bool	%I2.3	☐	☑	☑	☑	FALSE
44	OPC Two-Axis Pick & Place 2(M...	Bool	%I2.4	☐	☑	☑	☑	FALSE
45	OPC RFID Reader 3 Command	DInt	%QD62	☐	☑	☑	☑	0
46	OPC RFID Reader 3 Execute Co...	DInt	%QD66	☐	☑	☑	☑	0
47	OPC RFID Reader 3 Reader Mem...	DInt	%QD70	☐	☑	☑	☑	0
48	OPC RFID Reader 3 Write Data	DInt	%QD74	☐	☑	☑	☑	0
49	OPC Belt Conveyor 1 (2m)	Bool	%Q1.6	☐	☑	☑	☑	FALSE
50	OPC Emitter 03	Bool	%Q2.0	☐	☑	☑	☑	FALSE
51	OPC Belt Conveyor 2 (2m)	Bool	%Q2.1	☐	☑	☑	☑	FALSE
52	OPC Belt Conveyor 3 (6m)	Bool	%Q2.2	☐	☑	☑	☑	FALSE
53	OPC Curved Belt Conveyor 3 (C...	Bool	%Q2.3	☐	☑	☑	☑	FALSE
54	OPC Two-Axis Pick & Place 2 (...	Bool	%Q2.4	☐	☑	☑	☑	FALSE
55	OPC Two-Axis Pick & Place 2 X	Bool	%Q2.5	☐	☑	☑	☑	FALSE
56	OPC Two-Axis Pick & Place 2 Z	Bool	%Q2.6	☐	☑	☑	☑	FALSE
57	OPC Belt Conveyor 4 (6m)	Bool	%Q2.7	☐	☑	☑	☑	FALSE
58	OPC Curved Belt Conveyor 4 (C...	Bool	%Q3.0	☐	☑	☑	☑	FALSE
59	OPC Diffuse Sensor 4	Bool	%I2.5	☐	☑	☑	☑	FALSE
60	OPC RFID Reader 4 Command ID	DInt	%ID66	☐	☑	☑	☑	0
61	OPC RFID Reader 4 Status	DInt	%ID70	☐	☑	☑	☑	0
62	OPC RFID Reader 4 Read Data	DInt	%ID74	☐	☑	☑	☑	0
63	OPC RFID Reader 4 Command	DInt	%QD78	☐	☑	☑	☑	0
64	OPC RFID Reader 4 Execute Co...	DInt	%QD82	☐	☑	☑	☑	0
65	OPC RFID Reader 4 Reader Mem...	DInt	%QD86	☐	☑	☑	☑	0
66	OPC RFID Reader 4 Write Data	DInt	%QD90	☐	☑	☑	☑	0

Figure III- 6:La table des variables du PLC maitre (S7-1500)

III.2.4 La configuration des différents ET200 SP

Les différentes CPUs des ET200 SP se configurent en tant que esclaves PLC S7-1500 (maitre).

La configuration des esclaves se fait comme suit pour tous les postes : (voir les trois figures suivantes)

- **Pour le premier poste :**

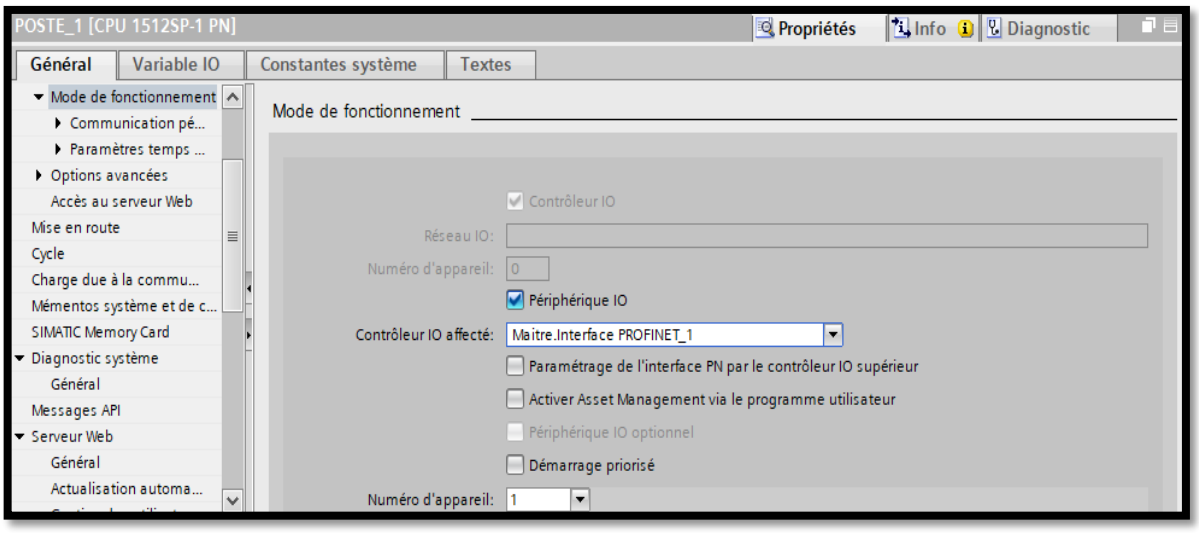


Figure III- 7:Configuration d'ET 200 du poste 01 comme esclave

- **Pour le deuxième poste :**

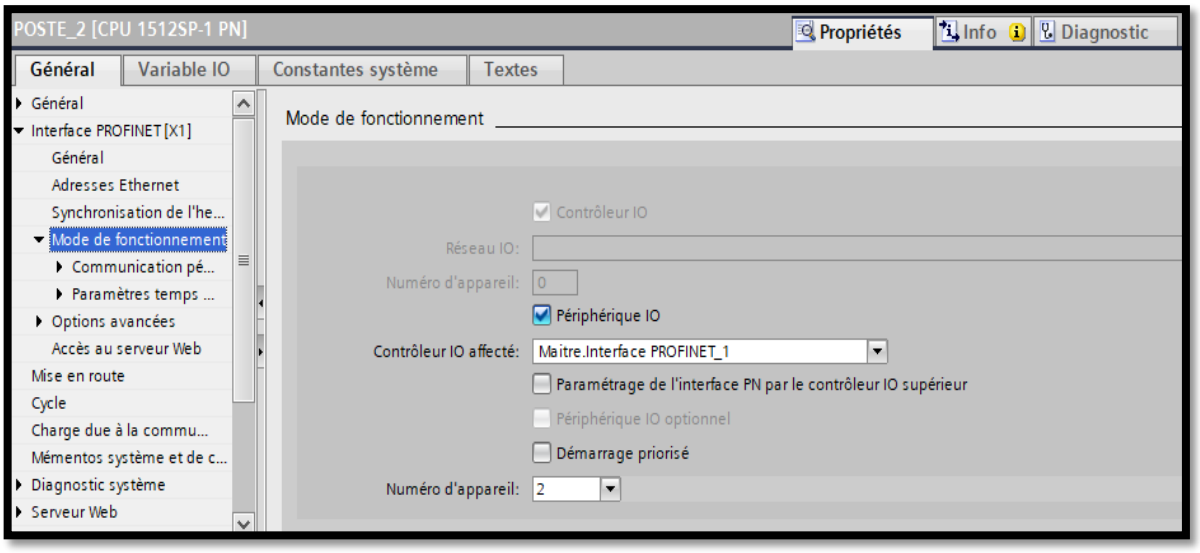


Figure III- 8:Configuration d'ET 200 du poste 02 comme esclave

- **Pour le troisième poste :**

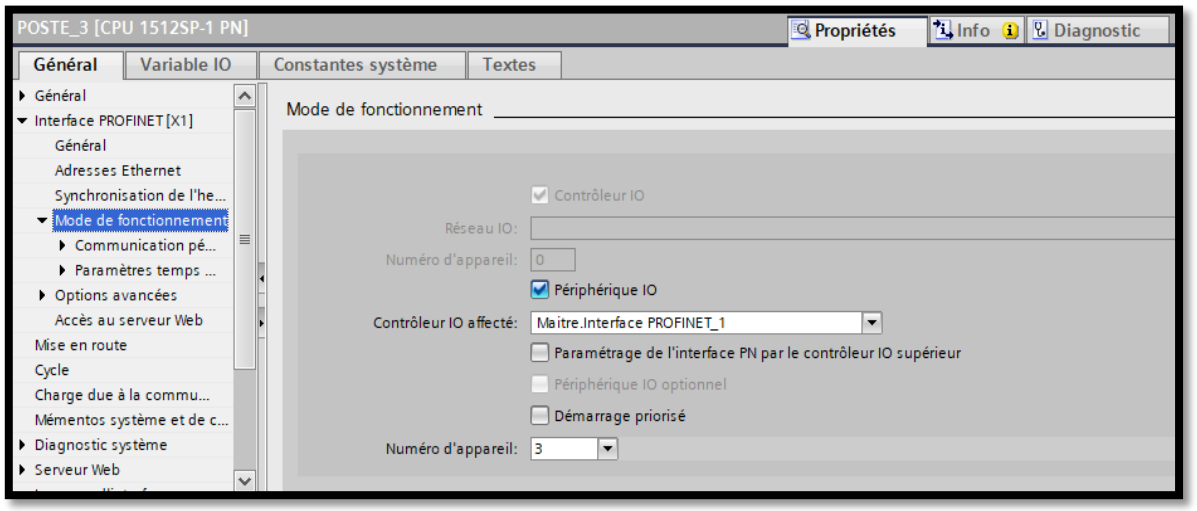


Figure III- 9:Configuration d'ET 200 du poste 03 comme esclave

III.2.5 La communication maitre/esclaves

Pour un bon fonctionnement de la cellule, on aura besoin d'attribué les différentes entrées/sorties de chaque poste à partir de la table relative au maitre.

Donc on va remplir les tables de variables de chaque ET200 par les E/S nécessaires comme montrent les figures suivantes :

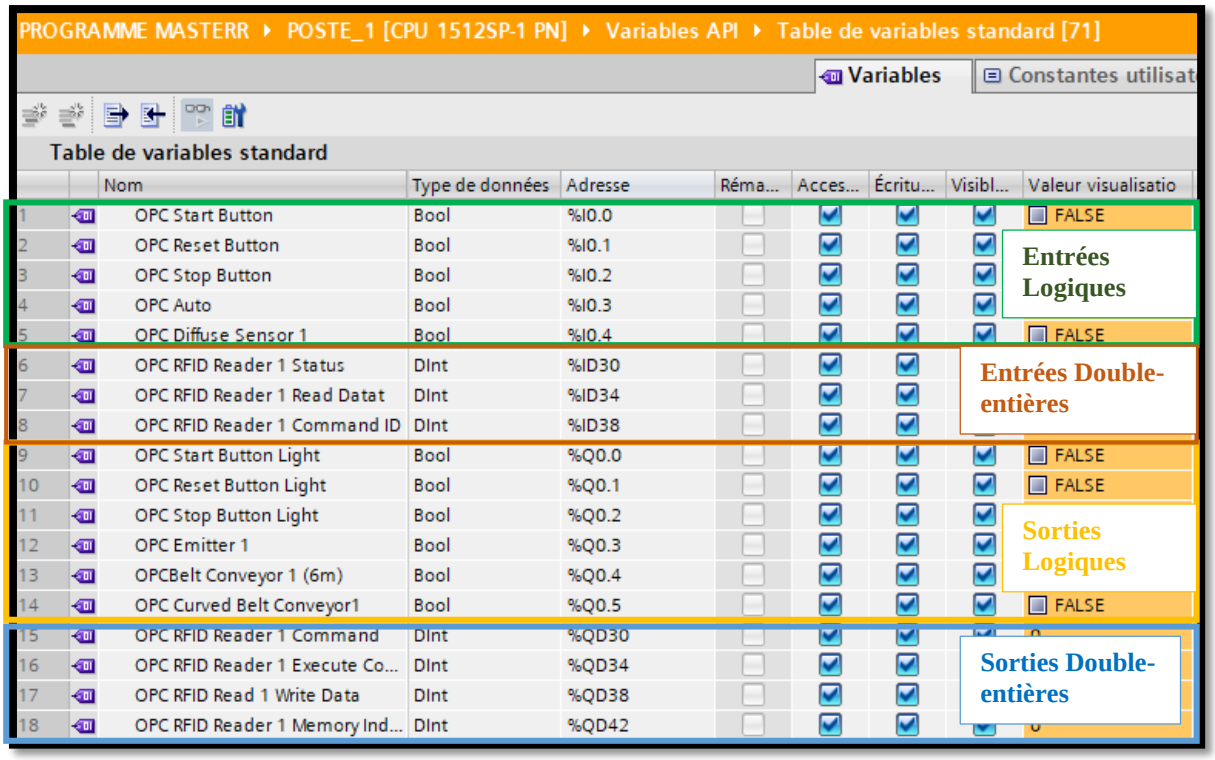
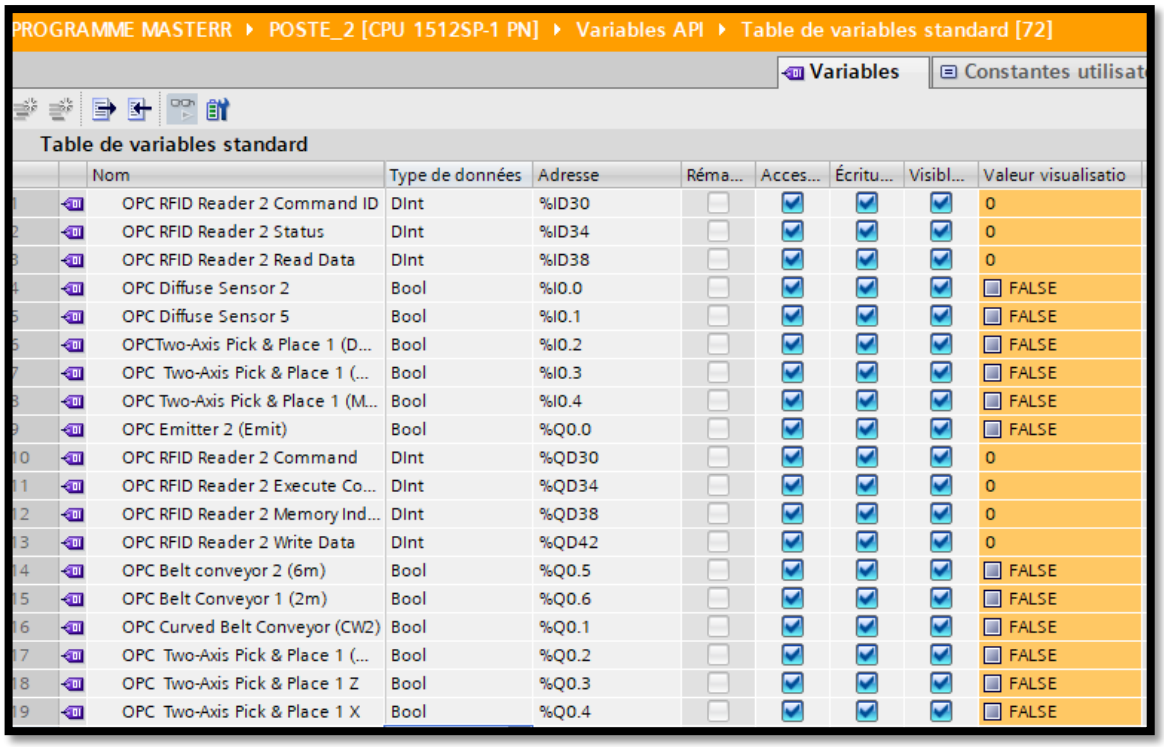


Figure III- 10:La table des variables du poste 01

Dans le premier poste on a défini :

- Des entrées logiques du premier octet (du bit 0 jusqu'à 4).
- Des entrées double-entières ayant une zone d'adressage de 12 octets (de l'octet 30 jusqu'à l'octet 41).
- Des sorties logiques du premier Octet (du bit 0 à 5).
- Des sorties double-entières ayant une zone d'adressage de 16 octets (de l'octet 30 jusqu'à l'octet 45).



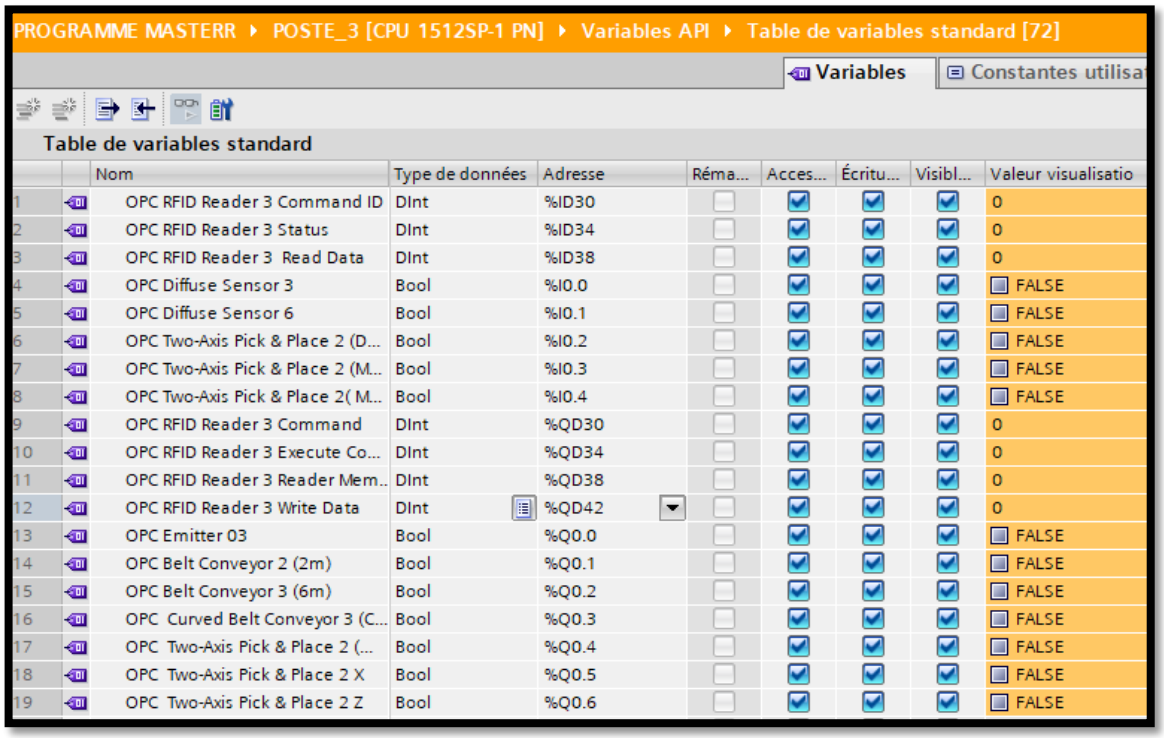
PROGRAMME MASTERR ▸ POSTE_2 [CPU 1512SP-1 PN] ▸ Variables API ▸ Table de variables standard [72]

Variables | Constantes utilisat

Table de variables standard

	Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Valeur visualisatio
1	OPC RFID Reader 2 Command ID	DInt	%ID30		☑	☑	☑	0
2	OPC RFID Reader 2 Status	DInt	%ID34		☑	☑	☑	0
3	OPC RFID Reader 2 Read Data	DInt	%ID38		☑	☑	☑	0
4	OPC Diffuse Sensor 2	Bool	%I0.0		☑	☑	☑	FALSE
5	OPC Diffuse Sensor 5	Bool	%I0.1		☑	☑	☑	FALSE
6	OPCTwo-Axis Pick & Place 1 (D...	Bool	%I0.2		☑	☑	☑	FALSE
7	OPC Two-Axis Pick & Place 1 (...	Bool	%I0.3		☑	☑	☑	FALSE
8	OPC Two-Axis Pick & Place 1 (M...	Bool	%I0.4		☑	☑	☑	FALSE
9	OPC Emitter 2 (Emit)	Bool	%Q0.0		☑	☑	☑	FALSE
10	OPC RFID Reader 2 Command	DInt	%QD30		☑	☑	☑	0
11	OPC RFID Reader 2 Execute Co...	DInt	%QD34		☑	☑	☑	0
12	OPC RFID Reader 2 Memory Ind...	DInt	%QD38		☑	☑	☑	0
13	OPC RFID Reader 2 Write Data	DInt	%QD42		☑	☑	☑	0
14	OPC Belt conveyor 2 (6m)	Bool	%Q0.5		☑	☑	☑	FALSE
15	OPC Belt Conveyor 1 (2m)	Bool	%Q0.6		☑	☑	☑	FALSE
16	OPC Curved Belt Conveyor (CW2)	Bool	%Q0.1		☑	☑	☑	FALSE
17	OPC Two-Axis Pick & Place 1 (...	Bool	%Q0.2		☑	☑	☑	FALSE
18	OPC Two-Axis Pick & Place 1 Z	Bool	%Q0.3		☑	☑	☑	FALSE
19	OPC Two-Axis Pick & Place 1 X	Bool	%Q0.4		☑	☑	☑	FALSE

Figure III- 11:La table des variables du poste 02



PROGRAMME MASTERR ▸ POSTE_3 [CPU 1512SP-1 PN] ▸ Variables API ▸ Table de variables standard [72]

Variables | Constantes utilisa

Table de variables standard

	Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...	Valeur visualisatio
1	OPC RFID Reader 3 Command ID	DInt	%ID30		☑	☑	☑	0
2	OPC RFID Reader 3 Status	DInt	%ID34		☑	☑	☑	0
3	OPC RFID Reader 3 Read Data	DInt	%ID38		☑	☑	☑	0
4	OPC Diffuse Sensor 3	Bool	%I0.0		☑	☑	☑	FALSE
5	OPC Diffuse Sensor 6	Bool	%I0.1		☑	☑	☑	FALSE
6	OPC Two-Axis Pick & Place 2 (D...	Bool	%I0.2		☑	☑	☑	FALSE
7	OPC Two-Axis Pick & Place 2 (M...	Bool	%I0.3		☑	☑	☑	FALSE
8	OPC Two-Axis Pick & Place 2(M...	Bool	%I0.4		☑	☑	☑	FALSE
9	OPC RFID Reader 3 Command	DInt	%QD30		☑	☑	☑	0
10	OPC RFID Reader 3 Execute Co...	DInt	%QD34		☑	☑	☑	0
11	OPC RFID Reader 3 Reader Mem...	DInt	%QD38		☑	☑	☑	0
12	OPC RFID Reader 3 Write Data	DInt	%QD42		☑	☑	☑	0
13	OPC Emitter 03	Bool	%Q0.0		☑	☑	☑	FALSE
14	OPC Belt Conveyor 2 (2m)	Bool	%Q0.1		☑	☑	☑	FALSE
15	OPC Belt Conveyor 3 (6m)	Bool	%Q0.2		☑	☑	☑	FALSE
16	OPC Curved Belt Conveyor 3 (C...	Bool	%Q0.3		☑	☑	☑	FALSE
17	OPC Two-Axis Pick & Place 2 (...	Bool	%Q0.4		☑	☑	☑	FALSE
18	OPC Two-Axis Pick & Place 2 X	Bool	%Q0.5		☑	☑	☑	FALSE
19	OPC Two-Axis Pick & Place 2 Z	Bool	%Q0.6		☑	☑	☑	FALSE

Figure III- 12:La table des variables du poste 03

- La création des programmes de chaque poste est possible en tant que les variables de chacun de ces derniers sont introduites, mais un problème se détecte tant que la communication est seulement entre le Factory I/O et le PLC maitre qui ne transfère pas les actions à exécuter selon le programme fournit de chaque poste, d'où on doit configurer ce qu'on appelle des

tables d'échanges entre Maitre/Esclaves pour établir une communication entre Factory I/O et Maitre/Esclaves.

La table d'échange pour le premier poste :

Pour que ce la CPU de ce poste puisse communiquer avec le maitre elle doit définir une table d'échange. Cette dernière contient les zones pour transférer les données :

Pour pouvoir communiquer le premier esclave avec le maitre afin de transféré les données une table d'échange sera créé, cette dernière contient des zones de transfert des données.

Ci-dessous, une bref explication de la première table d'échange du premier poste :

- ✓ On a transféré les sorties logiques du premier octet vers les entrées logiques du 3ème octet du maitre.
- ✓ On a transféré les entrées logiques du premier octet vers les sorties logiques du 3ème octet du maitre.
- ✓ On a transféré les entrées double-entières (de l'octet 30 à l'octet 41) vers les sorties double-entières du maitre réservant 12 octets.
- ✓ On a transféré les sorties double-entières (de l'octet 30 à l'octet 45) vers les entrées double-entières du maitre réservant 16 octets.

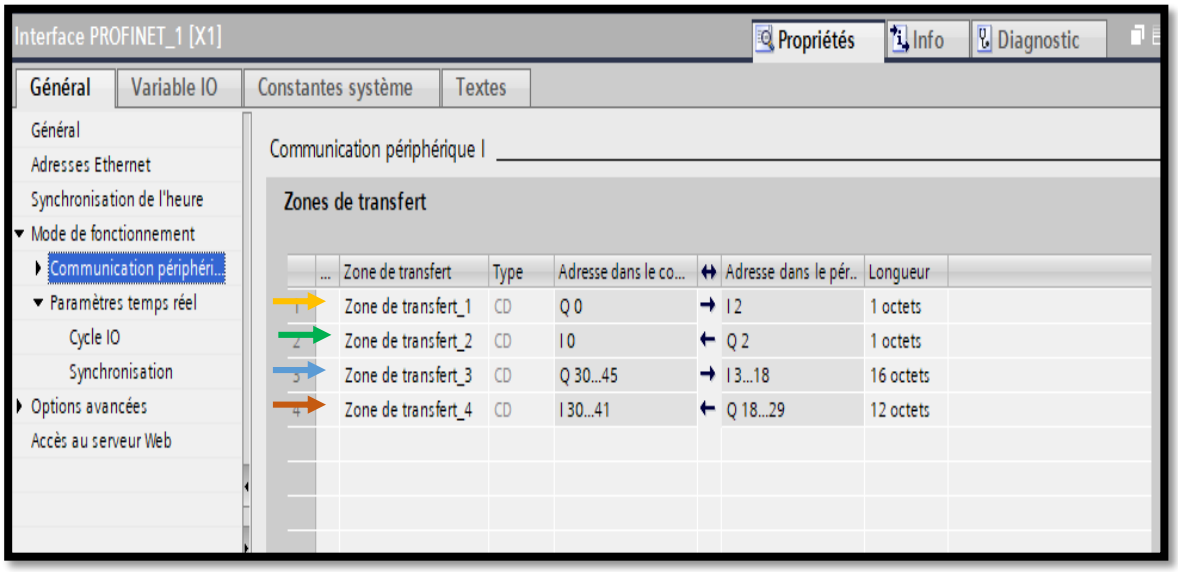


Figure III- 13:La table d'échange entre le poste 01 et le maitre

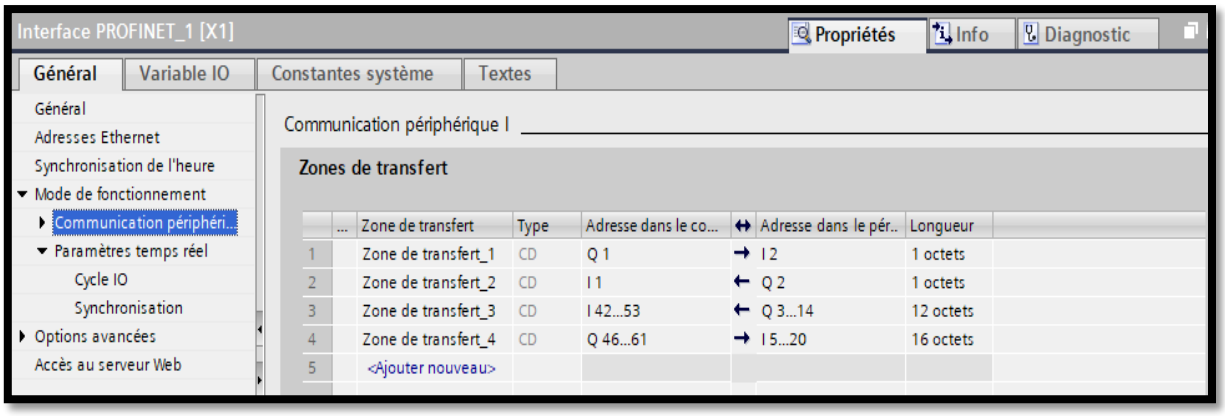


Figure III- 14:La table d'échange entre le poste 02 et le maitre

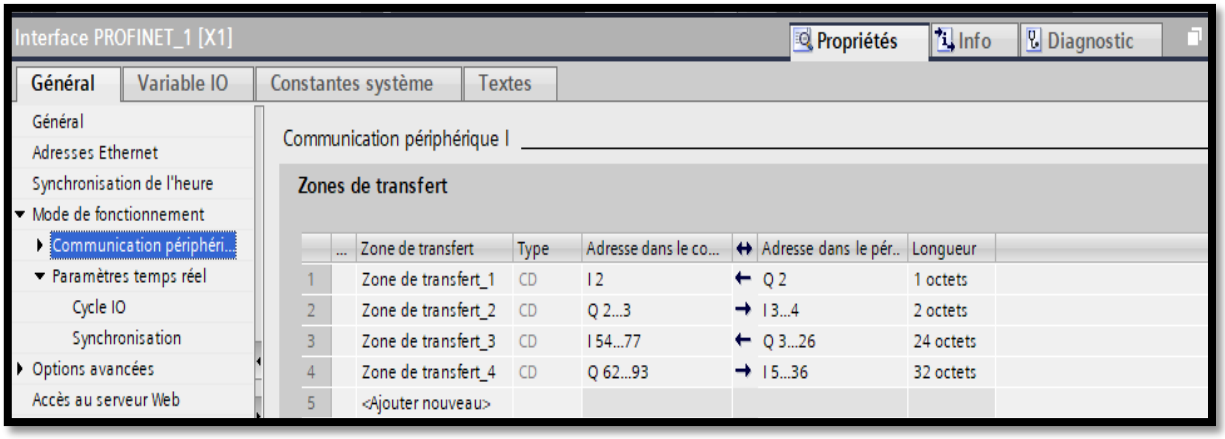


Figure III- 15:La table d'échange entre le poste 03 et le maitre

NB :

Une fois que la communication entre le maitre et les esclaves est établit, une communication entre les esclaves est garantie car chaque esclave transmet ses informations vers le maitre et ce dernier peut communiquer avec les autres esclaves via PROFINET.

La figure ci-dessous résume toutes les informations citées dans ce chapitre afin de pouvoir réussir la communication :

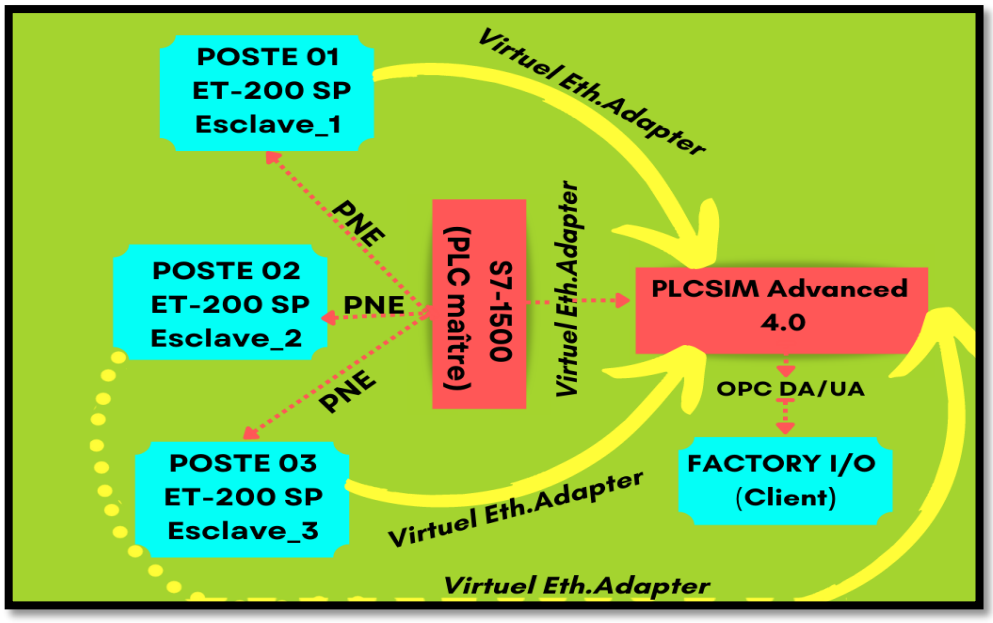


Figure III- 16:Schéma explicatif résumant les liens de communication

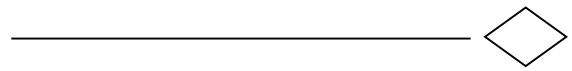
CONCLUSION

La partie communication de l'architecture du système de pilotage décentralisé a été présenté dans ce chapitre. Dans ce dernier, nous avons abordé en premier lieu la communication établie entre le logiciel Factory I/O et le PLC maitre S7-1500 virtuel avec OPC DA/UA.

En deuxième lieu nous avons configuré les différents ET-200SP en tant qu'esclaves de la station maitre en le mettant tous sur un réseau PROFINET.

Pour conclure, une configuration des tables d'échanges a été faites pour chaque poste afin de pouvoir réussir la communication entre Factory I/O et maitre/esclaves.

Conclusion générale



CONCLUSION GENERALE

L'objectif de ce travail consiste à la mise à niveau d'une architecture de commande décentralisée pour une cellule d'assemblage robotisée et cela en mettant en œuvre des technologies de la quatrième révolution industrielle dans les systèmes de production à savoir le jumeau numérique, la mise en service virtuelle et l'intégration d'une communication OPC UA qui permet une connectivité, la surveillance et le contrôle des processus de production.

Le pilotage de la plateforme virtuelle est conçue à l'aide d'un logiciel de simulation 3D Factory I/O qui a permet la création de son jumeau numérique. Elle est commandée par trois périphériques décentralisés ET-200SP en se basant sur une structure Maitre/Esclaves en les reliant via un réseau industriel « PROFINET ».

Plusieurs étapes ont précédé avant la réussite de communication dont nous citons : l'utilisation de OPC DA/UA pour la communication entre le logiciel Factory I/O avec le PLC S7-1500 maitre, d'une part. D'une autre part, la configuration maitre/esclaves et les tables d'échange pour communiquer l'ensemble du matériel toujours avec un réseau PROFINET.

Afin de tester et simuler le programme dans le logiciel Factory I/O, on a utilisé l'interface de communication PLCSIM Advanced en choisissant le PLCSIM Advanced Virtual ETHERNET Adapter pour charger les différentes CPUs des ET-200SP.

Parmi les contraintes qu'on a rencontrées lors de notre analyse, nous citons quelques limites du logiciel Factory I/O qui se déclarent lors de la simulation comme l'intolérance plus que quatre pièces dans un seul panier. Et concernant l'autre contrainte, elle est due au moment du chargement des PLCs dans le PLCSIM Advanced on remarque qu'il peut supporter que deux PLC pour un fonctionnement normal avec le Factory I/O ce qui veut dire qu'on aura besoin d'un PC puissant pour pouvoir simuler le tout à la fois.

Références

REFERENCES

[1] M. Schleipena, «OPC UA & Industrie 4.0 - enabling technology with high diversity and,» *ScienceDirect,* pp. 1,2, 2016 .

[2] P. T. O. B. Hermann Mario, «Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review,» 2015.

[3] François Geandarme, «Visiativ,» groupe Visiativ, [En ligne]. Available: https://www.visiativ-solutions.fr/industrie-4-0/. [Accès le 14 Juin 2022].

[4] K. B. S. B. D. D. Karima AKSA, «Vers une Nouvelle Révolution Industrielle : Industrie 4.0,» *Mediterranean Telecommunications Journal,* Mai 2021.

[5] «intelligence industrielle,» [En ligne]. Available: https://intelligenceindustrielle.com/fr/2018/07/30/les_donnees_big_data/. [Accès le 14 Juin 2022].

[6] «corisinnovation,» 29 Mai 2022. [En ligne]. Available: https://www.corisinnovation.com/opportunites-et-limites-de-la-cobotique-dans-lindustrie-4-0/. [Accès le 15 Juin 2022].

[7] «yeeply,» [En ligne]. Available: https://fr.yeeply.com/blog/industrie-4-0-definition/. [Accès le 21 06 2022].

[8] G. D. I. F. Nicolae Brinzei, «La modélisation et la simulation en vue de la conduite des systèmes de production».

[9] J.-o. BARUCH, «Décentraliser les automatismes pour gagner en simplicité et en flexibilité,» 28 decembre 2016. [En ligne]. Available: https://fr.acervolima.com/comparaison-systemes-centralises-decentralises-et-distribues/. [Accès le 21 Juin 2022].

[10] P. Hooda, «Comparaison – Systèmes centralisés, décentralisés et distribués».

[11] «IP SYSTEMS,» [En ligne]. Available: https://www.ip-systemes.com/details-qu+est+ce+que+l+industrie+4+0-798.html. [Accès le 15 Mai 2022].

[12] SIEMENS, «Supports d'apprentissage/de formation | Module 012-110 TIA Portal, édition 02/2019 | Digital Industries, FA».

[13] *ET 200SP CPU 1512SP-1 PN (6ES7512-1DK00-0AB0),* 2014.

[14] «ip systems,» [En ligne]. Available: https://www.ip-systemes.com/details-comprendre+le+protocole+opc+ua-796.html. [Accès le 16 Juin 2022].

[15] «integral blog,» [En ligne]. Available: https://blog.integral-system.fr/protocole-opc-ua/. [Accès le 16 Juin 2022].

[16] R. M. H. K. J. Somayya Madakam, «THE FUTURE DIGITAL WORK FORCE: ROBOTIC PROCESS AUTOMATION (RPA),» *Journal of Information Systems and Technology Management – Jistem USP,* 2019.

[17] «technologuepro: solutions pédagogiques pour l'enseignement technologique,» 18 Novembre 2017. [En ligne]. Available: https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Les-automates-programmables-industriels-API.htm. [Accès le Mars 2022].

[18] M. P. Groover, Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, Fourth Edition.

[19] W. Bolton, AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS, 2ème éd., Dunod, 2015.

[20] «Automation sense,» [En ligne]. Available: https://www.automation-sense.com/pages/les-langages-de-programmations.html. [Accès le 06 Avril 2022].

[21] «Leslivresblances.fr,» [En ligne]. Available: https://www.leslivresblancs.fr/dossier/industrie-40-lindustrie-de-demain-aujourdhui. [Accès le 06 Avril 2022].

[22] L. E. G. U. J. L. B. E. U. Miriam Ugarte, «Implementation of Digital Twin-based Virtual Commissioning in Machine Tool Manufacturing,» 2022.

[23] E. Perret, Identification par radiofréquence, Great Britain: ISTE Editions, 2014.

[24] S. Shea, «TechTarget,» Aout 2019. [En ligne]. [Accès le 13 Avril 2022].

[25] R. C. Julien Mas, «La cobotique,» 2016/2017.

[26] «KUKA,» [En ligne]. Available: https://www.kuka.com/. [Accès le 29 Avril 2022].

[27] «JDN,» 25 Septembre 2020. [En ligne]. Available: https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-de-l-iot/1440696-robot-industriel-definition-marques-et-applications/. [Accès le 29 Avril 2022].

[28] «mysti2d,» [En ligne]. Available: http://www.mytopschool.net/mysti2d/activites/polynesie2/ETT/C044/32/Capteurs1/index.html?Lescapteursphotolectriques.html. [Accès le 25 Avril 2022].

[29] «Automation sense,» 11 Juin 2015. [En ligne]. Available: https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/automate-siemens-s7-1500.html. [Accès le 30 Avril 2022].

[30] SIEMENS, «Siemens,» 2016. [En ligne]. Available: s71500_cpu_1515_2_pn_manual_fr-FR_fr-FR. [Accès le 03 Mai 2022].

[31] A. SENSE, «AUTOMATION SENSE,» Janvier 2017. [En ligne]. [Accès le 15 Mars 2022].

[32] R. P. A. P. R. S. G. D. A. F. E. Bernard Riera, *HOME I/O et FACTORY I/O : 2 logiciels innovants de simulation de PO pour la formation à l'automatique,* France, 2017.

[33] «FACTORY/IO,» [En ligne]. Available: https://docs.factoryio.com/. [Accès le 20 Mars 2022].

[34] «SIEMENS,» [En ligne]. Available: https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html. [Accès le 03 Mai 2022].

[35] «Automation sense,» 2019. [En ligne]. Available: https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/tia-portal-v16-siemens-presente-la-nouvelle-version-de-tia-portal.html. [Accès le 5 Mai 2022].

[36] S. S7-1500, «SIEMENS,» Mai 2021. [En ligne]. Available: https://5.imimg.com/data5/SELLER/Doc/2021/5/RP/RH/DC/3683929/simatic-s7-plcsim-advanced-v3-0.pdf. [Accès le 10 Mai 2022].

[37] Siemens, «Langage CONT pour SIMATIC S7-300/400 Programmation de blocs».

[38] «captronic,» [En ligne]. Available: https://www.captronic.fr/La-Supervision-Industrielle.html. [Accès le 28 Mai 2022].

[39] Manuel_utilisateur_WinCC_flexible, «siemens,» [En ligne]. [Accès le 28 Mai 2022].

[40] «siemens,» [En ligne]. Available: https://new.siemens.com/. [Accès le 20 Mai 2022].

[41] SIEMENS, *SIMATIC Ident RFID systems SIMATIC RF300,* 10/2016.

[42] SIEMENS, *S7 1500 CPU 1515-2PN (6ES7515-2AM01-0AB0) manuel,* 09/2016.

[43] SIEMENS, *Fiche technique 6AV2124-0QC02-0AX0,* 2015.

[44] T. Askri, «Notes Cours Automatismes Industriels».

[45] «Les systèmes automatisés».

[46] T. P. B. O. Mario Hermann, «Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review,» *SearchGate,* Janvier 2015.

[47] A. N. Nambiar, «RFID Technology: A Review of its Applications,» Octobre 2009.

[48] «matooma,» [En ligne]. Available: https://www.matooma.com/fr/s-informer/univers-du-m2m-et-iot. [Accès le Mai 2022].

[49] M. Oppelt, G. Wolf, O. Drumm, B. Lutz, M. Stöß et L. Urbas, «Automatic Model Generation for Virtual Commissioning based on Plant Engineering Data,» 24-29 Aout 2014.

[50] C. H. R. R. Stefan Boschert, «NEXT GENERATION DIGITAL TWIN,» 2018.

[51] d. a. s. Ooreka, «ooreka ENTREPRISE,» 12 Juin 2022. [En ligne]. Available: https://rfid.ooreka.fr/comprendre/systeme-rfid.

[52] «Ecole d'ingénieurs Paris-La Défense,» 04 Octobre 2019. [En ligne]. Available: https://www.esilv.fr/quest-ce-que-la-cobotique/. [Accès le 12 Juin 2022].

ملخص:

يتمثل الهدف من هذا العمل في تصميم منصة افتراضية للتحكم في خلية تجميع آلية من خلال إنشاء "التوأم الرقمي" الذي يمثل أحد محركات الصناعة 4.0 التي صممها مصنع I / O لبرامج المحاكاة ثلاثية الأبعاد.

يعتمد تطوير بنية التحكم الخاصة بها على التحكم اللامركزي مع الأجهزة الطرفية اللامركزية ET-200 SP والتي يتم ربطها معًا عبر شبكة "PROFINET" ومن ثم يوصى بالاتصال بين جزء التحكم ووحدة الإدخال / الإخراج في المصنع مع OPC UA.

كلمات مفتاحية:

ET-200 SP ، منصة افتراضية ، توأم رقمي ، Factory I/O ، شبكة PROFINET، OPC UA، PLCSIM Advanced.

Résumé :

L'objectif de ce travail consiste à la conception d'une plateforme virtuelle pour la commande d'une cellule d'assemblage robotisée en créant son « jumeau numérique » qui représente un des moteurs de l'industrie 4.0 conçu par le logiciel de simulation 3D Factory I/O.

Le développement de son architecture de pilotage est basé sur une commande décentralisée avec des périphériques décentralisés ET-200 SP qui sont reliés entre eux via un réseau « PROFINET ». D'où une communication entre la partie commande et le Factory I/O est recommandé avec OPC UA.

Mots clés :

ET-200 SP, plateforme virtuelle, jumeau numérique, Factory I/O, réseau PROFINET, OPC UA, PLCSIM Advanced.

Abstract:

The objective of this work consists in the design of a virtual platform for the control of a robotic assembly cell by creating its "digital twin" which represents one of the engines of industry 4.0 designed by the 3D simulation software Factory I/O.

The development of its control architecture is based on decentralized control with ET-200 SP decentralized peripherals which are linked together via a "PROFINET" network. Hence communication between the control part and the Factory I/O is recommended with OPC UA.

Key words:

ET-200 SP, virtual platform, digital twin, Factory I/O, PROFINET network, OPC UA, PLCSIM Advanced