

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



Université Dr. Tahar Moulay de Saïda
Faculté de la Technologie
Département d'Electrotechnique



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de

Master (LMD)

Spécialité : AUTOMATIQUE ET SYSTEMES

Filière : AUTOMATIQUE

Intitulé :

Conception et réalisation d'un système de tri
de couleur à base d'automate programmable

Présenté par :

CHENTOUF Mohammed
HABIBI Ibrahim

Devant le jury composé de :

Dr	MOSTEFAI Lotfi	Président
Dr	MOSTEFAI Mohammed	Encadreur
Dr	LABANE Chrif	Examineur

Soutenu le
Promotion 2019-2020

REMECIMENT

Tout d'abord, nous tenons à remercier DIEU le miséricordieux de nous avoir donné la possibilité de réaliser notre projet, d'arriver à notre souhait et d'atteindre notre objectif.

Nous aimerions dans ces quelques lignes remercier toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué au bon déroulement de notre travail, tout au niveau humain qu'au niveau scientifique.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur « Mostefai Mohamed » qui nous a permis de bénéficier à la fois de ses compétences scientifiques et de sa grande disponibilité, tant pour résoudre les difficultés rencontrées lors de la réalisation de notre projet ou pour répondre à nos questions.

Nous le remercions aussi pour sa patience et ses encouragements ce qui nous a permis de travailler dans de bonnes conditions.

Nos remerciements s'adressent également à tous les membres de Jury qui ont accepté de nous honorer de leur présence et de juger notre travail.

Et Merci à toute personne ayant contribué de près ou de loin à notre soutien moral

SOMMAIRE

Liste des Figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction Générale

Introduction Générale	
Introduction Général	1
Chapitre I : GENERALITES SUR LES ROBOTS INDUSTRIELS	
I.1 Introduction	2
I.2 Brève histoire de la robotique.....	3
I.3 Définition générale.....	3
I.3.1. Le robot industriel.....	3
I.3.2 La robotique.....	4
I.4 Types de robots.....	4
I.4.1. Robots mobiles.....	4
I.4.2. Robots manipulateurs.....	4
I.5 Domaine d'application de la robotique	5
I.5.1 Le robot médical.....	5
I.5.2 La robotique militaire.....	5
I.5.3 La robotique domestique.....	5
I.5.4 Robots volants.....	6
I.5.5 Robot sous- marins.....	6
I.5.6 La robotique industrielle.....	7
I.5.7 Robots Industriels de Soudage.....	7
I.5.8 Robots Industriels d'Assemblage.....	7
I.5.9. Robots Industriels d'Emballage / Palettisation.....	8
I.5.10 Robots Industriels dans l'Industrie Agro-alimentaire.....	8
I.5.11 Robots dans les Biotechnologies.....	9
I.6 Les bras manipulateurs.....	9
I.6.1 Définition.....	9
I.6.2 Description du robot manipulateur.....	9
I.6.3 Structure mécanique des bras manipulateurs.....	10
I.6.4 Anatomie d'un robot manipulateur.....	11
I.7 Symboles des articulations Rotoïde et prismatique.....	12

I.8 Classification géométrique.....	12
I.8.1 Les types de robots.....	12
I.8.2 Le robot cylindrique.....	12
I.8.3 Le robot sphérique	13
I.8.4 Le robot cartésien	13
I.8.5 Le robot Puma 3ddl.....	13
I.9 Modélisation géométrique.....	14
I.9.2 Modèle géométrique direct.....	14
I.9.3 Modèle géométrique inverse.....	15
I.10 Modèle cinématique	18
I.10.1. Modèle cinématique direct	18
I.10.2 Intérêt de la matrice jacobienne.....	18
I.10.3 Méthode de calcul de la matrice jacobienne.....	18
I.10.4 Modèle cinématique inverse	19
I.11 la singularité	19
I.12 Le modèle dynamique.....	20
I.12.1 Modèle dynamique par le formalisme de Lagrange	20
I.12.2 Application à la robotique	20
I.13 Conclusion.....	21

Chapitre2 : LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

II.1 Introduction.....	22
II.2 Définition de l'automatisation	22
II.2.1 Définition d'un system automatisé	22
II.3 Structure d'un système automatisé	23
II.3.1 La Partie Opérative	23
II.3.1.1 Actionneurs	24
II.3.1.2 Pré-actionneurs	25
II.3.1.3 Capteurs	25
II.3.2 La Partie commande	25
II.3.3 Types de capteurs selon la sortie	25
II.4 Les avantages et les inconvénients d'un système automatisé	26
II.4.1 Les avantage.....	26
II.4.2 Les inconvénients	26
II.5 Les automates programmables industriel	26
II.6 Historique.....	27
II.7 Définition d'un automate programmable	28

II.8 Types d'automates	29
II.9 Structure d'un automate programmable industriel.....	30
II.9.1 Une unité de traitement ou processeur.....	30
II.9.2 Une mémoire programme.....	30
II.9.3 Une mémoire de données.....	31
II.9.4 Une interface d'entrée	31
II.9.5 Une interface de sortie	31
II.9.6 Un module d'alimentation.....	31
II.10 Langage de programmation des API	32
II.11 Principe de fonctionnement	32
II.12 Critères de choix d'un automate	32
II.13 Description de l'Automate S7-1200	33
II.13.2 Constitution de l'automate S7-1200	34
II.14 Totally integrated portal IA PORTAL V 15.....	37
II.14.1 La conception d'un programme avec TIA PORTAL V 15.....	37
II.14.2 Présentation des différentes opérations utilisables en TIA PORTAL.....	38
II.14.3 Types de variable utilisées en TIA PORTAL	38
II.14.4 Vue du portail et vue du projet	39
II.14.4.1 Vue du portail	39
II.14.4.2 Vue du projet	39
II.14.5 Configuration et paramétrage du matériel	39
II.14.5.1 Adressage des E/S	40
II.14.5.2 Adresse Ethernet de la CPU.....	41
II.14.6. Implantation du programme	42
II.15 Conclusion.....	43

Chapitre III : La supervision Industrielle HMI

III.1. Introduction	44
III.2 Définitions de la supervision.....	44
III.3 Les différents outils de supervision dans l'industrie	45
III.4 Principales fonctionnalités des outils de supervision	46
III.5 Technique de la supervision	47
III.6 Description générale de SIMATIC HMI	47
III.6.1 Les différents modèles de la famille SIMATIC IHM	48
III.6.2 Choix de l'Interface Homme-Machine(IHM)	49
III.6.3Présentation générale du produit	49

III.6.4Caractéristiques du SIMATIC HMI KTP700 BASIC	50
III.6.5 Réalisation de la supervision	52
III.6.5.1Choix du pupitre et de l'automate	52
III6.5.2 Etablir une liaison directe.....	52
III6.5.2 Création de la table des variables.....	52
III6.5.3 Configuration des vues via TIA PORTAL	53
III.7 Conclusion.....	54
Chapitre IV : Partie pratique	
IV.1 Introduction	55
IV.2 cahier de charge	55
IV.3 Description du système.....	55
IV.4 Construction du bras manipulateur	56
IV.4.1 Construction de la base	56
IV.4.2 l'épaule et le coude du bras	58
IV.4.3 l'organe terminale « gripper »	59
IV.5 Types de moteur utilisé	60
IV.6 Les cartes électroniques d'adaptation (interfaces)	62
IV .6.1 Carte interface de sortie (Automate-servo moteur)	62
IV.6.2 Carte interface d'entrée (Capteur de couleur-automate)	63
IV. 7 Le programme de l'automate.....	65
IV. 7 .1. Partie PWM	65
IV. 7 .2. Conversion degré durée.....	66
IV. 7 .3. Bloc timer.....	68
IV. 7 .4. Bloc de synchronisation.....	69
IV. 7 .5. Programme principale.....	70
IV. 7.6. Supervision HMI	71
IV. 7.6.1 interface HMI pour tester le prototype.....	72
IV. 7.6.2 interface HMI le prototype.....	72
IV. 8. Phase finale.....	74
IV. 8 Conclusion	77
Conclusion générale	78
Annexe1 2 3 4	
Bibliographie	

Liste des Figures

Chapitre I : GENERALITES SUR LES ROBOTS INDUSTRIELS

Figure I.1. Manipulation de pièces à haute température.....	2
Figure I.2: Robot agricole.....	4
Figure I.3 ascenseur de voiture géant robot Fanuc.....	4
Figure I.4 Le robot médical.....	5
Figure I.5 Caméléon, le robot démineur	5
Figure I.6 Robot domestique.....	6
Figure I.7 Robot volant.....	6
Figure I.8 Robot sous- marin.....	6
Figure I.9 Robots Industriels de Soudage.....	7
Figure I.10 Robots Industriels d'Assemblage.....	7
Figure I.11 Robots Industriels dans l'Industrie Agro-alimentaire.....	8
Figure I.12 Robots dans les Biotechnologies.....	8
Figure I.13 La structure mécanique articulée.....	10
Figure I.14Types de chaînes	10
Figure I.15 Anatomie d'un robot manipulateur.....	10
Figure I.16 Deux articulation Rotoïde et prismatique.....	11
Figure I.17 Principales architectures du porteur.....	11
Figure I.18 Le robot scara.....	12
Figure I.19robot sonkyo scara.....	12
Figure I.20 Le robot cylindrique.....	12
Figure I.21 Le robot Seiko.....	13
Figure I.22 Le robot sphérique	13
Figure I.23 Le robot FANUC.....	13
Figure I.24Le robot Cartésien	13
Figure I.25 Le robot deToshiba	14
Figure I.26 Le robot Puma	14
Figure I.27 Le robot Puma 560	14
Figure I.28 Exemples de volume de travail	15
Figure I.29 Approche géométrique	16
Figure I.30 Systèmes de coordonnées et les paramètres de Denavit et Hartenberg.....	17
Figure I.31 La représentation des quatre paramètres DH	17
Figure I.32 Robot de type RP	18

Chapitre2 : LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

Figure II -1 : Structure d'un système automatisé	25
Figure. II-2: Actionneurs	26
Figure. II-3: prés-actionneurs.....	26
Figure. II-4 : certains types d'automates programmables industriel.....	29
Figure. II-5: Automate compact (OMRON)	30
Figure. II-6: Automate compact (SIEMENS S7-1500)	31
Figure. II-7: Structure interne d'un API.....	32
Figure. II-7: Structure interne d'un API. Figure. II-8: Automate programmable S7-1200.....	34
Figure. II-9: Possibilités d'extension de la CPU.....	35
Figure. II-10: Vue du portail.....	37
Figure. II-11: vue du projet.....	39
Figure II.12 : Ajout d'un appareil.....	40
Figure II.13 : Adressage des E/S.....	41
Figure II.14 : Adresse Ethernet de la CPU.	41
Figure II.15 Blocs du programme.	42

Chapitre III : La supervision Industrielle HMI

Figure III.1 : Poste de pilotage d'une supervision.....	45
Figure III.2 : Quelques superviseurs commerciaux.....	45
Figure III.3: KP400 Comfort.....	48
Figure III.4 : KP900 Comfort.....	48
Figure III.5 : TP1500 Comfort.....	48
Figure III.6 :TP220Comfortpanel.....	48
Figure III.7 : L'interface de supervision KTP700 Basic.....	49
Figure III.8 :la structure des appareils PROFINET KTP700 Basic.....	50
Figure III.9 : Choix du pupitre KTP700 Basic.....	52
Figure III. 10 : Création d'une liaison.	52
Figure III.11 : Création d'un vue.....	53

Chapitre IV : Partie pratique

Figure IV -1 Description du système.....	56
Figure IV -2 les éléments utilisés pour construire la base.	57
Figure IV -3 la base après l'assemblage.	57
Figure IV -4 la construction de l'épaule le coude du bras du robot.	58
Figure IV -5 Les retapes de construction du gripper.....	59
Figure IV -6 Test du gripper.....	59

Figure IV -7 Bras robot après assemblage.....	60
Figure IV -9 Signaux et positions d'un servomoteur.....	60
Figure IV -10 les servo moteurs utilisés.	61
Figure IV -11 Schéma de la carte automate –servo.....	61
Figure IV -12 Photo de la carte automate -servo	62
Figure IV -13 Schéma branchement arduino- capteur –automate programmable.....	64
Figure IV -14 Schéma du circuit pour amplifier la tension	64
Figure IV -15 photo circuit d'amplification	64
Figure IV -15 Etapes de configuration du bloc PWM.....	65
Figure IV -16 Activation du bloc PWM.....	66
Figure IV -17 Configuration de la durée d'impulsion du bloc PWM.....	66
Figure IV -18 la commande des servos utilisés dans notre bras en degré et en ms.....	67
Figure IV -19 Conversion degré durée du servo de la pince.....	68
Figure IV -20 Séquences d'activation des servos pour revenir à la position initiale.....	68
Figure IV -21 Exemple de commande du timer.....	69
Figure IV -22 Exemple du bloc de synchronisation (lire la couleur rouge)	70
Figure IV -23 Grafcet du programme principal.....	71
Figure IV -24 Interface HMI pour tester le prototype.....	72
Figure IV -25 Interface HMI - Menu Home	73
Figure IV -26 Interface HMI - Position zéro.....	73
Figure IV -27 Interface HMI Fonctionnement automatique (test prototype)	74
Figure IV -28 Essai manuel du gripper.....	74
Figure IV -29 Etape 1 et 2 : détection de l'objet vert et fermeture de la pince.....	75
Figure IV -30 Etape 3 et 4 : déplacement du coude et rotation de la base.....	75
Figure IV -31 Etape 5 et 6 : déplacement de l'épaule et ouverture de la pince	75
Figure IV -32 Etape 1 et 2 : déplacement du coude et rotation de la base.....	76
Figure IV -33 Etape 3 : déplacement de l'épaule.....	76

Liste des tableaux

Tableau I.1 : les 4 paramètres Denavit_ Hartenberg
Tableau II :1 : Possibilités d'extension de la CPU
Tableau II :2: Caractéristiques techniques de la CPU
Tableau II :3 : Types de variables utilisées en TIA PORTAL.
Tableau III :4 : Caractéristiques techniques du KTP700 HMI
Tableau IV :4 Angles de rotation du bras robot

Résumé

Depuis la révolution industrielle, une discipline à marquer l'évolution du monde technologique : la Robotique. L'avènement des robots dans l'industrie a permis de soulager l'homme des travaux répétitifs et difficiles tels que : le déplacement d'objets lourds, les tâches d'assemblages, les microsoudures... etc.

Ce projet a pour but de concevoir et réaliser un bras manipulateur de type RRR avec 4 degrés de liberté, ce robot aura pour tâches de faire déplacer des objets colorés en utilisant un API pour le contrôler et une interface HMI pour superviser en temps réel et un capteur de couleur pour détecter la pièce colorée

Abstract

Since the industrial revolution, a discipline to mark the evolution of the world technological: Robotics. The advent of robots in industry has made it possible to relieve humans of repetitive and difficult work such as: moving heavy objects, assembly tasks, micro welds, etc.

This project aims to design and produce an RRR type manipulator arm with 4 degrees of freedom, this robot will have the task of moving colored objects using an API to control it and an HMI interface to monitor in real time and a color sensor to detect the colored part

Introduction générale

Introduction générale

Le robot manipulateur grâce à sa versatilité, sa dextérité et devenu un outil de travail par excellence dans divers secteurs qui couvrent un large spectre des activités humains, en passant par l'agriculture, le nucléaire, jusqu'à la médecine la présence très remarquable du robot manipulateur dans ces nombreux domaines peut être expliquée par sa précision et plus d'efficacité dans l'exécution des différentes tâches considérées comme aliénantes, fatigantes ou dangereuse pour l'être humain.

.Cependant, l'utilisation des machines dans l'industrie où la recherche est de plus en plus importante. En effet, l'automatisation des systèmes permet une conception plus rapide et plus sûre que certains ouvrages.

L'objectif principal de notre travail est de concevoir et réaliser et commander un bras Manipulateur à 4 degrés de liberté commandé par un Automate Programmable Industriel S7 1200. Ce dernier a pour fonction de traiter les informations entrantes pour émettre des ordres de sorties en fonction d'un programme. C'est un automate programmable à usage industriel destiné à commander les systèmes en temps réel.

Ce mémoire se compose de quatre chapitres qui peuvent être résumés comme suit :

Chapitre 1: *GENERALITES SUR LES ROBOTS INDUSTRIELS*

Dans le premier chapitre on décrira d'une façon générale sur les robots et les bras manipulateurs dans plusieurs domaines et plus précisément les bras manipulateurs industriels et leurs modélisations

Chapitre 2 : LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

Dans ce chapitre on présentera les automates programmables plus précisément l'API S7 1200 aspect intérieur et extérieur ainsi que le logiciel de programmation TIA PORTAL V15

Chapitre 3 : La supervision Industrielle HMI

Nous donnerons dans ce chapitre un détail sur l'Interface Homme/ Machine (IHM) type KTP700 Basic pour la supervision en temps réel.

Chapitre 4 : Partie pratique

Le dernier chapitre s'intéressera sur la partie pratique avec les différentes étapes de construction du bras et les cartes électroniques d'interface entre le bras, capteur et l'automate. Et au final on clôturera notre travail avec une conclusion générale.

Chapitre I

GENERALITES SUR LES ROBOTS INDUSTRIELS

I.1. Introduction :

Quand on parle des robots, de diverses idées viennent à l'esprit de chacun de nous, Personnellement depuis mon jeune âge, le mot robot me fait penser aux films de science-fiction, humanoïdes et aux personnages de la mythologie en provenance d'autres planètes qui vont venir envahir le globe terrestre.

Séparer la science de la science-fiction n'est pas une chose facile, surtout lorsque en robotique nous cherchons parfois à faire réalité la fiction.

A l'origine des robots ont été conçus pour remplacer les travailleurs humains, qui souffraient de problèmes industriels à l'époque, on pensait que les robots seraient des machines universelles capables de la reprogrammation rapide pour une grande variété de tâches, et ces idées qui ont motivé leur développement.

La robotique est un ensemble de disciplines techniques (mécanique, électronique, automatique, informatique) articulées autour d'un objectif et d'un objet commun. Cet objectif est l'automatisation flexible de nombreux secteurs de l'activité humaine réputés jusqu'à très récemment comme ne pouvant se passer de la présence de l'homme, et l'objet est le robot, sorte de machine universelle dont l'homme rêve depuis toujours (mais qui n'a pas encore la forme de ce rêve).

Dans ce projet de fin d'étude, nous nous sommes intéressés aux robots manipulateurs de type rotoïdes (RRR) 3 articulations anthropomorphe.

I.2 Brève histoire de la robotique [1]

C'est au siècle précédant que la révolution de la robotique industrielle a amorcé l'explosion des thèmes de recherche. A cette époque les robots étaient conçus en respectant les contraintes imposées par le milieu industriel, comme la répétabilité, la précision dans la réalisation des tâches, le respect des cadences de production dans des ateliers flexibles, etc. afin de réduire le lead time, assurer une qualité constante et pouvoir s'imposer dans un marché là où la concurrence est impitoyable.

- **1920 : Apparition du mot robot** : l'origine du mot est la langue tchèque dans laquelle son Ancêtre 'robota' signifie travail forcé. Il a été introduit, en 1920, par l'écrivain tchèque Karel Capek dans la pièce de théâtre Rossum's Universal Robots.

- **1961 : Unimation, le 1er robot industriel** : descendant direct des télémanipulateurs développés pour les besoins du nucléaire. Il est vendu à partir de 1961 par la société

American Unimation (devenu Staubli Unimation), crée par George Devol et Joseph Engelberg. Il est utilisé pour la première fois sur les lignes d'assemblage de General Motors. Ce robot, de 1,5 tonnes, était capable de manipuler des pièces de fonderie pesant 150 kg.

- 1972 : 1er chaîne de production robotisée :

Nissan ouvre la première chaîne de production complétement robotisée, selon une étude l'IFR, 2142 de robots ont été fabriqués entre les années 60 et la fin 2010, les analystes estiment qu'aujourd'hui entre 1 et 1,3million de robots travaillent pour nous dans les usines dans le monde

- 1947 : premier manipulateur électrique télé opéré.
- 1954 : premier robot programmable.
- 1961 : apparition d'un robot sur chaîne de montage de général Motors
- 1961 : premier robot avec contrôle d'effort.
- 1963 : utilisation de la vision pour commander un robot.

I.3 Définition générale

I.3.1. Le robot industriel

Un robot est un dispositif mécatronique (alliant mécanique, électronique et informatique) accomplissant automatiquement des tâches diverses. C'est une machine intelligente fonctionnelle qui nécessite une autonomie de mouvements.

L'Organisation Internationale de Normalisation définit le robot comme étant un manipulateur à plusieurs degrés de liberté, à commande automatique, reprogrammable, multiplications, mobile ou non, destiné à être utilisé dans les applications d'automatisation industrielle. [2]

I.3.2 La robotique

La robotique est une science qui s'intéresse aux robots. En fait, il s'agit d'un domaine Pluridisciplinaire qui comprend la mécanique, l'automatique l'électrotechnique, le traitement de signal, l'informatique, communication [3].

En se basant sur l'Intelligence Artificielle naissante, dans son livre "Run-around" Asimov présente les 3 règles de la Robotique:

A. Un robot ne peut porter atteinte à un être humain, ni rester inactif laissant ce dernier exposé au danger.

B. Un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres sont en

contradiction avec la Première Loi.

C. Un robot doit protéger sa propre existence dans la mesure où cette protection n'est pas en contradiction avec la Première ou la Deuxième Loi de la robotique [4].

I.4 Types de robots

Il existe deux types de robots : robots mobiles et robots manipulateurs.

I.4.1. Robots mobiles

Ce sont des robots capables de se déplacer dans un environnement comme le montre la figure I.2. Ils sont équipés ou non de manipulateurs suivant leur utilisation, (les robots explorateurs, les robots de services...).



Figure 1.1: Robot agricole [6]

I.4.2. Robots manipulateurs

Des robots ancrés physiquement à leur place de travail et généralement mis en place pour réaliser une tâche précise répétitive, (tels que les robots industriels, médicaux...).



Figure I.2 ascenseur de voiture géant robot Fanuc [7]

I.5 Domaine d'application de la robotique

I.5.1 Le robot médical

Un robot médical est un système robotique utilisé dans le cadre d'une application thérapeutique, par exemple lors d'une chirurgie ou au cours d'un programme de réhabilitation neuromatrice.

Du fait des contraintes importantes en matière de sécurité, ce type de robot est en général doté d'un faible niveau d'autonomie.

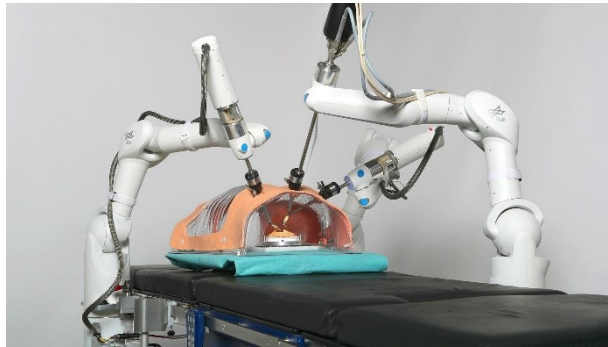


Figure I.3 Le robot médical [8]

I.5.2 La robotique militaire

Les robots sont beaucoup utilisés par l'armée pour simplifier la vie des soldats et limiter les pertes humaines, en voici quelques catégories :

- Les robots démineurs.
- Les drones.
- Les robots de combat.

Le premier robot militaire étant le '**Goliath**' utilisé par l'armée allemande durant la 2ème guerre mondiale.



Figure I.4 Caméléon, le robot démineur [9]

I.5.3 La robotique domestique

Un robot domestique est un robot de service personnel utilisé pour des tâches ménagères. Jusqu'à présent, il n'y a que des rares modèles.

Les robots domestiques sont utilisés par exemple en vaisselle, en nettoyage et en cuisine.



Figure I.5 Robot domestique [10]

I.5.4 Robots volants

Un drone désigne un aéronef sans pilote à bord, il peut avoir un usage civil ou militaire. Les drones sont utilisés au profit des forces armées ou de sécurité.



Figure 1.6 Robot volant [11]

I.5.5 Robot sous- marins

Un robot sous – marins autonome est un robot qui se déplace dans l’eau de manière autonome contrairement au ROV.

ROV : Un rov qu’on pourrait traduire par « véhicule sous-marins téléguidées ».

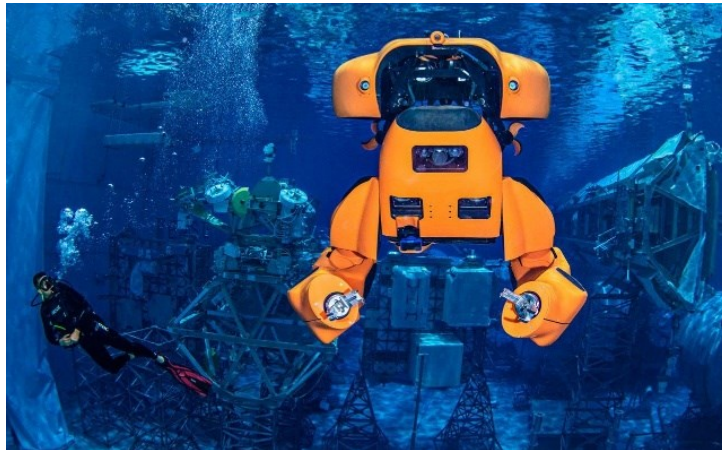


Figure 1.7 Robot sous- marin [12]

I.5.6 La robotique industrielle

La robotique industrielle est officiellement définie par l’os, comme un contrôle automatique, reprogrammable dans trois ou plusieurs axes. Les applications typiques incluent des robots de soudage de peinture et d’assemblage. Les robots industriels sont très utilisés en automobiles [6]

Classification :

- Soudage
- Peinture
- Assemblage
- Emballage et palettisation
- Industrie alimentaire
- Industrie biologique

I.5.7 Robots Industriels de Soudage

Une des applications les plus courantes de la robotique industrielle est **le soudage**. Le soudage robotisé des châssis de voiture améliore la sécurité car un robot ne manque jamais son point de soudure et les réalise toujours de la même manière tout au long de la journée. A peu près 25 % des robots industriels sont impliqués dans différentes opérations de soudure.



Figure 1.8 Robots Industriels de Soudage [11]

I.5.8 Robots Industriels d'Assemblage

L'assemblage occupe environ 33% des applications du parc des robots industriels (1997). Beaucoup de ces robots peuvent être trouvés dans l'industrie automobile et l'industrie électronique.



Figure 1.8 Robots Industriels d'Assemblage [11]

I.5.9. Robots Industriels d'Emballage / Palettisation

L'emballage et la palettisation sont toujours des applications mineures des robots industriels, comptant seulement pour 2,8% du parc en 1997. Les prévisions pour ce type d'applications sont en croissance significative étant donné que les robots deviennent de plus en plus faciles à manipuler.

I.5.10 Robots Industriels dans l'Industrie Agro-alimentaire

L'industrie agro-alimentaire est un champ d'applications voué à jouer un rôle majeur dans le futur.



Figure 1.9 Robots Industriels dans l'Industrie Agro-alimentaire [11]

I.5.11 Robots dans les Biotechnologies

Les applications dans l'industrie pharmaceutique et dans les biotechnologies constituent également un marché d'avenir encore presque vierge.



Figure 1.10 Robots dans les Biotechnologies [12]

I.6 Les bras manipulateurs

I.6.1 Définition

Un bras manipulateur est un robot généralement programmable, avec des fonctions similaires à un bras humain. Les liens de ce manipulateur sont reliés par des axes permettant, soit du mouvement de rotation (comme dans un robot articulé) ou de translation (linéaire) de déplacement. Il peut être autonome ou contrôlé manuellement et peut effectuer une variété de tâches avec une grande précision. Les bras manipulateurs peuvent être fixes ou mobiles (avec ou sans roues) et peuvent être conçus pour des applications industrielles.

Les positions sont définies par des longueurs et des angles qui correspondent à des paramètres de constructions des bras. Ce sont donc des grandeurs constantes pour un bras donné, qui caractérisent sa géométrie.

I.6.2 Description du robot manipulateur [6]

- **Structure mécanique ou système articulé :**

- membres rigides, liaisons articulées par des joints mécaniques.
- à son extrémité l'outil ou effecteur.

- **Actionneurs ou actuateurs :**

- pour lutter contre la gravité, l'inertie, les forces extérieures;
- modifier la configuration.
- de types électriques / pneumatiques / hydrauliques.

- **Les systèmes de transmissions mécaniques :**

- connecter les actuateurs à la structure mécanique.

– transmettre et adapter les sources d'énergie aux charges.

• **Les capteurs :**

– tactiles, optiques, électriques...

– *capteurs proprioceptifs* dont le but est de fournir l'information sur la configuration du manipulateur.

– *capteurs extéroceptifs* dont le but est donné des informations sur l'environnement.

• **Unité de contrôle :**

– rôle d'information: collecter l'information venant des capteurs.

– rôle de décision: partant d'une tâche définie et tenant compte des données du système et de l'environnement établir des actions.

– rôle de communication.

I.6.3 Structure mécanique des bras manipulateurs

-La Structure Mécanique Articulée (S.M.A.) [6]

• Un mécanisme ayant une structure plus ou moins proche de celle du *bras humain*. Il permet de remplacer, ou de prolonger, son action

• Son *rôle* est d'amener l'organe terminal dans une pose (position et orientation) donnée, selon des caractéristiques de vitesse et d'accélération données

• Son *architecture* est une chaîne cinématique de corps, généralement rigides (ou supposés comme tels) assemblés par des liaisons appelées articulations

• Sa *motorisation* est réalisée par des actionneurs électriques, pneumatiques ou hydrauliques qui transmettent leurs mouvements aux articulations par des systèmes appropriés

- La structure mécanique d'un robot se distingue par trois ensembles :

-Le véhicule

Le véhicule assure le transport de la structure mécanique vers la zone d'action

-Le porteur

Le rôle du porteur consiste à mener un point du robot vers un lieu précis de l'espace. Il se compose des trois premiers degrés de liberté

-Le poignet

Il assure l'orientation d'un vecteur passant par l'extrémité du porteur. Trois degrés de liberté en rotation autour de trois axes concourant sont nécessaires pour atteindre toutes les orientations possibles. Toutes les structures mécaniques ne possèdent pas un poignet à trois degrés de liberté, ce qui réduit leurs potentialités mais également leur coût.

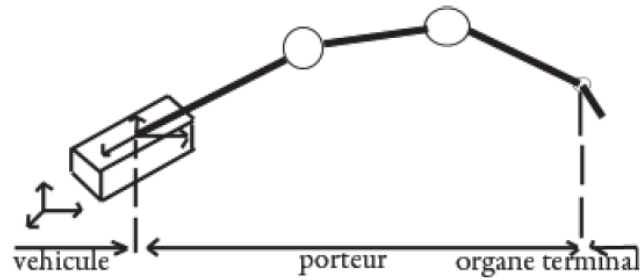


Figure 1.11 La structure mécanique articulée

Types de chaînes de la SMA

On distingue trois types de chaînes:

- Chaînes ouvertes simples : aucun retour mécanique d'un segment à un autre dans la chaîne.
- Chaînes arborescentes: il existe plusieurs organes terminaux qui agissent en parallèle
- Chaînes fermées : il existe un retour mécanique d'un ou plusieurs segments à un autre dans la chaîne

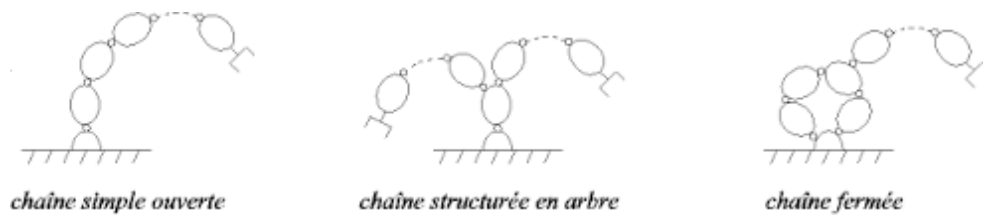


Figure 1.12 Types de chaînes

I.6.4 Anatomie d'un robot manipulateur

La figure ci- dessous montre un exemple de robot industriel avec la nomenclature utilisée pour désigner les différentes parties du robot.

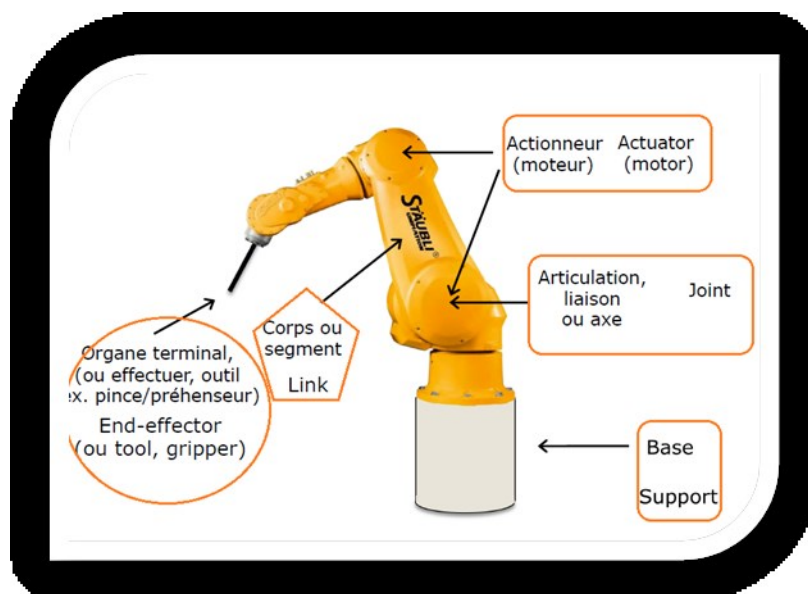


Figure 1.13 Anatomie d'un robot manipulateur [6]

I.7 Symboles des articulations Rotoïde et prismatique

Afin de symboliser les articulations d'un robot manipulateur les figures suivantes schématisent les articulations Rotoïde (**rotation –R**) et Prismatique (**translation - P**) utilisée en robotique.

Un robot manipulateur compose de liaisons connectées par des articulations rotoïde (Revolute) et/ou prismatique (Translation) pour constituer une chaîne cinématique. Une articulation rotoïde est notée par la lettre **R**, une articulation prismatique est notée par la lettre **P**. les parties suivantes donnent les principales configurations connus dans le domaine industriel.

I.8 Classification géométrique

On peut aussi classer les robots suivant leur configuration géométrique, autrement dit L'architecture de leur porteur.

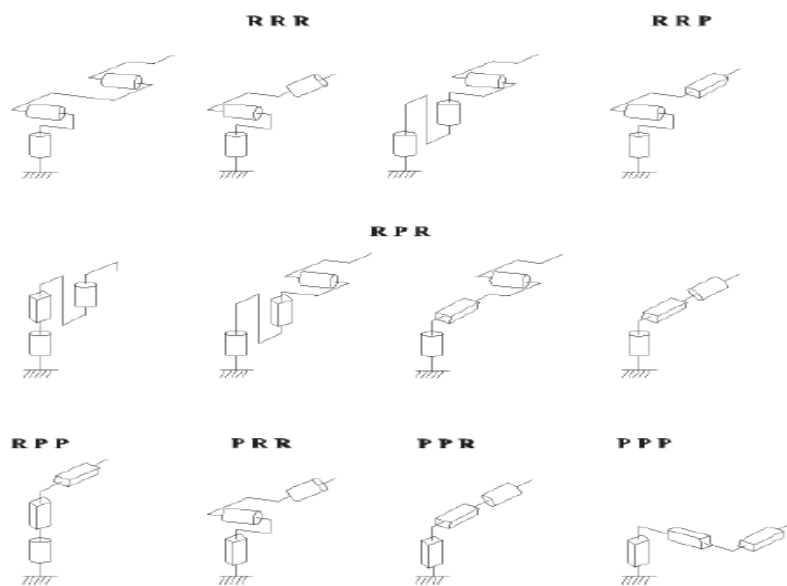
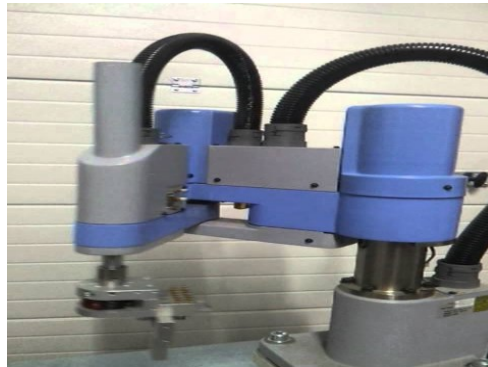
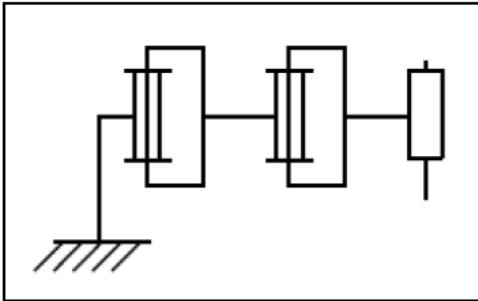


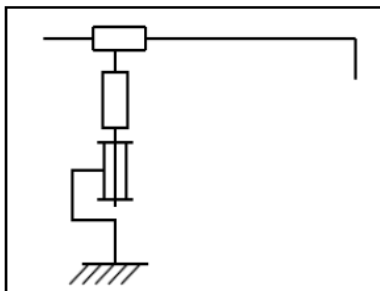
Figure 1.14 Principales architectures du porteur [6]

I.8.1 Les types de robots.**Le robot SCARA[6]:**

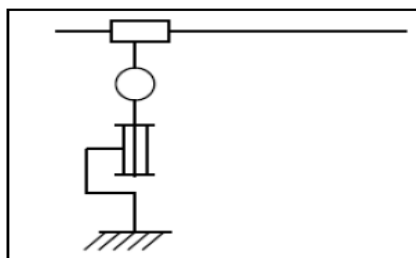
SCARA= Slective Complaint Articulated Robot for Assembly

**Figure 1.15** Le robot scara**Caractéristique :**

- . 3 axes, série, RRP, 3 DDL.
- . Espace de travail cylindrique.
- . Précis.
- . Très rapide.

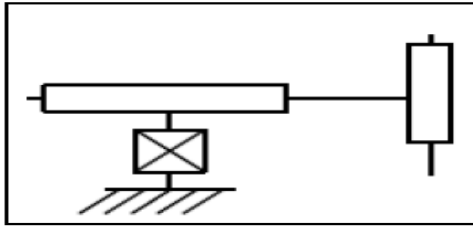
Exemple :**I.8.2 Le robot cylindrique [6]****Figure 1.16** Le robot Seiko**Caractéristiques :**

- . 3axes, série, RPP, 3DDL.
- . Espace de travail cylindrique.
- . Très rapide.

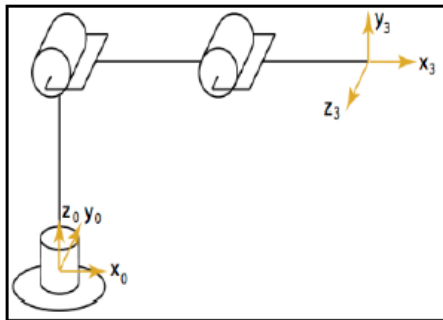
I.8.3 Le robot sphérique [6]:**Figure 1.17** Le robot sphérique

Caractéristiques :

- . 3 axes, série, RRT, 3 DDL.
- . Espace de travail sphérique.
- . Grande charge utile

Exemple**I.8.4 Le robot cartésien [6]:****Figure 1.18** Le robot Cartésien**Caractéristiques :**

- . 3 axes $\perp 2 \text{ à } 2$, série, ppp, 3 DDL.
- . Très bonne précision.
- . Lent

I.8.5 Le robot Puma 3ddl[6] :**Figure 1.19** Le robot Puma**Caractéristiques :**

- . 3 axes, série, RRR, 3 DDL.
- . Bonne précision.
- . Rapide.

I.9 MODELISATION GEOMETRIQUE.

La modélisation de Système poly articulé a pour but de représenter au mieux le robot dans son environnement pour ensuite lui programmer des trajectoires avec la Planification de mouvement. La modélisation du robot consiste à représenter son comportement par des équations algébriques, soit du point de vue des positions, c'est le modèle géométrique, soit de point de vue des vitesses, c'est le modèle cinématique ou encore en considérant les efforts mis en jeux, c'est le modèle dynamique.

I.9.2 Modèle géométrique direct

Le modèle géométrique direct (MGD) d'un bras manipulateur exprime la situation de son Organe Terminal (OT) en fonction de sa configuration. Donc il exprime la position instantanée de l'OT par rapport au repère fixe lié au bâti.

$$f: N \rightarrow M$$

$$q: \rightarrow x = f(q)$$

a) Approche géométrique

Dans le cas où nous avons un nombre réduit d'articulations nous pouvons obtenir une relation entre les coordonnées de l'organe terminal par rapport au repère fixe, l'exemple suivant représente cette approche géométrique .

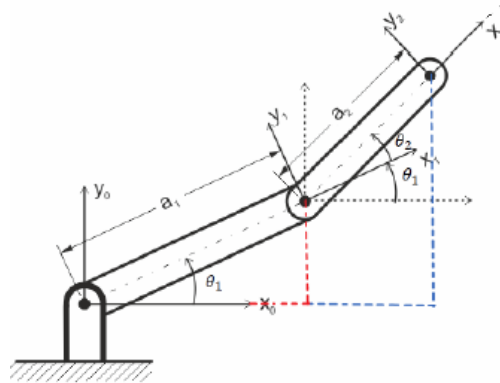


Figure 1.20 Approche géométrique

A partir de cette figure nous avons

$$X_p = a_1 \cos(\theta_1) + a_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \quad (1.1)$$

$$Y_p = a_1 \sin(\theta_1) + a_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) \quad (1.2)$$

Ainsi nous avons directement les coordonnées de l'organe terminal (p) dans le repère fixe (O, X₀, Y₀) lorsque l'architecture du robot est plus compliquée, notamment en 3 dimensions, les coordonnées de l'organe terminal ne peuvent pas être calculées d'une manière aussi simple.

b) Convention de Dénavit Hartenberg (DH 1955)

La convention DH consiste en un ensemble de règles qui permettent de simplifier l'analyse du modèle géométrique direct. L'avantage de cette méthode devient apparent lorsque le nombre de liaison (prismatique et rotoïde) devient important.

Ainsi l'application de cette méthode permet d'exprimer toutes les transformations homogènes en termes d'un produit de 4 transformations de bras comme suit :

$$H_{i-1i} = \text{Trans}_Z(i-1)(d_i) * \text{Rot}_Z(i-1)(\Theta_i) * \text{Trans}_X(i)(a_i) * \text{Rot}_X(i)(\alpha_i) \quad (1.3)$$

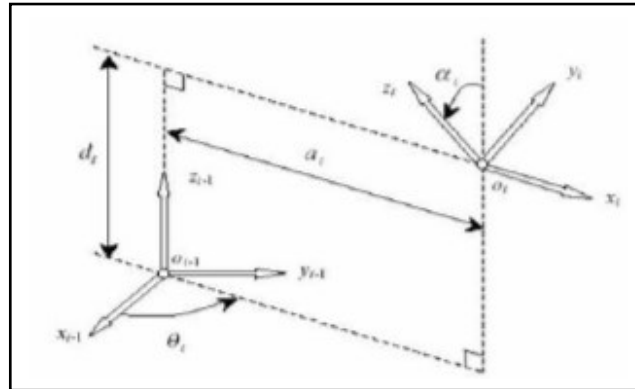


Figure 1.22 Systèmes de coordonnées et les paramètres de Denavit et Hartenberg [6]

Les variables Θ_i , a_i , d_i , α_i , sont des paramètres associés au lien i et l'articulation $i-1$.

Cette matrice nous montre donc qu'avec cette méthode de 4 paramètres sont suffisants pour caractériser une transformation homogène.

Les conditions essentielles qu'il faudra respecter sont :

- 1) l'axe Z est choisi dans la direction du mouvement (selon la variable de l'articulation)
- 2) X est choisie perpendiculaire aux axes Z_i et Z_{i-1}
- 3) Y est choisie selon la règle de la main « droite »
- 4) l'axe X_i doit avoir une intersection avec l'axe Z_{i-1}

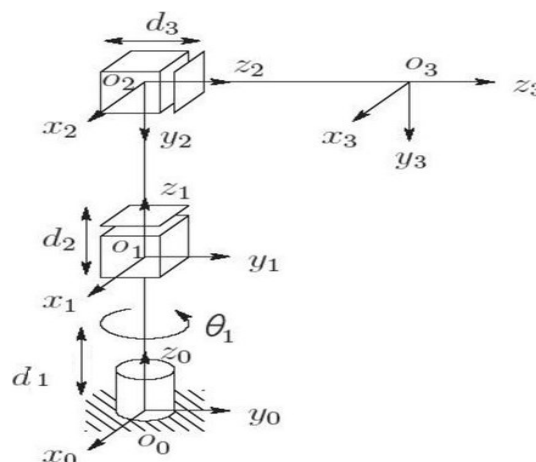


Figure 1.23 La représentation des quatre paramètres DH [6]

Pour ce cas les paramètres de la convention DH représentent l'opération suivante :

- . d_i représente la distance entre les deux origines O_{i-1} et O_i le long de l'axe Z_{i-1} .
- . θ_i représente l'angle entre les deux axes X_{i-1} et X_i autour de l'axe Z_{i-1} .
- . a_i représente la distance entre les deux origines O_{i-1} et O_i le long de l'axe X_i .
- . α_i représente l'angle entre les deux axes Z_i et Z_{i-1} autour de l'axe X_i .

Comme exemples nous avons pris un 'three link cylindrical manipulator' et après avoir placé les repères relatifs à toutes les articulations il faut dresser un tableau contenant les variables du robot comme suit :

Link	a_i	α_i	d_i	θ_i
1	0	0	d_1	θ_1^*
2	0	-90	d_2^*	0
3	0	0	d_3^*	0

* joint variable

Tableau 1.1 les 4 paramètres Denavit_ Hartenberg

I.9.3 Modèle géométrique inverse: étant donnée une pose de l'effecteur par rapport à la base, trouver, si elles existent, l'ensemble de positions articulaires qui permettent de générer cette pose. ce dernier consiste à calculer les variables articulaires (angles, distance) que doivent atteindre les actionneurs connaissant les coordonnées (positions, orientations) de l'organe terminale.

Exemple1 :

Calcul de l'angle et l'élongation d'un robot de type RP [4]

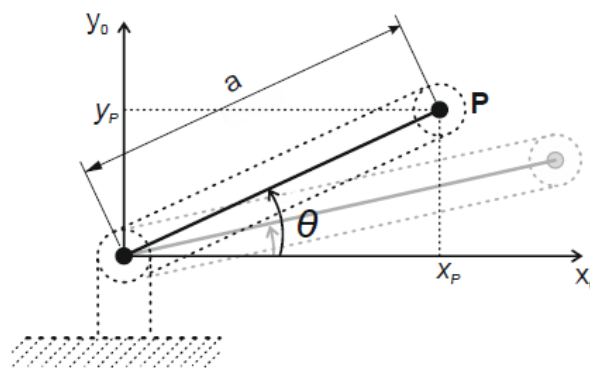


Figure 1.24 Robot de type RP [6]

La figure ci-dessus montre le cas d'un bras robotisé ayant 2 variables articulaires (Θ , a), connaissant les coordonnées (X_p , Y_p) de l'organe terminal P le problème est de calculer Θ et en fonction de x_p et y_p . Nous avons :

$$\Theta = \arctan \left(\frac{x_p}{y_p} \right) \quad (1.4)$$

$$a = \sqrt{x_p^2 + y_p^2} \quad (1.5)$$

I.10 Modèle cinématique :

I.10.1. Modèle cinématique direct :

Le modèle cinématique direct d'un robot -manipulateur décrit les vitesses des coordonnées Opérationnelles en fonction des vitesses articulaires. Il est noté :

$$\begin{cases} dX = J(q)dq \\ \dot{X} = f(q, \dot{q}) \end{cases} \quad (1.6)$$

$J(q)$: désigne la matrice jacobéenne de dimensions ($m \times n$) du mécanisme, et est égale $\frac{dy}{dq}$

En fonction de la configuration articulaire q .

Elle est à la base du modèle cinématique inverse, permettent de calculer de façon initiative les variables articulaires q connaissant les coordonnées opérationnelles P .

Intérêt de la matrice Jacobéenne :

- a) - Elle est la base du modèle différentiel inverse, permettant de calculer une solution locale des variables articulaires q connaissant les coordonnées opérationnelles X .
- b) - En statique, on utilise la matrice pour établir la relation liant les efforts exercés par l'organe terminal sur l'environnement aux forces et couples des actionneurs.
- c)- Elle facilite le calcul des singularités et de la dimension de l'espace opérationnel accessible du robot.

I.10.1.2 Méthode de calcul de la matrice Jacobienne :

Le calcul de la matrice jacobéenne peut se faire en dérivant le MGD, $X = f(q)$ à partir de la relation suivante :

$$J_{ij} = \frac{\partial f_i(q)}{\partial q_j} \quad i = 1 \dots n \quad j = 1 \dots n \quad (1.6)$$

Ou J_{ij} est l'élément (i,j) de la matrice jacobéenne

Cette méthode est facile à mettre en œuvre pour des robots à deux ou trois degrés de liberté

C'est-à-dire :

$$J(q) = \begin{pmatrix} \frac{\partial P_x}{\partial q_1} & \dots & \frac{\partial P_x}{\partial q_j} & \dots & \frac{\partial P_x}{\partial q_n} \\ \frac{\partial P_y}{\partial q_1} & \dots & \frac{\partial P_y}{\partial q_j} & \dots & \frac{\partial P_y}{\partial q_n} \\ \frac{\partial P_z}{\partial q_1} & \dots & \frac{\partial P_z}{\partial q_j} & \dots & \frac{\partial P_z}{\partial q_n} \end{pmatrix} \quad (1.7)$$

Il existe une autre méthode basée sur calcul de la jacobienne de base qui est pratique pour les robots ayant plus de degré de liberté

I.10.2 Modèle cinématique inverse :

L'objectif du modèle différentielle inverse est de calculer, à partir de la configuration $\mathbf{q}$ donnée, la différentielle articulation $d\mathbf{q}$ à commander pour satisfaire une différentielle des coordonnées opérationnelles $d\mathbf{X}$ imposée

$$\dot{\mathbf{q}} = \mathbf{J}^{-1} * \dot{\mathbf{X}} \quad (1.8)$$

Pour obtenir le modèle cinématique inverse on inverse le modèle cinématique direct en résolvant un système d'équations linéaires dont la solution est donnée par la relation :

$$\begin{pmatrix} \dot{P} \\ W \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{P}_x \\ \dot{P}_y \\ \dot{P}_z \\ \dot{W}_z \\ \dot{W}_y \\ \dot{W}_x \end{pmatrix} = J(q) \begin{pmatrix} \dot{r}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{\theta}_3 \\ \dot{\theta}_4 \\ \dot{\theta}_5 \\ \dot{\theta}_6 \end{pmatrix} \quad (1.9)$$

$\dot{P}$: Représentant la vitesse linéaire absolue par rapport à R_0 .

W : représentant le vecteur de rotation absolue par rapport à R_0 .

$J(q)$: la matrice jacobienne en fonction des variables articulaire de dimension $(m \times n)$ Avec :

- n : le nombre de degré de liberté de la structure articulé
- $m \leq 6$ degrés de liberté de l'OT. Si $m=6$ c'est-à-dire 3 pour la vitesse de translation et 3 pour la vitesse de rotation.

Les résultats obtenus dans le calcul du MG et du MC sont plus lourds à calculer, pour faciliter ces calculs, nous utilisons un outil de calcul formel, permettant d'automatiser la procédure de calcul. En utilisant le logiciel MATLAB pour le calcul des modèles géométrique et cinématique directe et inverse par l'utilisation des résultats obtenus dans le MG et le MC.

I.11 la singularité :

En robotique, la singularité est un point de l'espace que le robot ne peut atteindre. Contraint par ses moteurs, la rigidité de ses axes et l'(im)puissance des équations à multiples inconnues, le robot n'a de cesse que d'atteindre et respecter les consignes données par son opérateur.

$$\text{Si } \det(J(q)) = 0 \quad (1.10)$$

Puisque le déterminant de la matrice jacobienne est nulle donc nous avons une singularité dans ce cas

I.12 Le modèle dynamique

Donc le modèle dynamique du robot est la relation entre les couples (et/ou forces) appliqués aux actionneurs et les positions, vitesses et accélérations articulaires.

Le robot manipulateur est généralement considéré comme un ensemble de corps supposés rigides.

Le modèle dynamique d'un tel mécanisme est habituellement décrit par des équations sous forme matricielles suivantes [***] :

$$\underbrace{D(q)\ddot{q}}_{\text{Effets inertiels}} + \underbrace{C(q, \dot{q})\dot{q}}_{\text{Effets coriolis et centrifuge}} + \underbrace{g(q)}_{\text{Effets dûs à la gravité}} = \tau \quad (1.11)$$

Γ : vecteur des couples généralisés.

$D(q)$: matrice d'inertie de dimension (n x n) symétrique et définie positive.

$C(q, \dot{q})$: vecteur de dimension (n x 1) spécifiant l'effet centrifuge et de Coriolis.

$g(q)$: vecteur de dimension (n x 1) exprimant l'effet gravitationnel.

I.13 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons parlé de la robotique d'une manière générale et la différente architecture d'un robot ainsi les approches et diverses méthodes de calcul et modélisation pour définir la position et les paramètres des positions des éléments du robot.

Le prochain chapitre sera consacré pour les automates programmables industriels et leurs rôles dans l'automatisation.

Chapitre II

LES AUTOMATES PROGRAMMABLES

INDUSTRIELS

II.1 Introduction :

Les procédés industriels ont connu un grand essor au cours des dernières années grâce à l'automatisme. Cela exige des entreprises à automatiser leurs processus de production, afin d'assurer leur pérennité en s'offrant la compétitivité, tout en améliorant les conditions de travail de leur personnel et en supprimant les tâches pénibles et répétitives. Au début, l'automate programmable servait uniquement à réaliser les fonctions logiques et séquentielles et au contrôle de commande individuelle des machines – rôle de séquenceur électrique, pneumatique ou électronique, aujourd'hui, outre ces fonctions logiques, il gère le traitement numérique, la gestion de la production, le dépannage, la messagerie et le traitement.....

Dans ce chapitre, nous allons décrire les automates programmables, les systèmes automatisés et la programmation.

II.2 Définition de l'automatisation :

L'automatisation consiste à « rendre automatique » les opérations qui exigeaient auparavant l'intervention humaine. Ce système est un sous-ensemble d'une machine, destinée à remplacer l'action de l'être humain dans des tâches en générales simples et répétitives, réclamant précision et rigueur. On passe d'un système dit manuel, à un système mécanisé, puis au système automatisé. [9] Dont l'objectif est de :

- ✓ Eliminer des tâches répétitives
- ✓ Simplifier le travail humain
- ✓ Augmenter la sécurité
- ✓ Accroître la production
- ✓ Economiser les matières premières et l'énergie
- ✓ S'adapter à des contextes particuliers
- ✓ Maintenir la qualité

L'automatisation est considérée comme l'étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme, non musculaires.

II.2.1 Définition d'un système automatisé :

Un Système Automatisé est toujours composé d'une Partie Commande et d'une Partie

Opérative. Pour faire fonctionner ce système, l'Opérateur (la personne qui va faire fonctionner le système) va donner des consignes à la Partie Commande. Celle-ci va traduire ces consignes en ordres qui vont être exécutés par la Partie Opérative.

Une fois les ordres accomplis, la Partie Opérative va le signaler à la Partie Commande (elle fait un compte-rendu) qui va à son tour le signaler à l'Opérateur. Ce dernier pourra donc dire que le travail a bien été réalisé. [10]

II.3 Structure d'un système automatisé :

Tout système automatisé est composé de deux parties principales : partie opérative et partie commande.

La communication entre la partie opérative et la partie commande se fait par l'intermédiaire d'une interface qui constituée par l'ensemble de capteurs et pré actionneurs [11]

La structure interne d'un système automatisé peut se représenter comme suit :

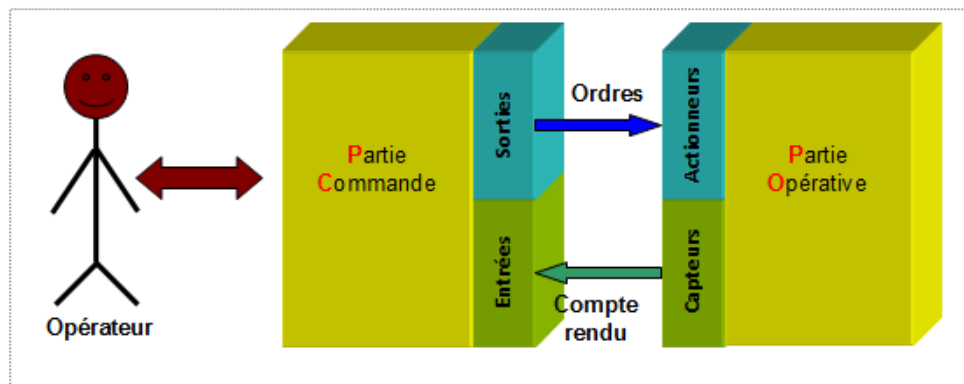


Figure II -1 : Structure d'un système automatisé [47]

II.3.1 La Partie Opérative :

La Partie Opérative est une reproduction physique d'un procédé industriel. Elle est soumise aux instructions envoyées de la commande par les Opérateurs Humains de supervision afin d'agir sur les actionneurs et pré actionneurs du procédé. En contrepartie, la PO renvoie les informations du procédé aux Opérateurs Humains de supervision via des capteurs [12].

II.3.1.1 Actionneurs :

Ce sont des organes destinés à remplacer l'énergie humaine par une énergie électrique, pneumatique ou hydraulique, ils permettent d'obtenir l'énergie nécessaire au bon fonctionnement de la machine à partir de l'énergie disponible dans l'équipement [12].



Moteur électrique



moteur pneumatique

Figure. II-2: Actionneurs [48]

II.3.1.2 Pré-actionneurs :

Les pré-actionneurs distribuent l'énergie aux actionneurs à partir des ordres émis par la partie commandes [12].



Distributeur pneumatique



Contacteur

Figure. II-3: prés-actionneurs [48]

II.3.1.3 Capteurs :

Les capteurs fournissent les informations en retour nécessaires pour la conduite du procédé en captant les déplacements des actionneurs ou le résultat de leurs actions sur le procédé. Ils peuvent détecter des positions, des pressions, des températures, des débits, ... [12].

II.3.2 La Partie commande :

La partie commande d'un système automatisé est un ensemble capable de reproduire un modèle de fonctionnement exprimant le savoir-faire humain. Elle commande la partie opérative pour obtenir les effets voulus, par l'émission d'ordres en fonction d'informations disponibles, comptes rendus, consignes et du modèle construit. Elle peut échanger des informations avec l'opérateur ou d'autres systèmes [14].

Les principales fonctions assurées par la partie commande sont :

- échanger des informations avec l'opérateur ;
- échanger des informations avec d'autres systèmes ;
- acquérir les données ;
- traiter les données ;
- commander la puissance.

Par ailleurs, la Partie Commande est en interaction avec son milieu extérieur par des liaisons informationnelles avec l'environnement humain, au travers de l'Interface Homme Machine (IHM).

La PC est construite à partir des constituants électroniques et électriques et s'appuie essentiellement sur des technologies programmées (automates programmables) [13].

II.3.3 Types de capteurs selon la sortie :

A) Capteurs de sorties logiques : Ils adressent un compte rendu qui ne peut prendre que deux valeurs (oui ou non, 0 ou 1, absence ou présence d'un phénomène). Ce capteur est aussi appelé capteur T.O.R (tout ou rien) présence du phénomène ou absence du phénomène [15].

B) Capteurs de sorties analogiques : Ils adressent un compte rendu qui est continu et proportionnel au phénomène physique détecté [15] :

- La température (le capteur est appelé: sonde de température)
- La luminosité.
- Une tension.
- Une longueur etc...

C) Capteurs de sorties numériques : Elles délivrent une information sur plusieurs bits et dans un certain code (BCD, Code Gray, ...). La chaîne de mesure du capteur nous

donne une fonction entre ces deux grandeurs qui est caractérisée par les notions suivantes [15]:

- Linéarité ;
- Bande passante, temps de réponse ;
- Sensibilité ;
- Sensibilité aux perturbations ;
- Étalonnage ;

II.4 Les avantages et les inconvénients d'un système automatisé :

II.4.1 Les avantages :

- ✓ Améliorer les conditions de travail (effectuer des tâches pénibles, dangereuses et répétitives)
- ✓ Sécurité et précision
- ✓ Réduire les coûts de fabrications (produit plus compétitif)
- ✓ Augmenter la productivité (réduire le temps de travail nécessaire à la production, donc : Augmenter les cadences de travail)
- ✓ Flexibilité (une machine peut s'adapter à plusieurs productions)
- ✓ Un S.A peut travailler 24h sur 24h

II.4.2 Les inconvénients :

- ✓ Incidence sur l'emploi (licenciement – chômage : la mise en place d'une machine se substituant à 10 salariés n'aboutit pas à la création de 10 emplois)
- ✓ Coût de maintenance et d'achat des matériels très élevés.

II.5 Les automates programmables industriel (API) :

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués [15].

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés industriels. Un automate programmable est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire.

Il est en général manipulé par un personnel électromécanicien. Le développement de l'industrie à entraîner une augmentation constante des fonctions électroniques présentes dans un automatisme c'est pour ça que l'API s'est substitué aux armoires à relais en raison de sa souplesse dans la mise en œuvre, mais aussi parce que dans les coûts de câblage et de maintenance devenaient trop élevés.

II.6 Historique :

Au début des années 50, les ingénieurs étaient déjà confrontés à des problèmes d'automatismes, les composants de base de l'époque étaient les relais électromagnétiques à un ou plusieurs contacts. Les circuits conçus comportaient des centaines voire des milliers de relais. Le transistor n'était connu que comme un composant d'avenir et les circuits intégrés étaient inconnus.

Vers 1960, les semi-conducteurs (transistors, diodes) sont apparus dans les automatismes sous forme de circuits digitaux. Ce n'est que quelques années plus tard, que l'apparition des circuits intégrés a amorcé une révolution dans la façon de concevoir les automatismes. Ceux-ci étaient très peu encombrants et leur consommation était des plus réduite. On pouvait alors concevoir des fonctions de plus en plus complexes à des coûts toujours décroissants.

C'est à la fin des années 60, GENERAL MOTORS a passé un appel d'offre pour la conception d'un système, pour remplacer les armoires à relais et lui permettre de faire des modifications de cycle de fabrication à moindre coût, plus rapidement, et en conservant une possibilité d'évolution.

La société BEDFORD ASSOCIATES, et plus particulièrement Richard E. MORLEY qui, en créant le concept d'automate programmable, emporta le marché. Richard MORLEY et son équipe, créèrent la société MODICON (MODularDIGitalCONtrol).

Le premier automate fut baptisé Modicon 084 car il concrétisait le 84ème projet de la société, et fut présenté à la fin du 1969. Modicon 084 : 255 E/S, mémoire 4 Ko, programmation LADDER, dimension L 500 x H 1200 x P 340, poids 46 kg.

Les ingénieurs américains ont résolu le problème en créant un nouveau type de produit nommé automates programmables. Ils n'étaient rentables que pour des installations d'une certaine complexité, mais la situation a très vite changé, ce qui a rendu les systèmes câblés obsolètes.

De nombreux modèles d'automates sont aujourd'hui disponibles, depuis les nano automates bien adaptés aux machines et aux installations simples avec un petit nombre d'entrées/sorties,

jusqu'aux automates multifonctions capables de gérer plusieurs milliers d'entrées/sorties et destinés au pilotage de processus complexes [16].



Figure. II-4 : certains types d'automates programmables industriels [49].

II.7 Définition d'un automate programmable :

L'automate programmable industriel A.P.I ou Programmable Logic Controller PLC est un appareil électronique programmable. Il est défini suivant la norme française EN-61131-1, adapté à l'environnement industriel, et réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques. C'est, aujourd'hui, le constituant essentiel des automatismes. On le trouve non seulement dans tous les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services et dans l'agriculture à l'aide d'un langage adapté (Le langage List, Le langage Ladder...etc.) pour le stockage interne des instructions données pour satisfaire un objectif donné. L'automate permet de contrôler, coordonner et d'agir sur l'actionneur par exemple un robot, un bras manipulateur alors on peut dire que l'API est utilisée pour automatiser des processus, la force principale d'un automate programmable industriel API réside dans sa grande capacité de communication avec l'environnement industriel. Outre son unité centrale et son alimentation, il est constitué essentiellement de modules d'entrées/sorties, qui lui servent, d'interface de communication avec le processus industriel de conduite [17].

Il a comme rôles principaux dans un processus[24] :

* D'assurer l'acquisition de l'information fournie par les capteurs.

- * En faire le traitement.
- * Elaborer la commande des actionneurs.
- * Assurer également la communication pour l'échange d'informations avec l'environnement.

II.8 Types d'automates :

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire.

* **De type compact** : on distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider.) des micro-automates. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques...) et recevoir des extensions en nombre limité, ils sont généralement destinés à la commande de petits automatismes [18].



Figure. II-5: Automate compact (OMRON). [50]

* **De type modulaire** : le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks. Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes [18].



Figure. II-6: Automate modulaire (SIEMENS S7-1500). [51]

II.9 Structure d'un automate programmable industriel :

Les API comportent six parties principales :

- Une unité de traitement ou processeur ;
- Une mémoire programme ;
- Une mémoire de données ;
- Une interface d'entrée ;
- Une interface de sortie ;
- Un module d'alimentation.

Ces six parties sont reliées entre elles par des bus (ensemble câblé autorisant le passage de l'information entre ces six secteurs de l'API). Ces six parties réunies forment un ensemble compact appelé automate [19].

II.9.1 Une unité de traitement ou processeur

Le processeur gère l'ensemble des échanges informationnels en assurant [19].:

- La lecture des informations d'entrée ;
- L'exécution des instructions de programme mis en mémoire ;
- La commande ou l'écriture des sorties

II.9.2 Une mémoire programme

La mémoire programme de type RAM contient les instructions à exécuter par le processeur afin de déterminer les ordres à envoyer aux préactionneurs reliés à l'interface de sortie en fonction des informations recueillies par les capteurs reliés à l'interface d'entrée[19].

II.9.3 Une mémoire de données

La mémoire de donnée permet le stockage de :

- De stocker le système d'exploitation dans des ROM ou PROM,
- L'état des sorties élaborées utilisées par le processeur ;
- Les valeurs internes utilisées par le programme (résultats de calculs, états intermédiaires,) ;
- Les états forcés ou non des E/S[19].

II.9.4 Une interface d'entrée :

Il existe deux types de modules d'entrées :

A) Les modules d'entrées TOR (Tout Ou Rien) :

Les modules d'entre TOR permettent à l'unité centrale de l'automate d'effectuer la lecture de l'état logique des capteurs ou celle constituant de dialogue et d'agir sur les actionneurs à travers les pré-actionneurs.

B) Les modules d'entrées analogiques :

Les modules d'entrées analogiques permettent l'acquisition de mesures, ils comportent un ou plusieurs convertisseurs analogique/numériques

II.9.5 Une interface de sortie :

Il existe deux types de modules de sorties :

A) Les modules TOR (Tout Ou Rien) :

Les sortie TOR permettent à l'automate d'agir sur les actionneurs à travers les préactionneurs ou d'envoyer des messages a l'opérateur[19]. .

B) Les modules de sortie analogiques :

Ils émettent un signal analogique qui représente l'état que peut ou doit prendre un actionneur entre deux limites. Ces modules sont munit d'un convertisseur numérique analogique.

II.9.6 Un module d'alimentation

Le module d'alimentation transforme l'énergie externe provenant du réseau en la mettant en forme afin de fournir aux différents modules de l'API les niveaux de tension nécessaires à leur bon fonctionnement.

Plusieurs niveaux de tension peuvent être utilisés par les circuits internes (3v,5v, 12v, 24v...).

Il sera dimensionné en fonction des consommations des différentes parties[19].

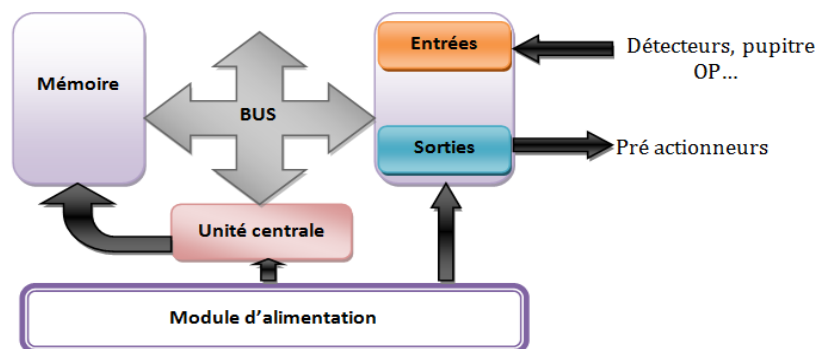


Figure. II-7: Structure interne d'un API. [52]

II.10 Langage de programmation des API :

Chaque automate possède son propre langage. Mais par contre, les constructeurs proposent tous une interface logicielle répondant à la norme CEI 1131-3. Cette norme définit cinq langages de programmation utilisables, qui sont [19]. :

- **GRAFCET (SFC)** : Ce langage de programmation de haut niveau permet la programmation aisée de tous les procédés séquentiels.
- **Schéma blocs (FBD)** : Ce langage permet de programmer graphiquement à l'aide de blocs, représentant des variables, des opérateurs ou des fonctions. Il permet de manipuler tous les types de variables.
- **Schéma à relais (LD)** : Ce langage graphique est essentiellement dédié à la programmation d'équations booléennes.
- **Texte structuré (ST)** : Ce langage est un langage textuel de haut niveau. Il permet la programmation de tout type d'algorithme plus ou moins complexe.
- **Liste d'instructions (IL)** : Ce langage textuel de bas niveau est un langage à une instruction par ligne. Il peut être comparé au langage assembleur.

II.11 Principe de fonctionnement :

Les automates programmables ont un fonctionnement cyclique asynchrone basé sur un cycle de trois étapes successives [19]. :

- **Acquisition des entrées** : dans cette étape, l'automate programmable recopie dans une zone mémoire spécifique l'état de toutes ses entrées. C'est à partir de cette recopie qu'il travaillera par la suite.
- **Traitement du programme** : à partir de l'état d'entrées mémorisé, l'automate programmable exécute le programme qui a été écrit. Il réalise des différents traitements prévus et prépare, dans une zone mémoire spécifique, l'état des différentes sorties.
- **Affectation des sorties** : le traitement étant achevé, l'automate va recopier sur ses sorties physiques les états qui ont été déterminées et mémorisées précédemment.

II.12 Critères de choix d'un automate :

Afin de choisir un type d'automate on doit respecter certains critères importants tels que [19] :

- la capacité de traitement du processeur,
- le nombre d'entrées/sorties,
- la nature des entrées/sorties (numériques, analogiques, booléennes),
- la fiabilité,

- la durée de garantie.

II.13 Description de l'Automate S7-1200 :

Dans notre étude le choix s'est porté sur le PLC SIEMENS S7-1200 de la famille S7. Le contrôleur offre la souplesse et la puissance nécessaires pour commander une large gamme d'appareils afin de répondre à vos besoins en matière d'automatisation. Sa forme compacte, sa configuration souple et son important jeu d'instructions en font une solution idéale pour la commande d'applications très variées [20].

La CPU combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée et de sortie, un PROFINET intégré, des E/S rapides de commande de mouvement, ainsi que des entrées analogiques intégrées dans un boîtier compact en vue de créer un contrôleur puissant.

Une fois que vous avez chargé votre programme, la CPU contient la logique nécessaire au contrôle et à la commande des appareils dans votre application.

La CPU surveille les entrées et modifie les sorties conformément à la logique de votre programme utilisateur, qui peut contenir des instructions booléennes, des instructions de comptage, des instructions de temporisation, des instructions mathématiques complexes ainsi que des commandes pour communiquer avec d'autres appareils intelligents [9].

La CPU fournit un port PROFINET permettant de communiquer par le biais d'un réseau PROFINET. Des modules supplémentaires sont disponibles pour communiquer via les Réseaux PROFIBUS, GPRS, RS485 ou RS232. Pour ce projet, le S7-1200 sera programmé en l'aide du logiciel TIAPORTAL sous Windows.

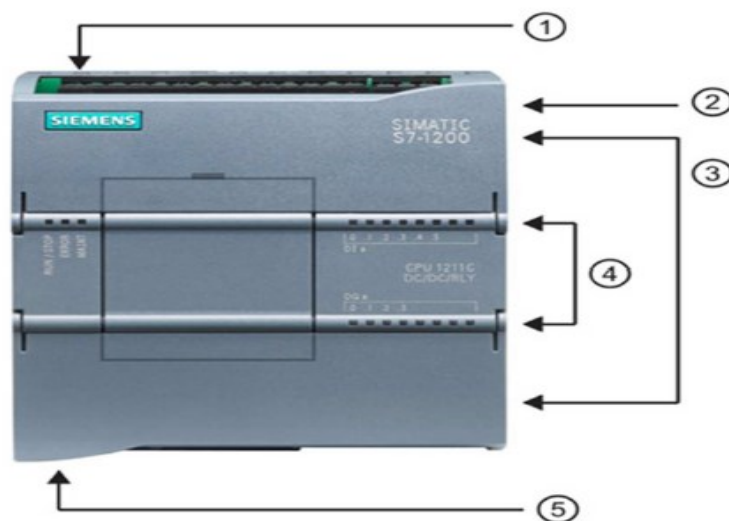


Figure. II-8: Automate programmable S7-1200. [54]

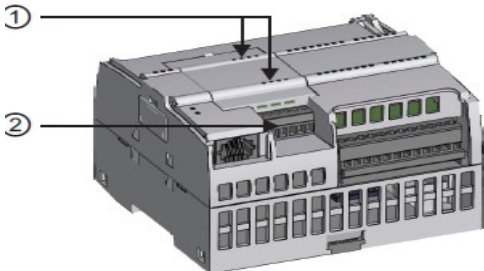
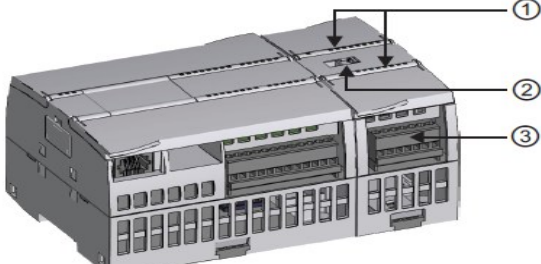
- 1-pirse d'alimentation.
- 2-logement pour carte mémoire sous le volet supérieur.
- 3-connecteurs amovible pour le câblage utilisateur (derrière les volets).
- 4-LED d'état pour les E/S Intégrés.
- 5-connecteurs PROFINET (sur la face inférieure de la CPU).

II.13.2 Constitution de l'automate S7-1200

L'automate S7-1200 est constitué de :

- **Unité centrale (CPU 1214C) :** Avec une alimentation intégrée de 24V et des entrées et sorties numériques intégrées, le CPU du S7-1200 est prêt à l'emploi, sans recours aux composants additionnels. Le CPU combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée et de sortie, un PROFINET intégré, des E/S rapides de commande de mouvement, ainsi que des entrées analogiques intégrées dans un boîtier compact.
- **Module d'alimentation (PS) :** Module de puissance PM (Power Module) avec une entrée AC 120/230V, 50Hz/60Hz, 1.2A/0.7A, et une sortie DC 24V/2.5A.
- **Modules de signal SM (Signal Module) :** Les modules de signaux (SM) servent d'interface entre le processus et l'automate. Il existe des modules d'entrées et des modules de sorties TOR, ainsi que des modules d'entrées et des modules de sorties analogiques.

II.13.2 Possibilités d'extension de la CPU : La gamme S7-1200 offre divers modules et cartes enfichables pour accroître les capacités de la CPU avec des E/S supplémentaires ou d'autres protocoles de communication [21].

Type de module	Description		
La CPU prend en charge une carte d'extension enfichable : -Un Signal Board (SB) fournit des E/S supplémentaires pour votre CPU. Le SB se raccorde à l'avant de la CPU. - Un Communication Board (CB) vous permet d'ajouter un autre port de communication à votre CPU.		①	DEL d'état sur le Signal Board
		②	Connecteur amovible pour le câblage utilisateur
Les modules d'entrées-sorties (SM) permettent d'ajouter des fonctionnalités à la CPU. Les SM se raccordent sur le côté droit de la CPU. -E/S TOR -E/S analogiques -RTD et Thermocouple		①	DEL d'état
		②	Connecteur de bus

		③	Connecteur amovible pour le câblage utilisateur
Les modules de communication ① DEL d'état (CM) et les processeurs de communication (CP) ajoutent des options de communication à la CPU, telles que la connectivité PROFIBUS ou RS232 / RS485 (pour PtP, Modbus ou USS) ou le maître AS-i. Un CP offre la possibilité d'autres types de communication, par exemple la connexion de la CPU par le biais d'un réseau GPRS. - La CPU accepte jusqu'à 3 CM ou CP. - Chaque CM ou CP se raccorde sur le côté gauche de la CPU (ou sur le côté gauche d'un autre CM ou CP)	The image shows a 3D perspective view of an industrial PLC (CPU) unit. It has a grey metal casing. On the left side, there are several slots for modules. Two callout lines with circled numbers point to specific features: ① points to the top edge of the module slots, and ② points to a connector on the front panel of the CPU unit.	①	DEL d'état
		②	Connecteur de communication

Figure. II-9: Possibilités d'extension de la CPU. [19]

II.13.2 caractéristiques techniques : les tableaux suivants représentent les spécifications techniques de la CPU 1214C :

Dimensions	W x H x D	110 x 100 x75 (mm)
Mémoire utilisateur	Mémoire de travail Mémoire de chargement Mémoire rémanente	50Ko 2 Mo 2Ko
E/S intégrés locales	E/S TOR intégrées E/S analogiques intégrées	14 entrées et 10 sorties 2 entrées
Taille de la mémoire	Mémoire images (entrées)	1024 octets

	Mémoire image (sorties)	1024 octets
Mémentos (M)		8192 octets
Module d'entrées-sorties (SM) pour extension		8 modules
Signal Board (SB) ou Communication Board (CB)		1 module
Module de communication (CM) (extension vers la gauche)		3 modules
Compteurs rapides	Total	6 compteurs
	Monophasé	3 à 100 kHz ; 3 à 30 kHz
	Quadrature de phase	à 80 kHz ; 3 à 20 kHz
Sorties d'impulsions		2
Carte mémoire		Carte mémoire SIMATIC
Durée de conservation de l'horloge temps réel		10 jrs typ/6 jrs min à 40°C
PROFINET		1 port de communication Ethernet
Vitesse d'exécution des instructions mathématiques sur réels		18 µs/instruction
Vitesse d'exécution des instructions booléennes		0,1 µs/instruction

Tableau II-1 : Caractéristiques techniques de la CPU [19].

II.14 Totally integrated portal TIA PORTAL V 15 :

La plateforme « Totally Integrated Automation Portal » ou en français « Portail d'automatisation totalement intégré », est le nouvel environnement de travail de Siemens qui permet de mettre en oeuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré comprenant les logiciels SIMATIC STEP 7 V13 et SIMATIC WinCC V15 . [22]

II.14.1 La conception d'un programme avec TIA PORTAL V15 :

La stratégie à suivre pour faire la conception d'un programme en utilisant la plateforme TIA PORTAL V13 est :

- La création d'un nouveau projet ;
- La configuration matérielle ;
- La compilation et le chargement de la configuration ;
- La création de la table des mnémoniques ;
- L'élaboration du programme ;
- La simulation avec le logiciel ;
- La visualisation d'état du programme (le test).

II.14.2 Présentation des différentes opérations utilisables en TIA PORTAL:

Le logiciel TIA portal dispose de plusieurs opérations qui sont utiles à la programmation. Ces opérations peuvent être illustrées en suivant :

- ✓ Opérations sur blocs
- ✓ Opérations logiques
- ✓ Opérations arithmétiques
- ✓ Opérations de conversions
- ✓ Opérations de comptages
- ✓ Opérations de saut
- ✓ Opérations de transfert
- ✓ Opérations sur bits
- ✓ Opérations de comparaisons [22].

II.14.3 Types de variable utilisées en TIA PORTAL :

Il existe plusieurs types de variables distinctes dans le step7, ces variables sont déclarées préalablement avant chaque début de programme. Le tableau suivant réunit ces différentes variables[23] :

TYPE	TAILLE
Bool	1 bit
Real	32 bit
Int	16 bit
Byte	8 bit
Word	16 bit
DWord	32 bit
DInt	32 bit
Char	8 bit
Time	32 bit
S5Time	16 bit
Date	16 bit
Time of day	32 bit

Tableau II-2 : Types de variables utilisées en TIA PORTAL[19] .

II.14.4 Vue du portail et vue du projet :

Lorsqu'on lance TIA Portal, l'environnement de travail se décompose en deux types de vue :

- ❖ La vue du portail : elle est axée sur les tâches à exécuter et sa prise en main est très rapide.
- ❖ La vue du projet : elle comporte une arborescence avec les différents éléments du projet, les éditeurs requis s'ouvrent en fonction des tâches à réaliser : données, paramètres et éditeurs. Ils peuvent être visualisés dans une seule et même vue.

II.14.4.1 Vue du portail :

Chaque portail permet de traiter une catégorie de tâche (actions), la fenêtre affiche la liste

des actions pouvant être réalisées pour la tâche sélectionnée, la figure ci-dessous représente une vue du portail.

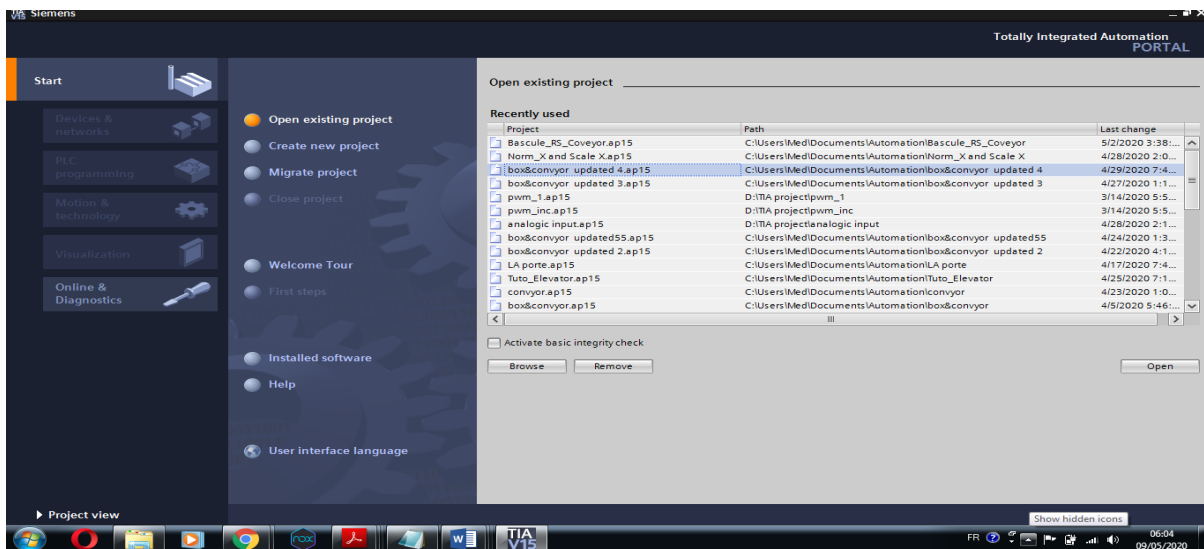
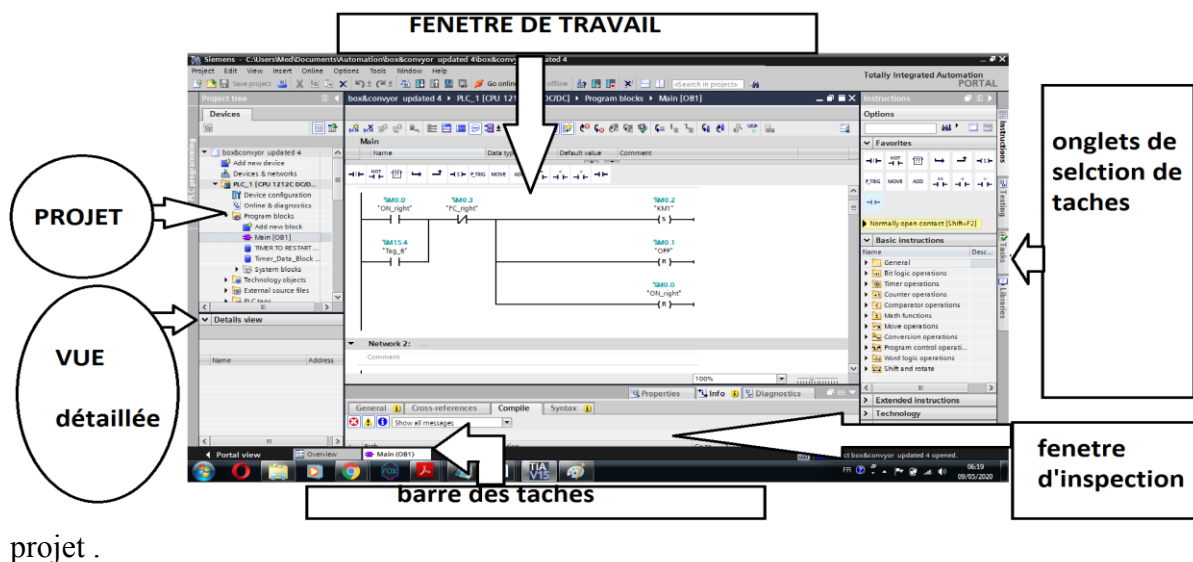


Figure. II-10: Vue du portail.

II.14.4.2 Vue du projet :

L'élément « Projet » contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en oeuvre la solution d'automatisation souhaitée, la figure ci-dessous représente la vue du



projet .

Figure. II-11: vue du projet

II.14.5 Configuration et paramétrage du matériel :

Pour configurer la station de travail suivons ces étapes :

- définir le matériel existant, on peut passer par la vue du projet et cliquer sur « ajouter un appareil » dans le navigateur du projet.
- Lorsque la liste des éléments apparaît que l'on peut ajouter apparaît (API, HMI,

système PC). On commencera par faire le choix de notre CPU pour ensuite venir ajouter les modules complémentaires (alimentation, E/S TOR ou analogiques, module de communication AS-i,...).

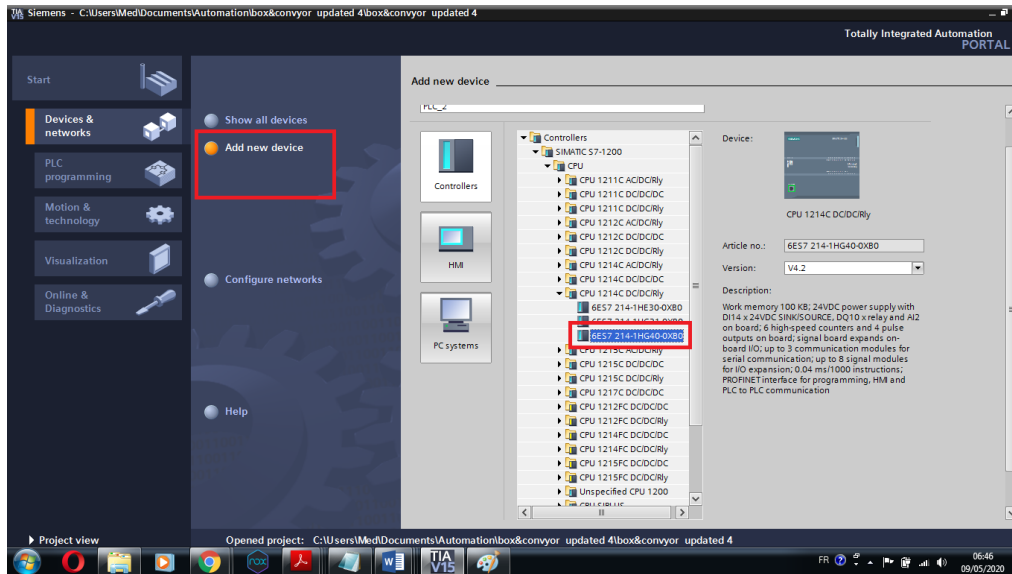


Figure II.12 : Ajout d'un appareil.

II 14.5.1 Adressage des E/S :

Pour connaître l'adressage des entrées et sorties présentes dans la configuration matériel, il suffit d'aller dans « **appareil et réseau** » dans le navigateur du projet, dans la fenêtre de travail, on doit s'assurer d'être dans l'onglet « **Vue des appareils** », de sélectionner l'appareil voulu, la figure ci-dessous est une représentation des adressages des Entrée / Sortie [15].

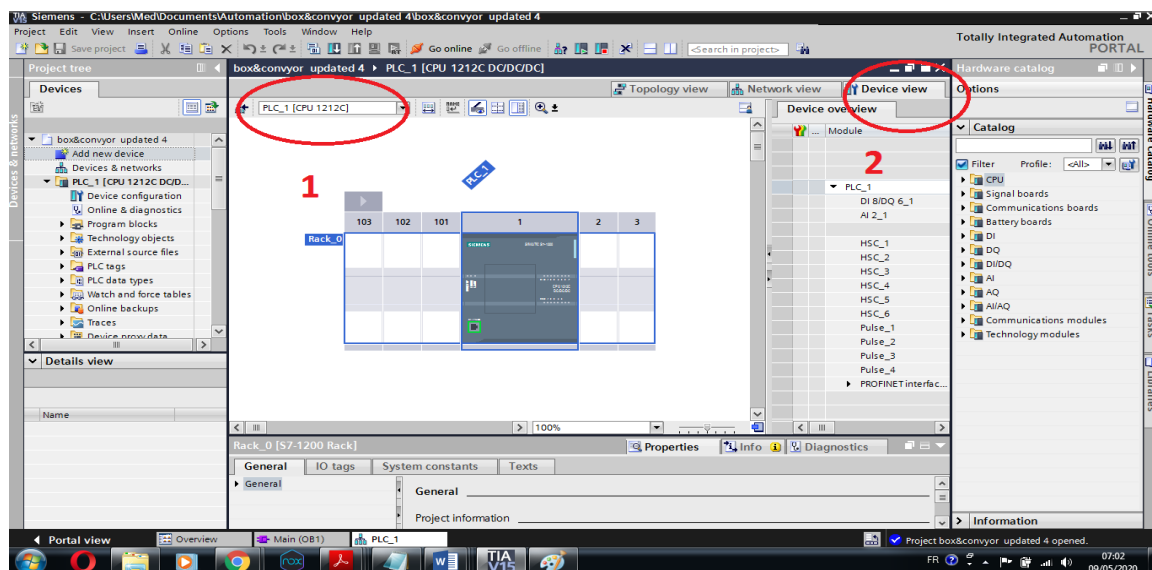


Figure II.13 : Adressage des E/S .

II.14.5.2 Adresse Ethernet de la CPU

Pour définir l'adresse Ethernet, procéderons comme suit:

"Propriétés> Général> Interface PROFINET> Adresses Ethernet> Adresse IP: 192.168.0.1 et Masq. S / res. : 255.255 .255.0".

Pour établir une liaison entre la CPU et la console de programmation, il faut affecter aux deux appareils des adresses appartenant au même réseau.

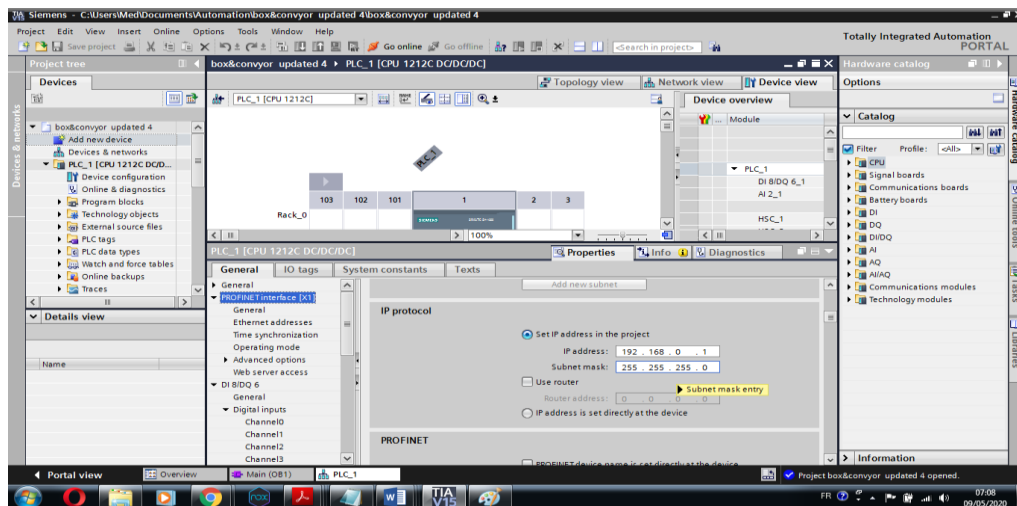


Figure II.14 : Adresse Ethernet de la CPU.

II.14.6. Implantation du programme :

Après la configuration matérielle, on écrit notre programme en choisissant l'un de ces langages : LADDER ou CONT, LOG, SCL, LIST. On passera à choisir le bloc qui va contenir le programme, il y a quatre blocs.

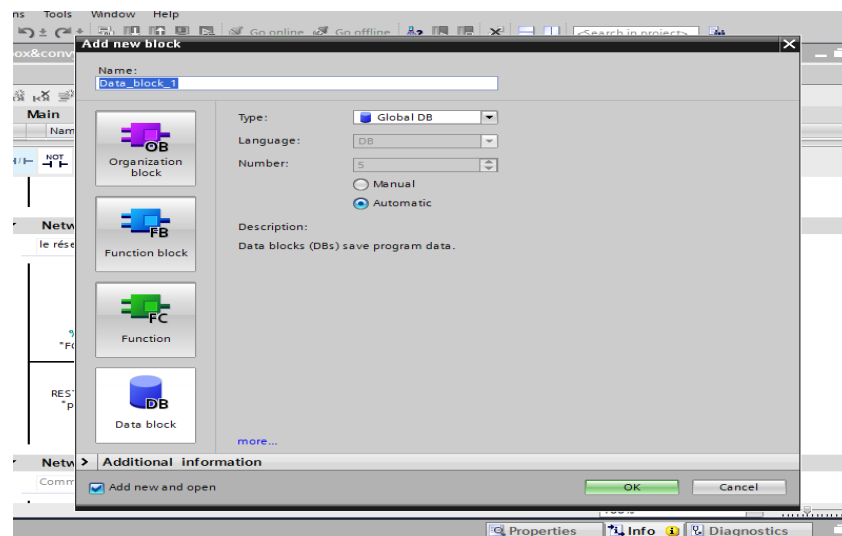


Figure II.15 Blocs du programme.

OB : Les blocs d'organisation (OB) commandent le traitement du programme. Il est possible par l'intermédiaire des OB de réagir aux événements cycliques, temporisés ou déclenchés par alarme durant l'exécution du programme.

FB : Les blocs fonctionnels sont des blocs de code qui sauvegardent en permanence leurs valeurs dans des blocs de données d'instance afin qu'il soit possible d'y accéder même après le traitement du bloc.

FC : Les fonctions sont des blocs de code sans mémoire.

DB : Les blocs de données (DB) servent à sauvegarder les données du programme

II.15 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté en générale les automates programmables industriels, et on a vu une description de l'automate programmable S7-1200, en suite nous avons présenté le logiciel de programmation SIMATIC TIA PORTAL.

Dans le chapitre suivant, on présentera l'interface de supervision HMI en détaille.

Chapitre III

LA SUPERVISION INDUSTRIELLE HMI

III.1. Introduction :

Un des principaux objectifs dans le domaine industriel est l'optimisation du temps de fonctionnement des processus de production. La supervision efficace des processus constitue une partie de la solution pour augmenter ce temps de fonctionnement. Le système de supervision permet aux opérateurs de résoudre le problème rapidement, le temps de redémarrage s'en trouve alors réduit, et le temps d'opération optimisé.

Cependant, la supervision de processus complexes implique l'acquisition, la gestion, et la visualisation d'une grande quantité d'informations.

Dans ce chapitre on donne un aperçu sur l'état de l'art de la supervision et de sa nécessité dans les systèmes industriels et aussi on introduit quelques définitions utiles dans le domaine de la supervision et du diagnostic.

L'ensemble PLC/HMI (Interface Homme Machine) forme ce qu'on appelle le SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Bien entendu, le SCADA peut comporter plusieurs PLCs qui sont extensibles en plusieurs modules d'entrées/sorties. Il présente une souplesse et une adaptabilité dans son installation puisque les fonctions logiques sont toutes rassemblées en un seul programme qui peut être aisément modifié.

II.2 Définitions de la supervision

La supervision est une technique industrielle de suivi et de pilotage informatique de procédés de fabrication automatisé. Elle concerne l'acquisition de données (mesure, alarmes, retour d'état de fonctionnement) et des paramètres de commande des processus généralement confiés à des automates programmables [25].

La supervision est d'un niveau supérieur et qui superpose à la boucle de commande, elle assure les conditions d'opérations pour les quelles les algorithmes d'estimation et de commande ont été conçus. Parmi les tâches principales de la supervision se trouve la surveillance, l'aide à la décision, le diagnostic et la détection [26].

Elle joue des rôles différents selon que l'on est en fonctionnement normal ou anormal de l'exécution:

- Dans le cas de fonctionnement normal, elle prend les dernières décisions en temps réel correspondant aux degrés de liberté exigés par la flexibilité décisionnelle.
- Dans le cas de fonctionnement anormal, comme l'apparition d'une défaillance, elle prend les décisions nécessaires pour assurer le retour vers un fonctionnement normal.

La supervision permet de visualiser en temps réel l'état d'évolution d'une installation automatisée, afin que l'opérateur puisse prendre, le plus vite possible, les décisions permettant d'atteindre les objectifs de production [27].



Figure III -1 : Poste de pilotage d'une supervision [55]

III.3 Les différents outils de supervision dans l'industrie :

Le système de supervision industrielle est développé différents outils on a cité [28] :



Figure III -2 : Quelques superviseurs commerciaux [56].

III.4 Principale fonctionnalités des outils de supervision :

Actuellement, les outils de supervision sont utilisés par la plupart des industries manufacturières pour leurs fonctions intégrées dont les principales sont : la gestion d'une base de données temps réel, la communication, Historisation du procédé, le gestionnaire d'alarmes, la fonction vue synoptique et courbe[29].

A. Gestion d'une base de données temps réel : Cette fonction est la fonction essentielle d'un superviseur. Cette base de données doit être gérée en temps réel sur toutes les données de différentes natures requises. Ces données peuvent être liées directement à des équipements physiques, aux résultats d'un module de calculer dans le superviseur [29].

B. Communication : Cette fonction est une fonction fondamentale notamment pour les industries automatisées et difficile à réaliser, car les communications sont multiples.

- Local au poste de supervision.
- Externe avec les équipements industriels.
- Communication avec la base de données.
- Entre différents composants de la supervision [30].

C. Historisation du procédé [30] :

- Permet la sauvegarde périodique de grandeurs et d'événements horodatés.
- Fournit les outils de recherche dans les données archivées.
- Fournit la possibilité de refaire fonctionner le synoptique avec les données archivées.

D. Alarme [30] :

- Calcule en temps réel les conditions de déclenchement des alarmes
- Affiche l'ensemble des alarmes selon des règles de priorité
- Donne les outils de gestion depuis la prise en compte jusqu'à la résolution complète.
- Assure l'enregistrement de toutes les étapes de traitement de l'alarme

E. Synoptique : Fonction essentielle de la supervision, fournit une représentation synoptique, dynamique et instantanée de l'ensemble des moyens de production de l'unité

F. Courbes [15] :

- Donne une représentation graphique de différentes données du processus.
- Donne les outils d'analyse des variables historiées.

III.5 Technique de la supervision :

Pour concevoir un système de supervision on a besoin de maîtriser les techniques suivantes [31].

1) Acquisition de données

Acquisition de données est la première étape de la supervision, tel que, elle consiste à recueillir, à valider et à assurer l'acheminement des informations sur l'état du système jusqu'au poste de pilotage, cette tâche est exécutée sans interruption et à chaque instant, ces opérations impliquent l'utilisation des capteurs permettant de mesurer les différentes variables du processus. [31].

2) Surveillance

La surveillance utilise les données provenant du système pour représenter l'état de fonctionnement puis en détecter les évolutions. La surveillance intervient en phase d'exploitation bien qu'elle soit prise en compte dès la phase de conception .

Nous distinguons, deux types de surveillance : la surveillance de la commande et la surveillance du système opérant.

□□ Surveillance de la commande : Basée sur la notion de filtre de commande, elle permet de vérifier que les ordres émis sont conformes à l'état de la partie opérative.

□□ Surveillance du système opérant : Elle a en charge la surveillance des défaillances du procédé qui situe, dans le cadre de la sûreté de fonctionnement.

La deuxième étape permet l'identification des causes premières des défaillances ainsi que l'analyse de leurs conséquences.

3) Diagnostic

Cette étape consiste à partir des défauts détectés, de localiser l'élément défaillant et d'identifier la cause qui a provoqué ce défaut

4) Aide à la décision

L'aide à la décision consiste à aider l'opérateur à prendre la bonne décision devant toute situation, et cela en proposant une liste d'actions qui pourraient restaurer les grandeurs optimales du système.

5) Maintenance

La maintenance est l'étape qui intervient généralement après l'étape de prise de décision elle consiste à maintenir ou à restaurer les performances des composants ou du système d'une façon globale, pour l'accomplissement de sa tâche requise,

III.6 Description générale de SIMATIC HMI :

La gamme de panneaux SIMATIC offre la bonne solution pour chaque application, du simple panneau de clavier aux interfaces opérateur mobiles et stationnaires, en passant par un polyvalent performant - des options d'interface robustes, compactes et multiples.

Des écrans d'affichage brillants et un fonctionnement ergonomique sans erreur avec un clavier ou une interface opérateur à écran tactile offrent une valeur ajoutée

Les panneaux SIMATIC HMI ont fait leurs preuves dans les applications les plus diverses de tous les secteurs depuis des années. Ils se caractérisent non seulement par une conception innovante et des performances élevées, mais comme point fort unique, ils peuvent être configurés via SIMATIC WinCC dans TIA Portal. Les utilisateurs peuvent ainsi bénéficier d'une efficacité d'ingénierie sans précédent.

La fonctionnalité du matériel est identique sur toute la gamme d'appareils. Sélectionnez simplement la taille d'affichage optimale pour votre application et choisissez entre l'opération via l'écran tactile et / ou les touches. Comme le logiciel est évolutif, vous pouvez commencer avec une petite solution et l'étendre à tout moment si nécessaire, par exemple en augmentant le nombre de balises ou de variables. [32]

III.6.1 Les différents modèles de la famille SIMATIC IHM :

- **SIMATIC HMI Comfort Panels:** le premier choix pour les applications exigeantes
- **SIMATIC HMI Basic Panels:** fonctions de base pour les applications IHM simples
- **Panneaux mobiles SIMATIC HMI:** puissance et sécurité entre vos mains
- **SIMATIC HMI Key Panels:** pupitres opérateur innovants mise en service rapide détection d'état intuitive mise en réseau facile[33]



Figure III -3: KP400 Comfort [57].



Figure III -4 : KP900 Comfort[58].



Figure III -5 : TP1500 Comfort [59].



Figure III-6 :TP220Comfortpanel[60]

III.6.2 Choix de l'Interface Homme-Machine(IHM) :

Nous avons choisi le pupitre KTP 700 BASIC de la famille SIEMENS. Ce terminal d'exploitation (Interface Homme Machine) offre une facilité, une souplesse et surtout des fonctionnalités avancées. La mise en œuvre de cette interface de supervision nécessite le développement des programmes en utilisant des outils de programmations tel que TIA PORTAL.

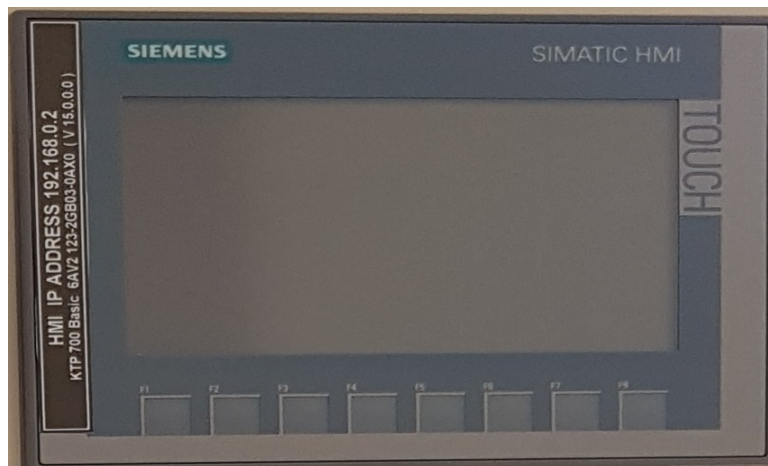


Figure III -7 L'interface de supervision KTP700 Basic.

III.6.3 Présentation générale du produit :

La nouvelle génération HMI, économique, répond à la tendance de la visualisation haut de gamme, y compris sur des machines et installations de petites dimensions.

Avec la 2ème génération des Basic Panels SIMATIC HMI, Siemens remplit les exigences de l'utilisateur par rapport à une visualisation et une commande haut de gamme, y compris pour les machines et installations de petite et moyenne taille.

La connectivité également, via l'interface PROFINET ou PROFIBUS, au choix, et le port USB a pu être largement améliorée.

La configuration et la commande des nouveaux panels sont plus simples grâce à la programmation facilitée par la nouvelle version logicielle de WinCC dans le portail TIA [34]. La figure suivante montre la structure des appareils PROFINET à l'aide de l'exemple du KTP700 Basic :

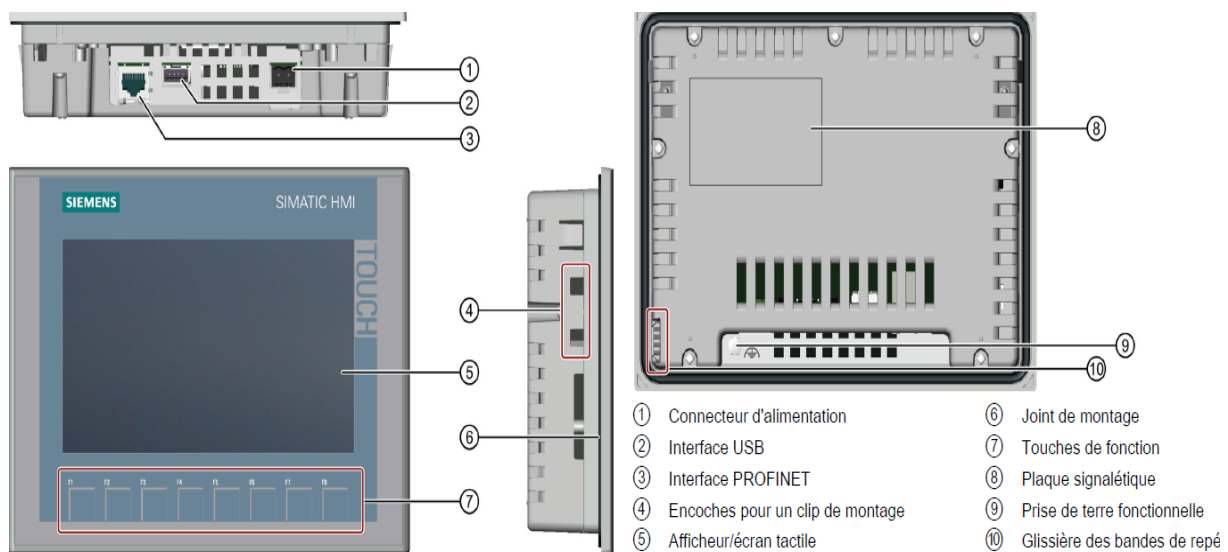


Figure III -8 la structure des appareils PROFINET KTP700 Basic[61].

Comme il existe une autre structure KTP700 Basic DP PROFIBUS techniquement presque c'est la même configuration sauf qu'il y'a une Interface RS 422/RS 485 pour l'usage dédié.

III.6.4Caractéristiques du SIMATIC HMI KTP700 BASIC :

Caractéristiques techniques	KTP 700 BASIC
Poids	env. 780 g
Ecran	Type : LCD TFT Zone d'affichage active : 154,1 x 85,9 mm (7") Résolution : 800 x 480 pixels Couleurs pouvant être représentées : 16 bits (65536 couleurs) Réglage de la luminosité : Oui Rétro-éclairage : LED Half Brightness Life Time (MTBF 1) :20.000 h
Unité de saisie	Type : Ecran tactile analogique résistif Touches de fonction :4

Référence fabricant	Bandes de repérage : oui 6AV2123-2GA03-0AX0
Mémoire	Mémoire de données :256 MB Mémoire du programme :512 MB
Interfaces	1 x RS 422/RS 485 ----- 1 x Ethernet RJ45 :10/100 Mbit/s USB 2.0: oui
Divers	Horloge temps réel sauvegardée 1, synchronisable : oui Signalisation sonore : oui
Tension de fonctionnement	24 V / DC
Tension de fonctionnement (Plage)	19,2 - 28,8 V / CC
Tension de fonctionnement max	28,8 V / CC
Degré de protection	IP65 (avant) / IP20 (arrière)

Tableau III-1 : Caractéristiques techniques du KTP700 HMI [35].

III.6.5 Réalisation de la supervision :

III.6.5.1 Choix du pupitre et de l'automate :

Pour notre projet, le choix est porté sur le panel KTP700Basic PN avec l'automate s7-1200

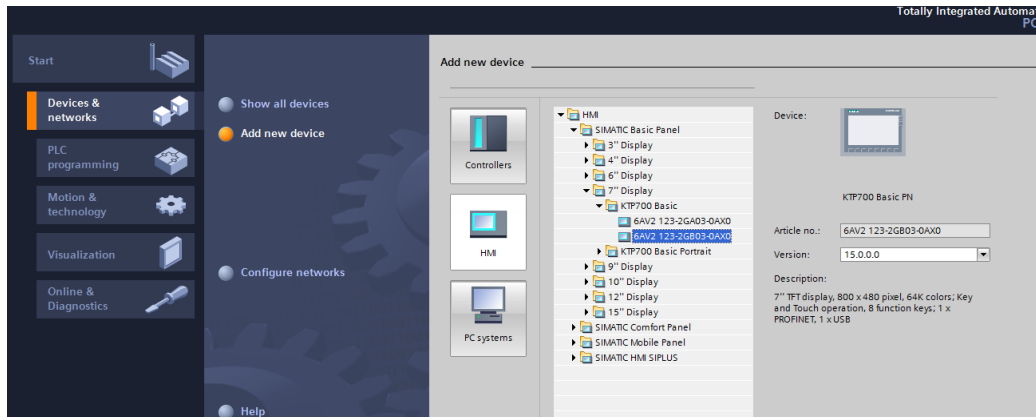


Figure III -9 Choix du pupitre KTP700 Basic.

III.6.5.2 Etablir une liaison directe

La première chose à effectuer est de créer une liaison directe entre l'HMI et le S7-1200

La configuration de nos appareils fait que notre liaison est du mode PROFINET

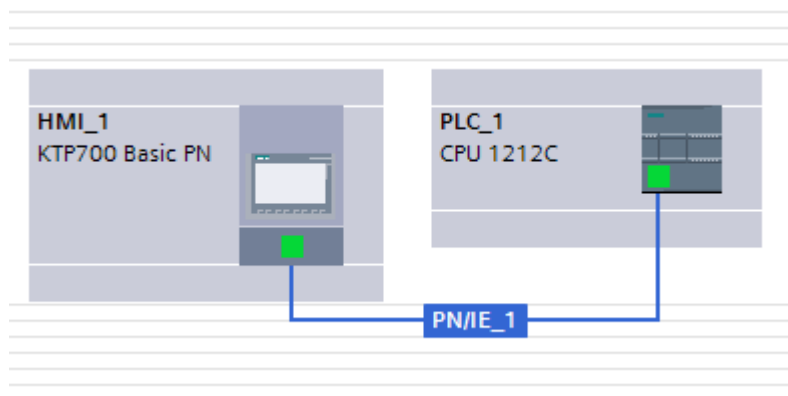


Figure III – 10 Création d'une liaison.

III.6.5.2 Création de la table des variables

Maintenant que la liaison entre notre projet TIA PORTAL et l'automate S7-300 est établie, il nous est possible d'accéder à toutes les zones mémoires de l'automate qui peuvent être des mémoires : entrée/sortie, memento, bloc de données.

Les variables permettent de communiquer, et d'échanger des données entre IHM et les machines , et ça ce qu'on va voir en détail dans la phase automatisé.

III.6.5.3 Configuration des vues via TIA PORTAL :

Pour la configuration des vues, nous disposons de fonctions conviviales telles que l'agrandissement/réduction, la rotation et l'orientation. Le WinCC flexible nous offre la possibilité d'adapter l'environnement de travail à nos besoins. Lors de l'ingénierie, un environnement contextuel, adapté à la tâche de configuration considérée, s'affiche sur l'écran de l'ordinateur de configuration. Nous trouverons tous ce que nous avons besoin pour travailler avec le maximum de confort :

- *La fenêtre de projet* : pour la représentation de la structure du projet et sa gestion ;
- *La boîte à outils* : avec différents objets et l'accès à la bibliothèque des objets ;
- *La fenêtre d'objets* : permettant la sélection d'objets déjà créés (et leur copie dans l'image par glisser-lâcher) ;
- *La zone de travail* : dans laquelle il est possible de créer des vues (graphiques et animations) ;
- *La fenêtre des propriétés* : pour le paramétrage des objets dans la zone de travail. Pour l'animation d'objet, une configuration est appliquée dans la fenêtre d'objet qui est composée de quatre éléments : <<Générale, Propriétés, Animation, Evénement>>.

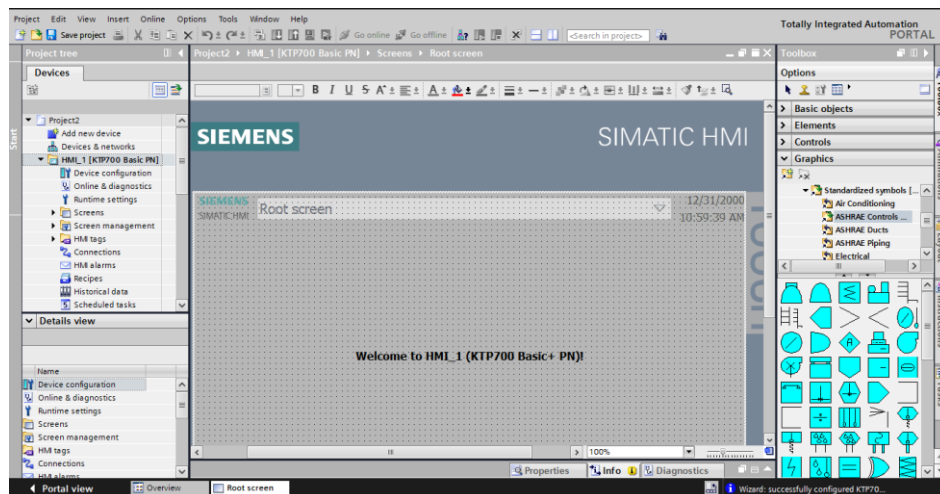


Figure III – 11 Création d'une vue

III.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit l'architecture et la création d'une IHM qui permet de visualiser en temps réel l'évolution de l'état d'un système automatisé, pour que l'opérateur puisse surveiller et maintenir le système dans ce point de fonctionnement optimale.

La supervision joue un très grand rôle dans la sécurité du personnel ainsi que sur l'environnement, et ce, en détectent la moindre dégradation qui pourrait affecter le bon fonctionnement du système dans le prochain chapitre nous allons aborder la partie automatisation de notre projet.

Chapitre IV
PARTIE PRATIQUE

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous présenterons les différentes étapes de la construction et de la commande de notre prototype de trie de couleur composé d'un bras manipulateur construit dans le laboratoire capable de se déplacer pour trier des objets colorés contrôlé par un automate programmable s7 1200 pour accomplir cette tâche d'une façon entièrement autonome.

IV .2 cahier de charge :

Notre cahier de charge a pour objectif de concevoir un système pour trie des pièces par couleur (bleu, rouge et vert). L' objet coloré est placé près d'un capteur de couleur qui détecte sa couleur et un bras manipulateur prend ensuite la pièce et la place dans un récipient de même couleur. Les étapes de trie sont :

1. On appuie sur le bouton marche le robot retourne à sa position initiale en cas (d'arrêt imprévu dans une autre position le robot doit retourner pour commencer une nouvelle tâche).
2. L 'automate détecte la couleur de l'objet présent devant lui par le biais du capteur de couleur et ordonne le bras robot pour se déplacer et le mettre dans le récipient de même couleur.
3. L 'automate déplace le bras robot à sa position initiale pour exécuter une autre tâche.

IV.3 Description du système :

Comme le montre la figure ci-dessous le système est complètement automatisé pour le tri de couleur, il est constitué de :

- ✓ un capteur de couleur TCS3200,
- ✓ un bras robot qui possède quatre degrés de libertés de rotation,
- ✓ un API s7 1200
- ✓ une interface HMI de supervision KTP700 Basic,
- ✓ une interface entre le capteur de capteur et l'automate
- ✓ une interface entre les servos moteurs et l'automate.

La réalisation du projet sera devisée en trois phases:

Phase de construction

- ✓ la construction du bras manipulateur,
- ✓ réalisation des interfaces.

Phase de programmation

- ✓ réalisation du programme de l'automate S71200,

- ✓ réalisation du programme de la supervision.

Phase finale

- ✓ étape finale pour les tests.

Nous allons commencer par la construction du bras manipulateur.

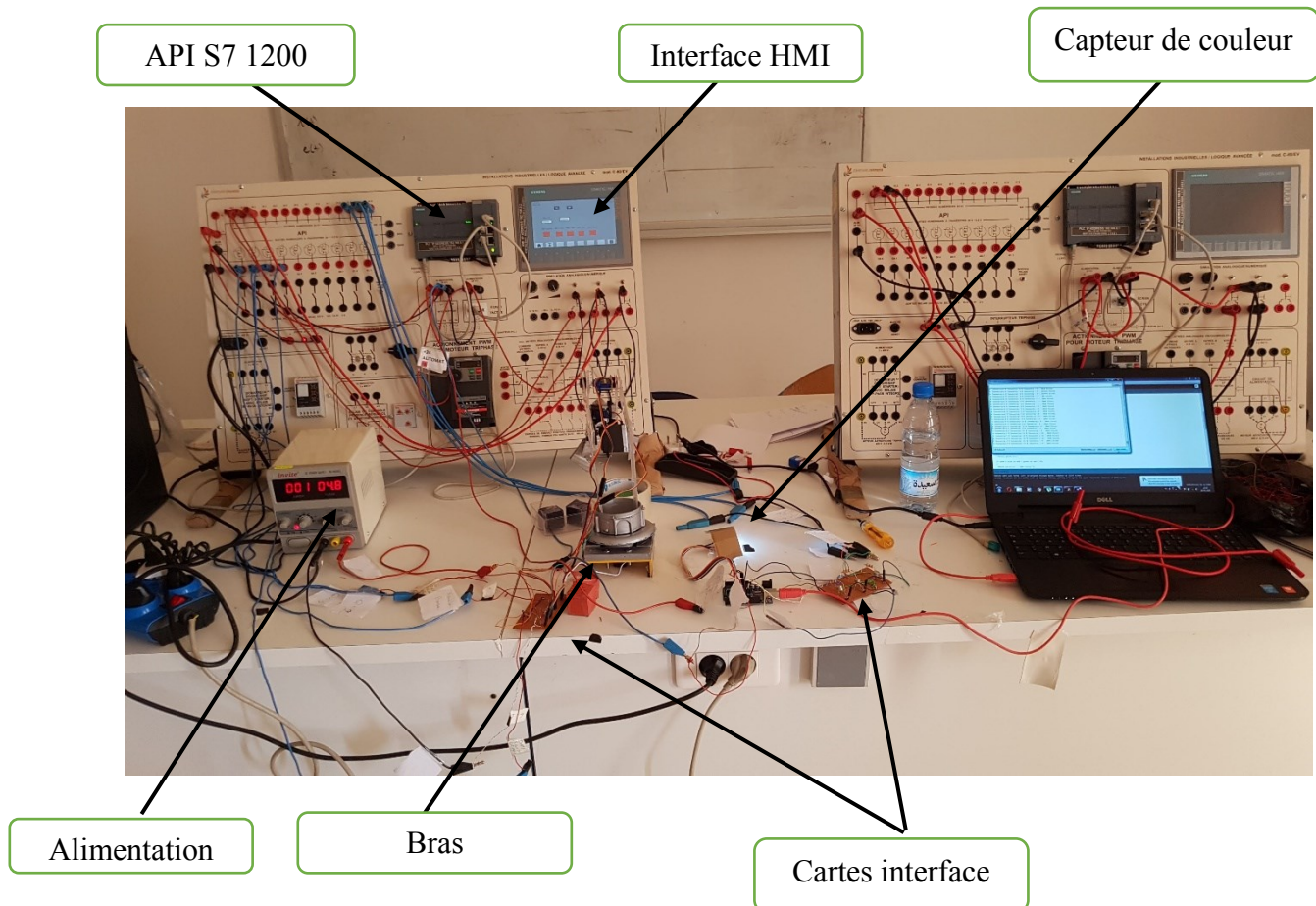


Figure IV -1 Description du système.

Phase de construction

IV.4 Construction du bras manipulateur : Les matériaux utilisés dans la construction sont en plexiglass, du plastique et du bois, la construction du bras se fait en plusieurs étapes, la première étape est la construction de la base.

IV.4.1 Construction de la base :

Pour avoir une stabilité la base a été fabriquée en plastique et du bois comme le montre la figure 4.2, le plastique en jaune est coupé sous forme de rectangle pour placé le servo moteur au milieu, ensuite avec quatre morceaux de bois placé au tour du plastique jaune pour éviter le

jeu et les vibrations et garder le robot dans une bonne posture, et grâce à un bouchon de tuyau pvc et deux couvercles de boîte nous avons pu compléter la base

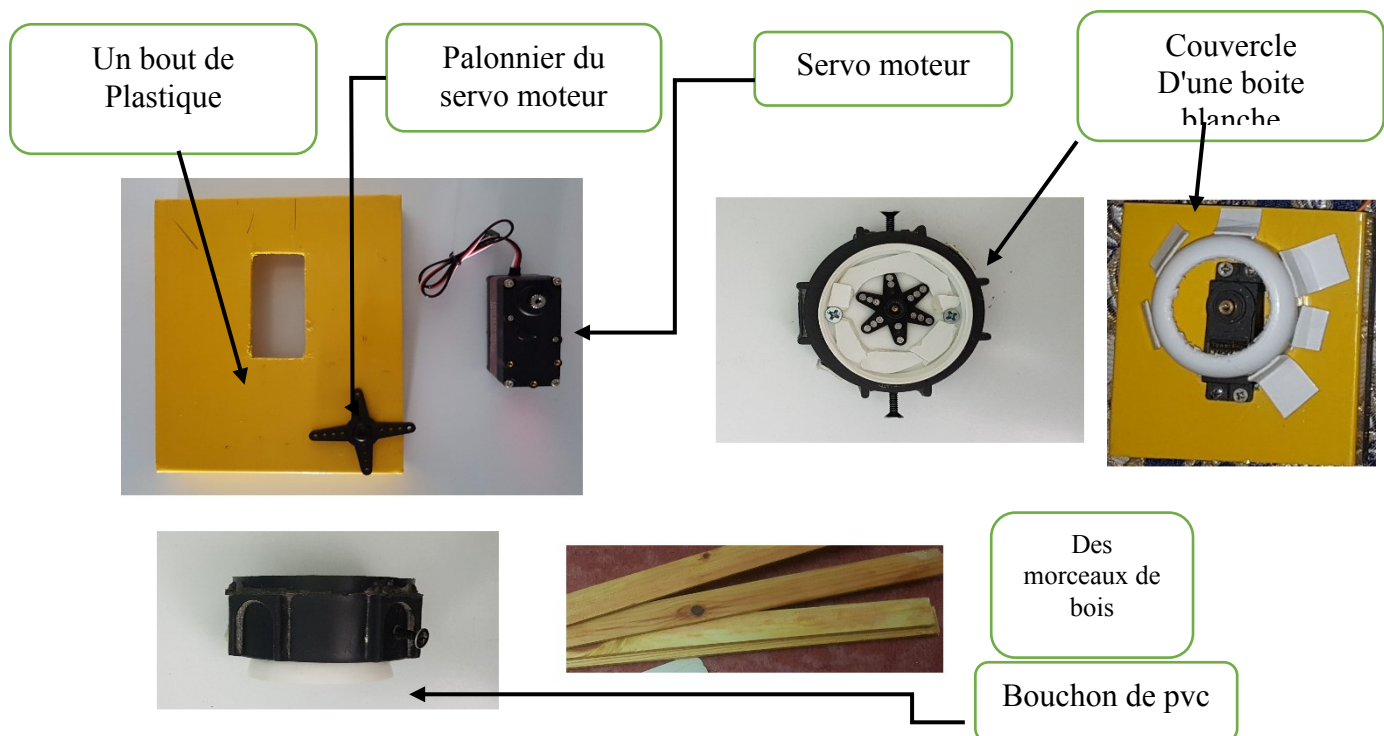


Figure IV -2 les éléments utilisés pour construire la base.

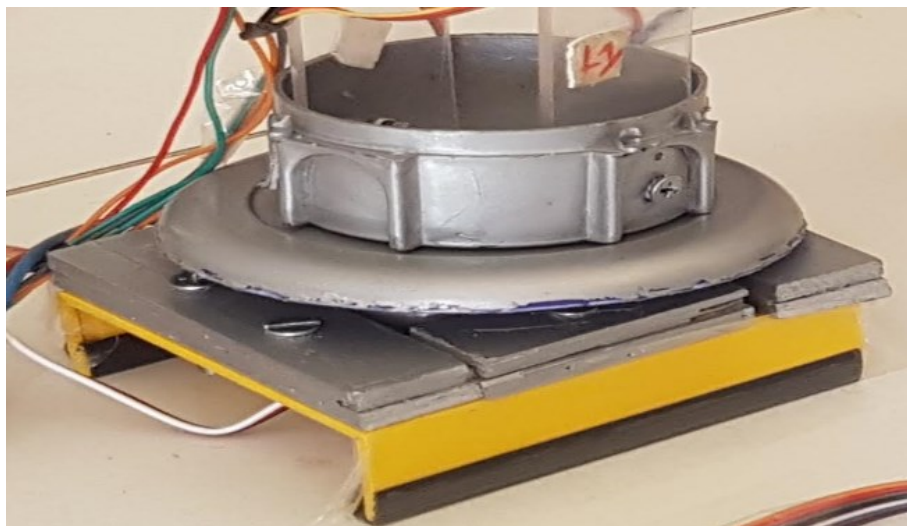


Figure IV -3 la base après l'assemblage.

Les autres axes à construire du bras robot sont l'épaule (shoulder), le coude (elbow) l'axe qui porte le pince (end effector) ou bien gripper.

IV.4.2 l'épaule et le coude du bras :

Après avoir définie les diamètres de chaque des trois axes nous avons découpés la grande pièce du plexiglass en 3 morceau et chacune de ces pièces avec une réplique identique pour réaliser un seul axe, une fois terminer avec cette étape il faut percer des trous pour placer les axes et les Palonniers de chaque servo moteurs.

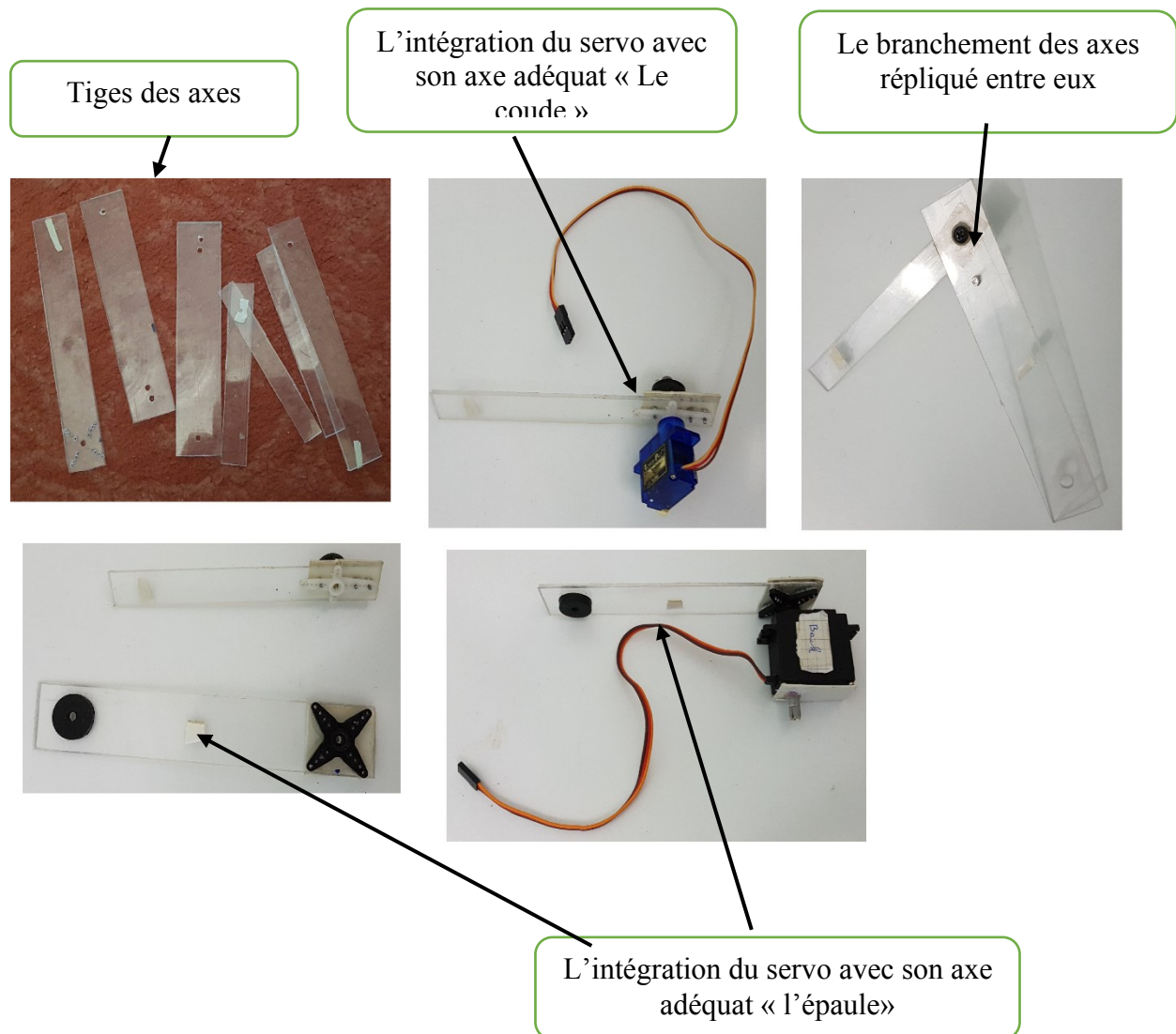


Figure IV -4 la construction de l'épaule le coude du bras du robot.

Pour que le robot puisse attraper trier.... un objet, ou une pièce il a besoin d'une main ou un pince appeler aussi organe terminal, le paragraphe suivant décrit comment on a créé le « gripper » avec des matériaux très léger pour gagner du poids.

IV.4.3 l'organe terminale « gripper » :

Afin de fournir un mécanisme meilleur pour ramasser des objets, nous avons utilisé du carton pour réaliser cet organe terminal comme le montre la figure ci-dessous la forme du carton a été conçue pour s'adapter à toute type d'objet, et en utilisant un petit bout de bois sous forme de "L" et en l'attachant avec quelques centimètres de l'étain de soudure pour l'utiliser avec le servo moteur, pour éjecter afin d'obtenir un mécanisme qui ouvre et ferme le gripper automatiquement.

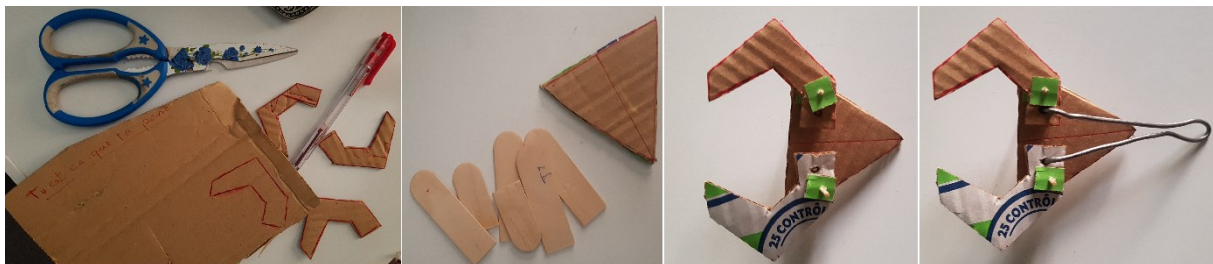


Figure IV -5 Les retapes de construction du gripper

Un petit test du gripper avec la carte arduino avant le placé dans le robot.

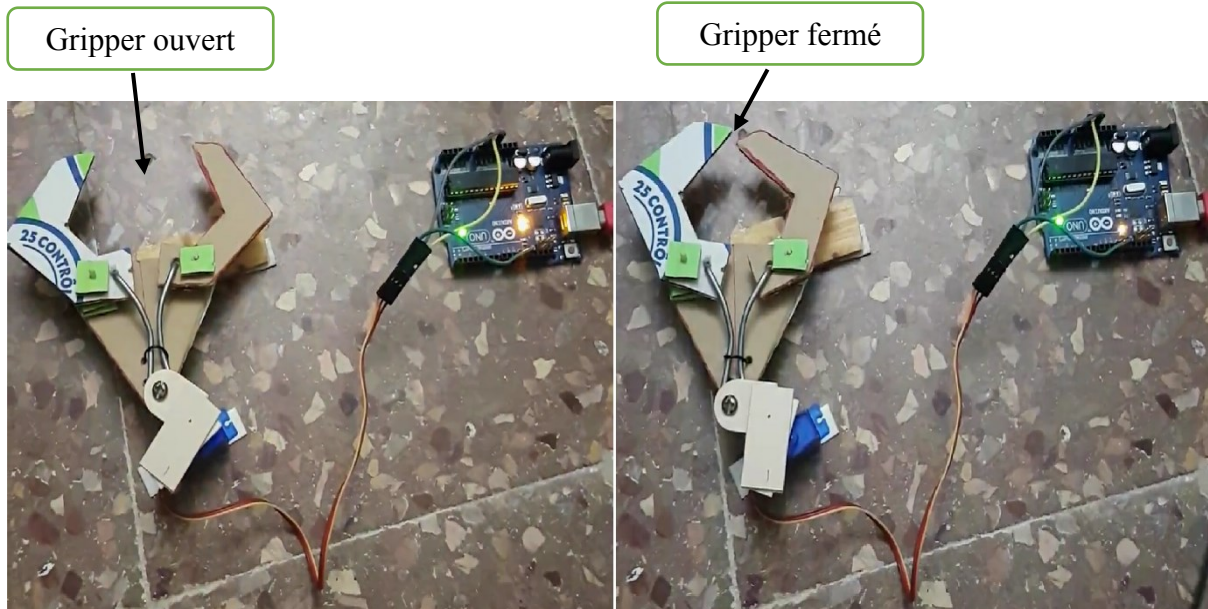


Figure IV -6 Test du gripper

Une fois nous avons terminé avec le montage des axes et la construction de la base il vient le rôle maintenant de fixer les servo moteurs à l'aide de vis et d'écrou pour finir la réalisation du prototype comme le montre la photo de la figure 4.7.

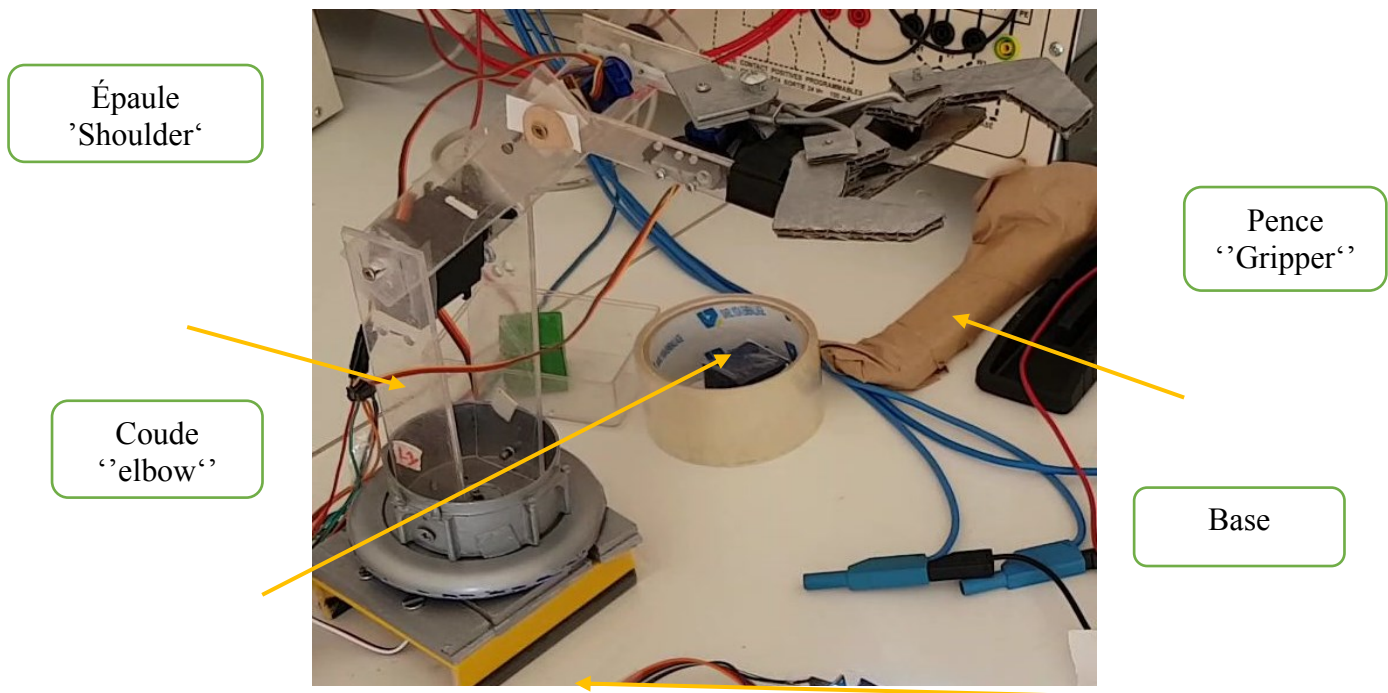


Figure IV -7 Bras robot après assemblage

IV 5 Types de moteur utilisé :

Les quatre articulations du prototype sont assurées par actionneurs basés sur des servomoteurs. En général le terme servomécanisme désigne un système comprenant tous les éléments nécessaires lui permettant de générer la réponse désirée à une commande externe.

Un servomoteur est constitué d'un moteur à courant continu et de toute l'électronique réalisant une boucle fermée pour un control adéquat de l'angle de rotation de l'axe du moteur[6].

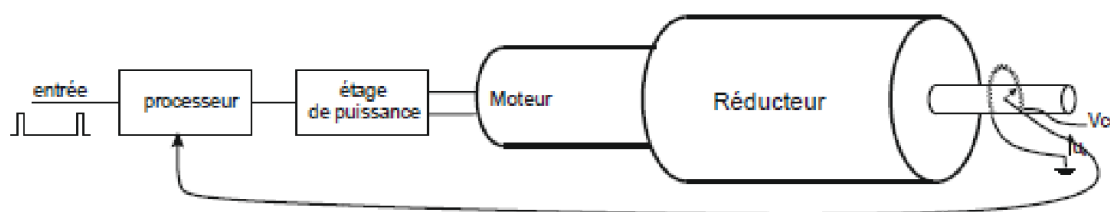


Figure IV -8 Principe de fonctionnement d'un servo moteur [6].

Le signal de commande est donné sous forme d'impulsions de largeur variable, correspondant à l'angle de rotation désiré. Afin de maintenir une position donnée le signal doit être

périodique avec une fréquence entre 50 Hz (une période de 20 ms). La figure 4.9 donne des exemples de signaux pour 3 positions de l'axe de rotation. [6]

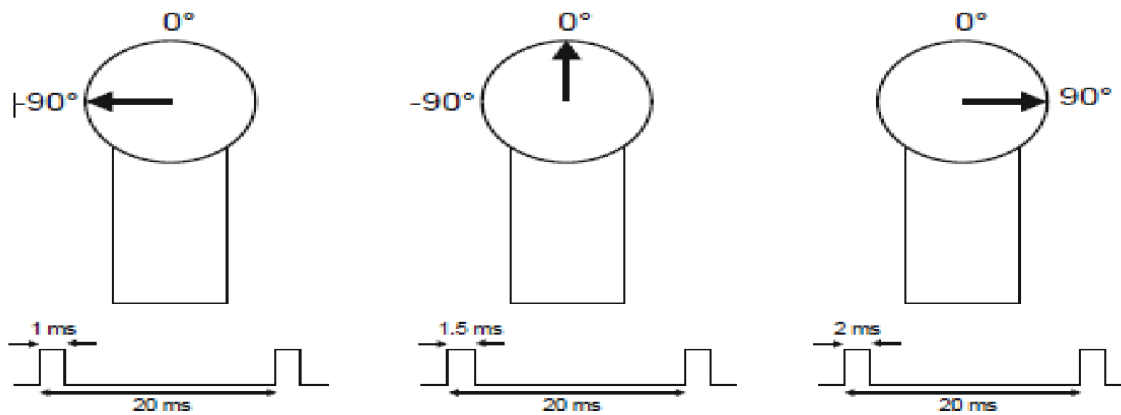


Figure IV -9 Signaux et positions d'un servomoteur [6]

La figure 4.10 montre une photo des différents modèles de servo utilisé (voir Annexe1 et 2).

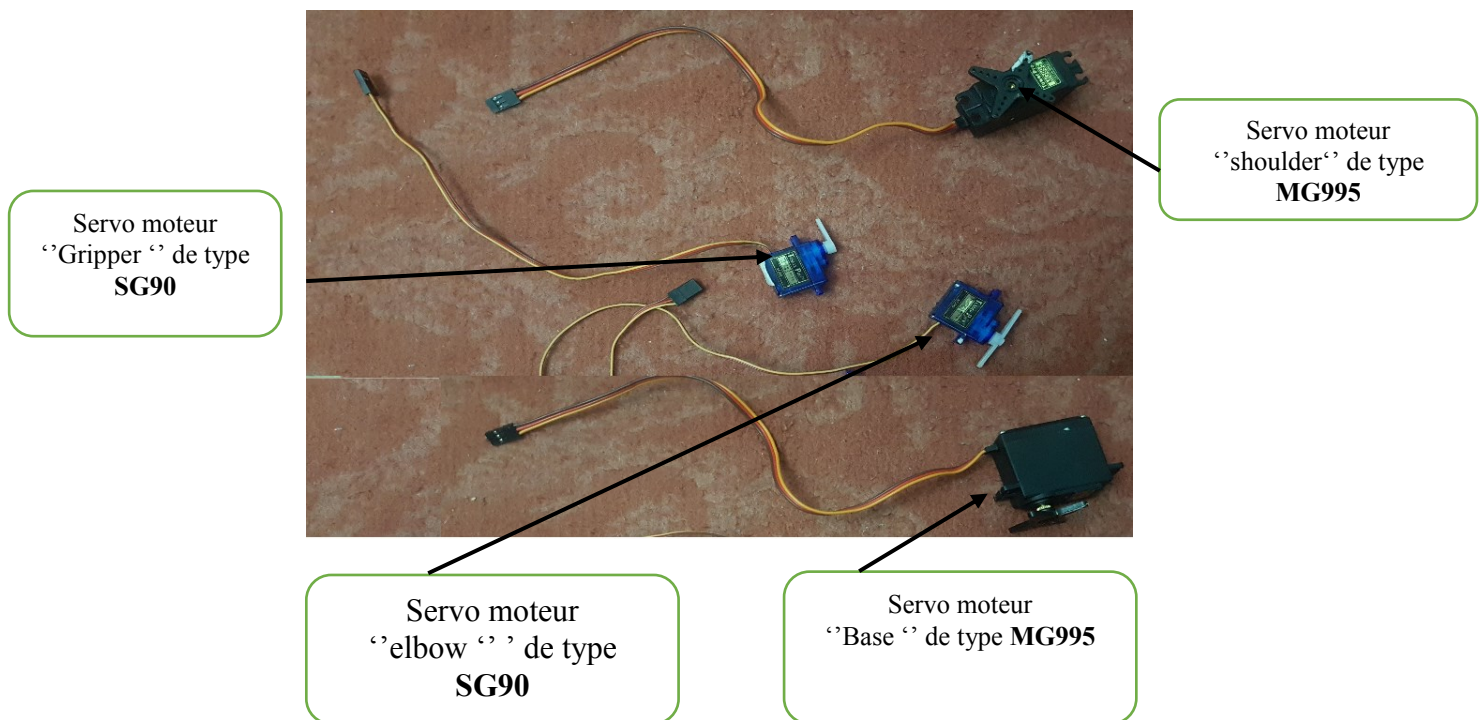


Figure IV -10 les servo moteurs utilisés.

IV.6 Les cartes électroniques d'adaptation (interfaces) :

Pour des raisons d'adaptation électrique il est obligatoire de mettre des circuits électroniques pour faciliter le contrôle entre l'automate et les différentes entrées (capteur) et sorties (actionneur).

IV .6.1 Carte interface de sortie (Automate-servo moteur) :

La tension de sortie de la PWM de l'automate est 24 V et la tension de commande PWM des servo est de 5 V d'où la nécessité d'utiliser d'un diviseur de tension pour chaque servo.

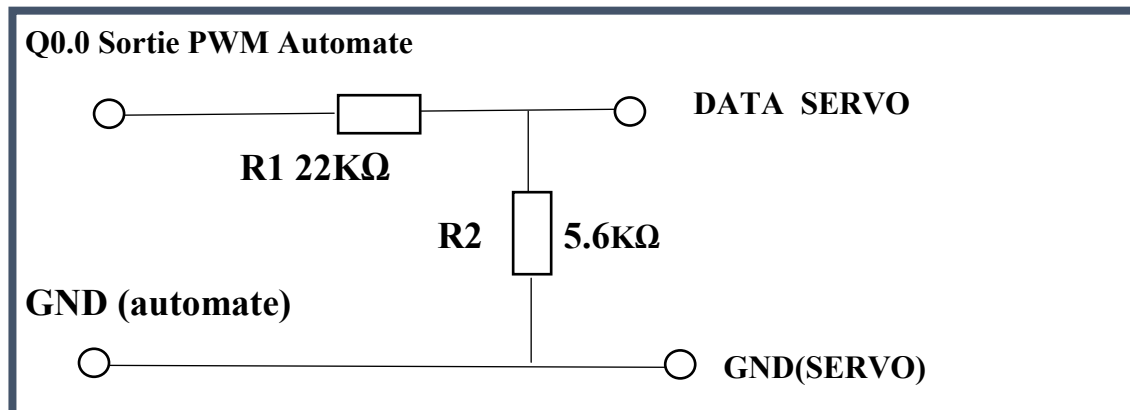


Figure IV -11 Schéma de la carte automate –servo

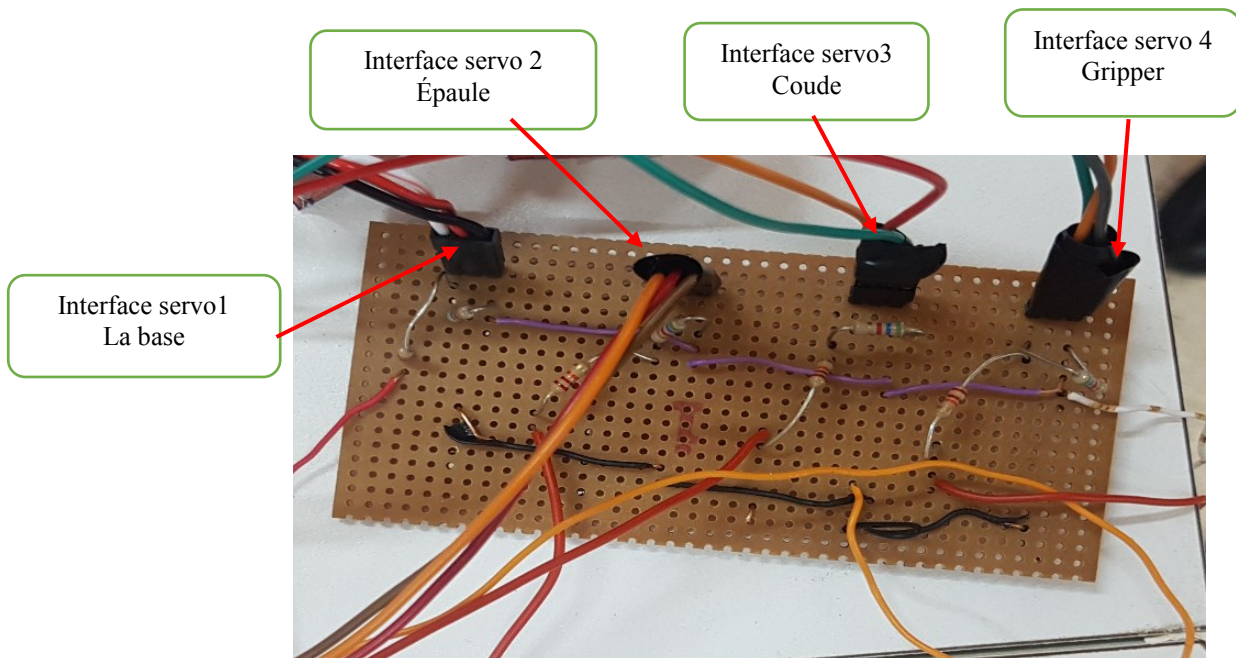


Figure IV -12 Photo de la carte automate -servo

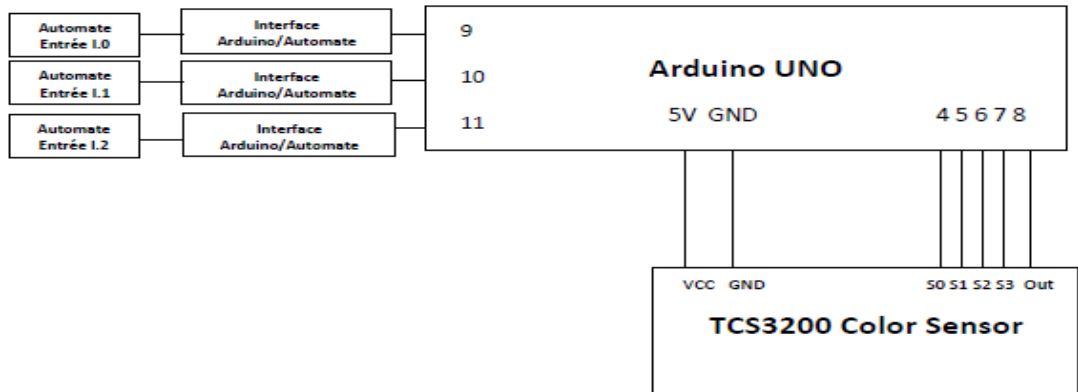
IV 6.2 Carte interface d'entrée (Capteur de couleur-automate) :

Le capteur de couleur utiliser au cours de notre projet c'est le TCS 3200 qui est capable de détecter les couleurs ROUGE BLEU VERT grâce à son fonctionnement très simple les quatre LED du capteur qui émettent une lumière blanche sur la carte principale du capteur a la base c'est une combinaison de la photodiode 8X8 ce qui donne 64 diodes pour une seul combinaison intégrer dans une seul petite puce donc le fonctionnement dépend du fait que toutes 16 diodes sont revêtus d'une couleur différentes, et en ajoutant la carte arduino comme calculateur de donnés pour traiter les informations capté , un petit programme dédié au capteur a était développer dans l'espace IDE arduino pour assurer son bon fonctionnement . [62].

	TCS 3200 CAPTEUR DE COULEUR
– Tension d'entrée:	(2,7 V à 5,5 V)
– Interface:	TTL numérique
–Tension d'alimentation :	4.8v à 6v
-Conversion haute résolution de l'intensité lumineuse en fréquence	
-Couleur programmable et fréquence de sortie pleine échelle	
-Température de travail: -40oC à 85oC	
-Taille: 28,4 × 28,4 mm (1,12 × 1,12 ")	

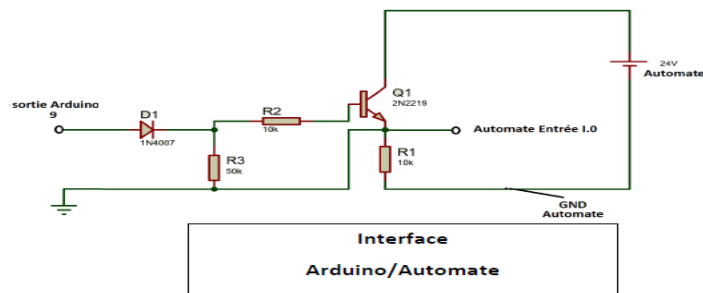
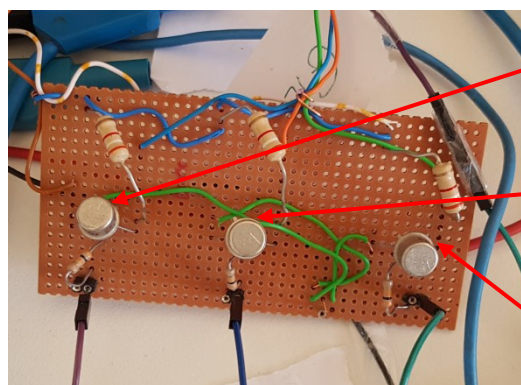
Tableau IV-3 : Caractéristiques techniques du TCS3200 [63].

Le capteur de couleur est associer à une carte Arduino qui lit la couleur présente devant le capteur et délivre un niveau logique haut (5V TTL) si une couleur est détectée. Ce niveau n'est pas détecté par l'automate puisque ce dernier détecte 0 ou 24 V, d'où la nécessité d'amplifier la tension de sortie de la carte Arduino en utilisant un simple transistor qui fonctionne en commutation. La figure 4.13 montre le branchement du capteur avec la carte Arduino et l'interface réalisée.

Figure IV -13 Schéma branchement arduino- capteur –automate programmable

La

figure 4.14 montre le principe de fonctionnement de l'amplificateur de tension. Le principe est simple un transistor en collecteur commun est utilisé pour ne pas inversé l'état logique de sortie est utilisé comme interface d'entrée entre l'automate et le capteur de couleur.

**Figure IV -14** Schéma du circuit pour amplifier la tensionInterface
Capteur bleuInterface
Capteur rougeInterface
Capteur vert**Figure IV -15** Photo circuit d'amplification

Phase de programmation

IV. 7 Le programme de l'automate:

Le programme de l'automate est écrit sous TIA portal V15 de Siemens en langage lader (contact), il est devisé en quatre blocs essentiels :

- ✓ bloc PWM,
- ✓ bloc conversion degré durée,
- ✓ bloc timer,
- ✓ bloc de synchronisation.

IV. 7.1. Partie PWM :

Pour utiliser le bloc PWM, il faut configurez d'abord une voie d'impulsion dans la configuration des appareils en sélectionnant la CPU, le générateur d'impulsions (PTO/PWM) PWM1 ou PWM2 à PWM4. Activez le générateur d'impulsions (case à cocher). Si un générateur d'impulsions est activé, un nom par défaut unique est affecté à ce générateur d'impulsions particulier.

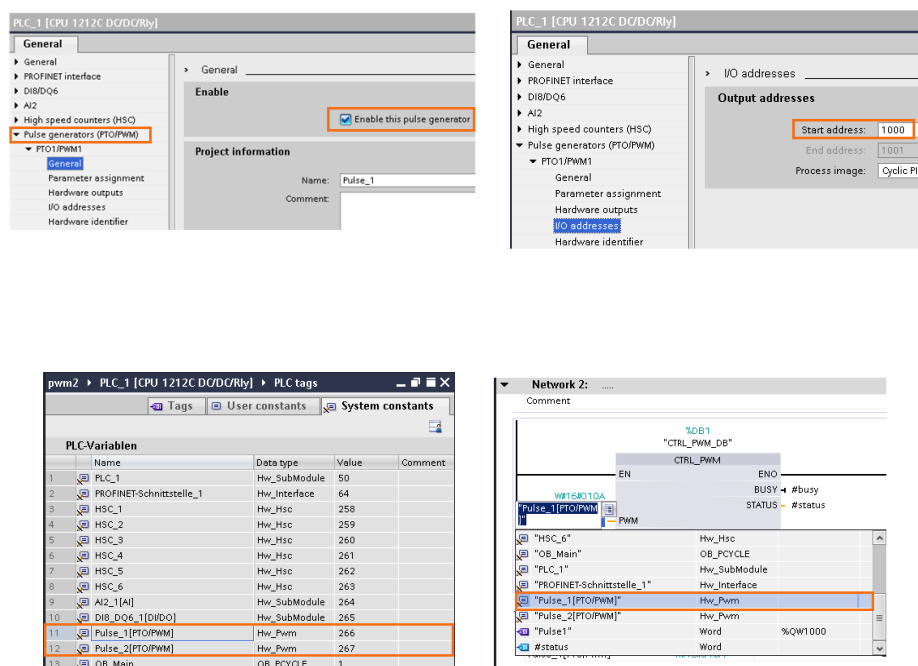


Figure IV -15 Etapes de configuration du bloc PWM

Pour modifier la largeur de l'impulsion il faut insérer l'instruction **MOVE** qui permet de placer la variable **W#16#0046** qui représente la durée de l'impulsion dans **QW1000**. L'entrée ENABLE permet d'activer et de désactiver le générateur d'impulsions.

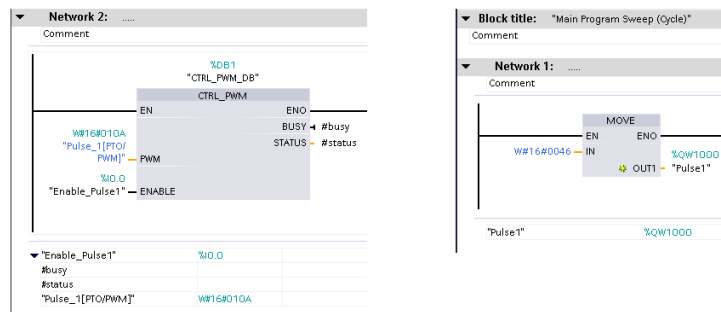


Figure IV -16 Activation du bloc PWM

IV. 7 .2. Conversion degré durée:

La largeur d'impulsion du S71200 peut être exprimée sous forme de centièmes de la période (0 à 100), de millièmes (0 à 1000), de dix millièmes (0 à 10000). La largeur d'impulsion peut varier de 0 (pas d'impulsion, toujours désactivée) à la pleine échelle. Dans notre programme nous avons choisis un pas de 0 à 10000 (1) pour un temps cycle de 20 ms (2)(une fréquence de 50 Hz).

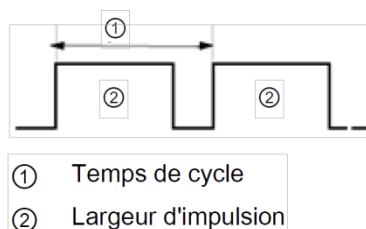


Figure IV -17 Configuration de la durée d'impulsion du bloc PWM

Notre bras robot est commandé en degré (angle de rotation) suivant le tableau suivant (les angles trouvés après plusieurs tests pratiques). Mais la PWM de l'automate est contrôlé par une durée en ms d'où la nécessité d'un bloc de conversion de l'angle de rotation en degré vers une durée en millisecondes.

Articulation	Angle en °
La base	0° à 180°
Le coude	0° à 180°
L'épaule	40° à 180°
La pince	0 ° à 40°

Tableau IV-4 Angles de rotation du bras robot

Le Micro Servo Module est composé d'un moteur électrique mécaniquement lié à un potentiomètre. L'électronique à l'intérieur du servomoteur transforme une largeur d'impulsion PWM en position physique : Quand le servo est commandé, le moteur sera actionné jusqu'à atteindre la valeur du potentiomètre correspondante à la position demandée. De nombreux servomoteurs utilisent une fréquence PWM de $= 50 \text{ Hz}$ correspondant à une période PWM de $T = 20 \text{ ms}$. La figure suivante montre la commande des servos utilisés dans notre bras en degré et en ms, il faut noter que ces données sont obtenues expérimentalement.

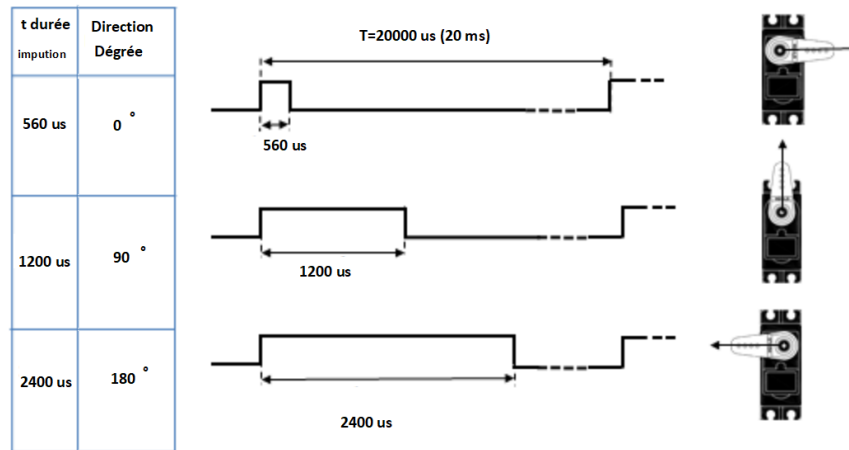


Figure IV -18 la commande des servos utilisés dans notre bras en degré et en ms

Pour commander ces servos par l'automate il nécessaire de convertir ces angles de rotation en durée en milliseconde. Pour cela on va utiliser une équation qui nous permet de déterminer la durée à mettre dans le bloc PWM du programme du module de l'automate.

On note t la durée inconnue à trouver et $teta$ l'angle à orienter de l'articulation désirée du bras robot.

$$t = A * teta + B \quad 4.1$$

Où A et B des inconnus à trouver.

La variation de t en fonction de $teta$ est linéaire et suivant les valeurs trouvées expérimentalement (figure 4.18) on trouve la valeur de $A=5.11$ et $B=280$.

$$t = 5.11 * teta + 280 \quad 4.2$$

Cette équation est programmée en utilisant le bloc **calculate** de TIA PORTAL. La figure 4.19 montre un exemple de conversion en durée du bloc **calculate** du servo du gripper, la valeur **40**

permet d'ouvrir la pince. La durée trouvée est placée dans la variable QW1006 du bloc PWM du servo de la pince. Cette étape est répétée 4 fois pour les 4 articulations du bras robot.

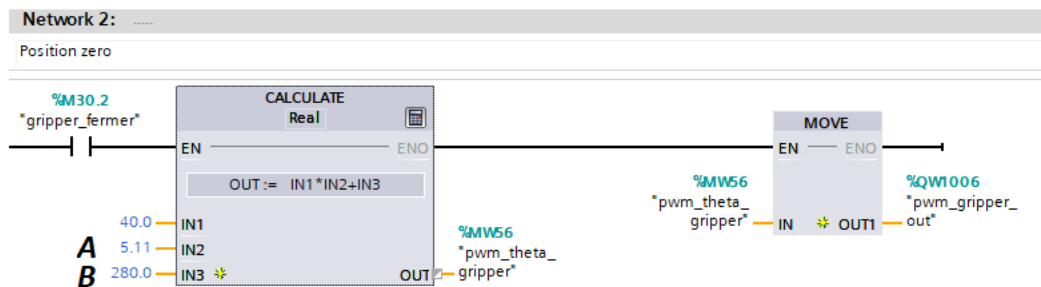


Figure IV -19 Conversion degré durée du servo de la pince

IV. 7 .3. Bloc timer

Ce bloc est essentiel dans la programmation de tous types d'automate industriel ; il permet dans notre cas de régler les séquences de commande des servos. En effet chaque servo est activé après un temps de 2 secondes avant le déclenchement du second (La figure 4.20).

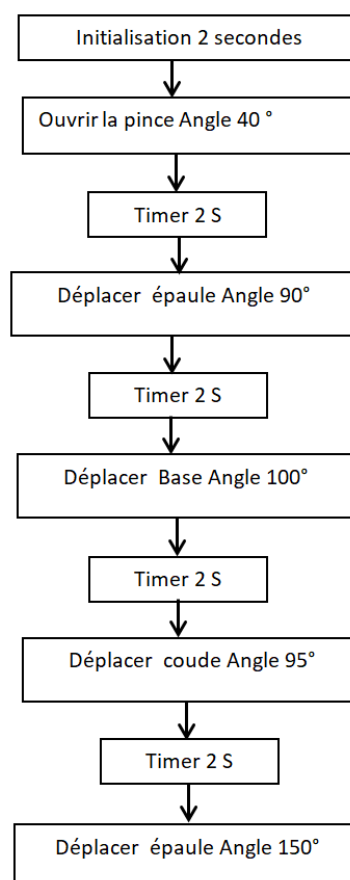


Figure IV -20 Séquences d'activation des servos pour revenir à la position initiale

La figure 4.21 montre un exemple de contrôle de séquence ou après le déclenchement du timer de la pince après 2 seconde se dernier va activer le timer du servo épaule.

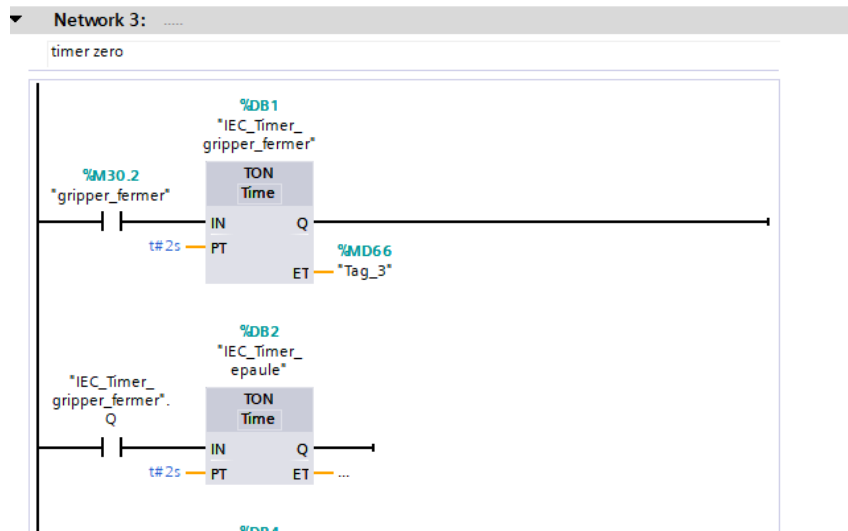


Figure IV -21 Exemple de commande du timer

IV. 7 .4. Bloc de synchronisation

Ce bloc permet de synchroniser entre les différents composants du programme son rôle est :

- ✓ Activer et désactiver les blocs PWM des servos,
- ✓ Lire la couleur des objets présent devant le capteur de couleur,
- ✓ La mise en marche et l'arrêt du système.

La figure 4.22 montre un exemple du programme qui permet de détecter la couleur rouge. Le capteur est placé à l'entrée **II.0** de l'automate si un objet de couleur rouge est placé devant le capteur l'entrée **II.0** est mis à 1. Après 4 secondes le **timer rouge detect** active la sortie **M13.5** (rouge détecte) à 1. Si l'objet de couleur rouge existe toujours et la sortie **M13.5** est à 1 on active la séquence de déplacement du bras robot vers la position **rouge** par l'activation de la sortie **M30.7** (On rouge).

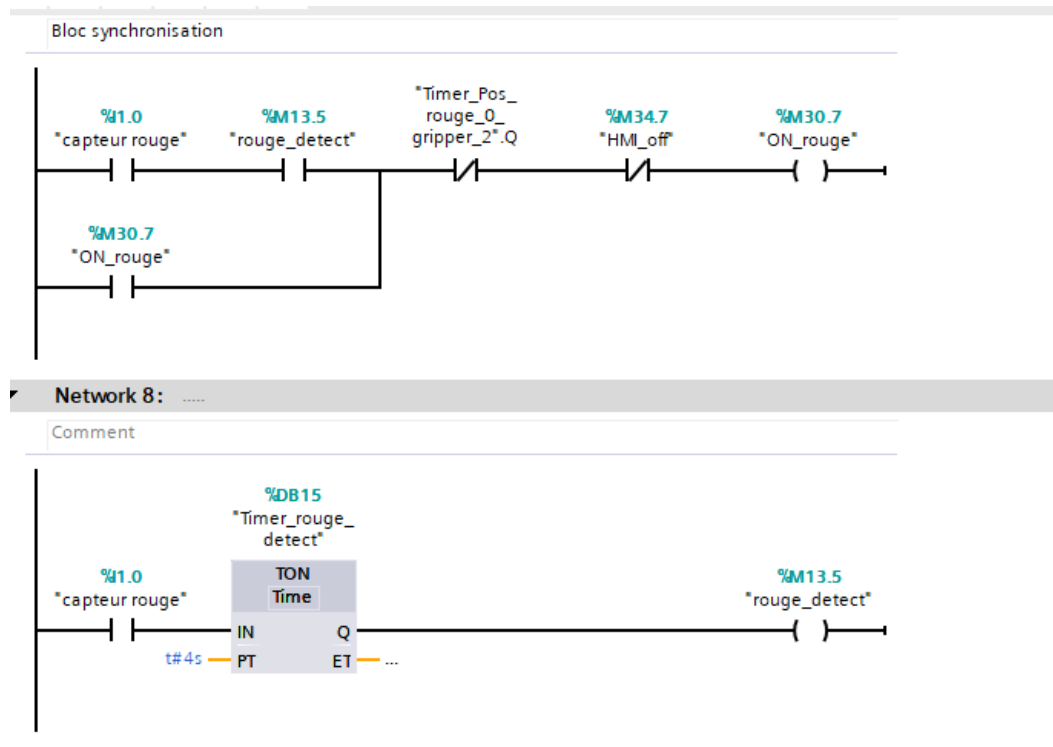


Figure IV -22 Exemple du bloc de synchronisation (lire la couleur rouge)

IV. 7 .5. Programme principale

Le grafcet de la figure 4.23 résume l'essentiel de notre programme. Lorsque on appuie sur le bouton ON le système est mis en marche et revient à sa position initiale (position zéro). Si la couleur bleue est détecté l'automate déplace le bras robot vers la position bleue et ouvre la pince et met l'objet bleu dans le récipient bleu puis il attend 2seconde et revient à sa position zéro. Si une autre couleur est détecté le même travail est répété. Le programme est détaillé dans l'annexe 3 et annexe4.

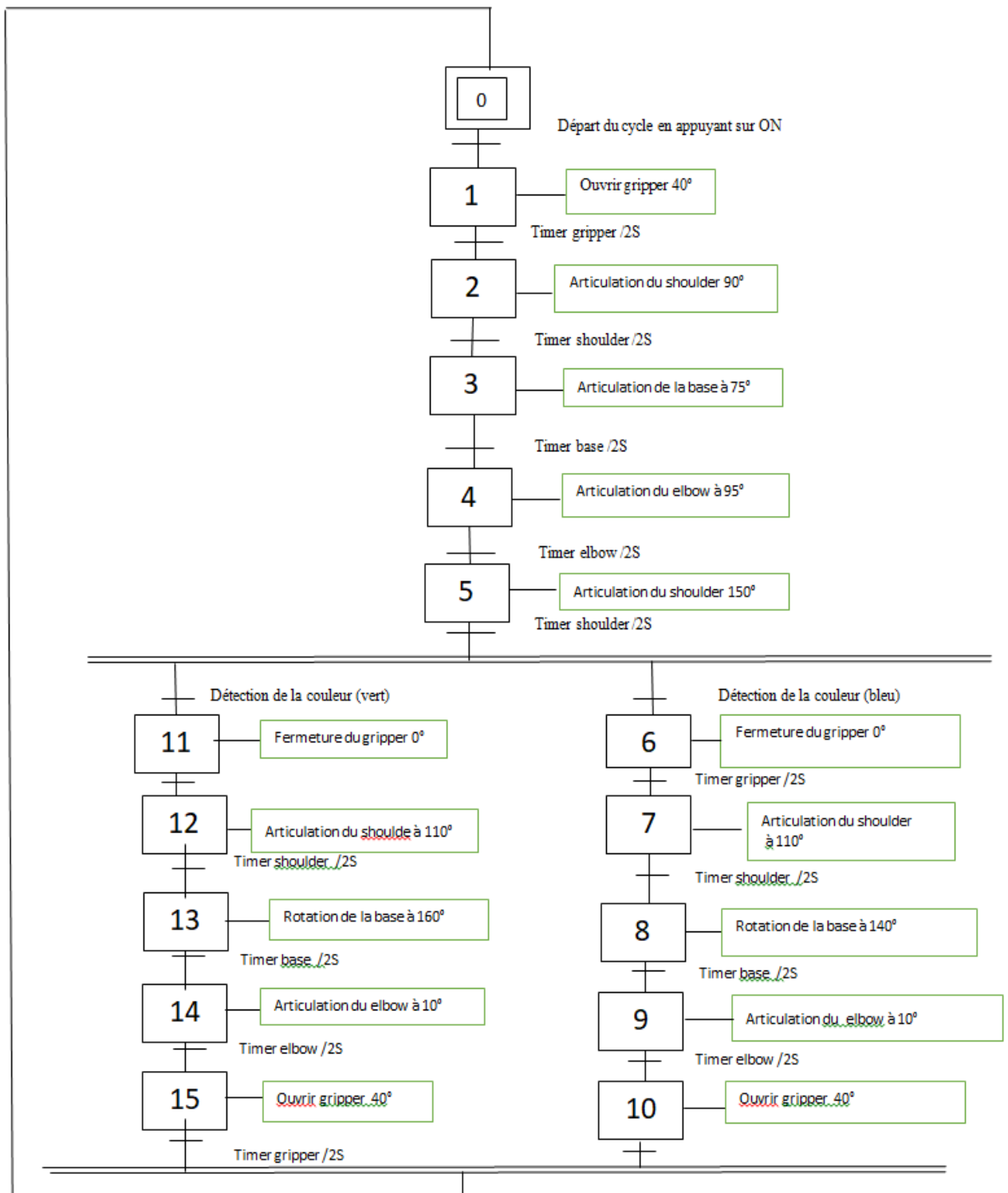


Figure IV -23 Grafcet du programme principal

IV.7.6. Supervision HMI :

Deux programmes pour la supervision sont créés afin de suivre le contrôle et le bon fonctionnement du système.

IV. 7.6.1 interface HMI pour tester le prototype.

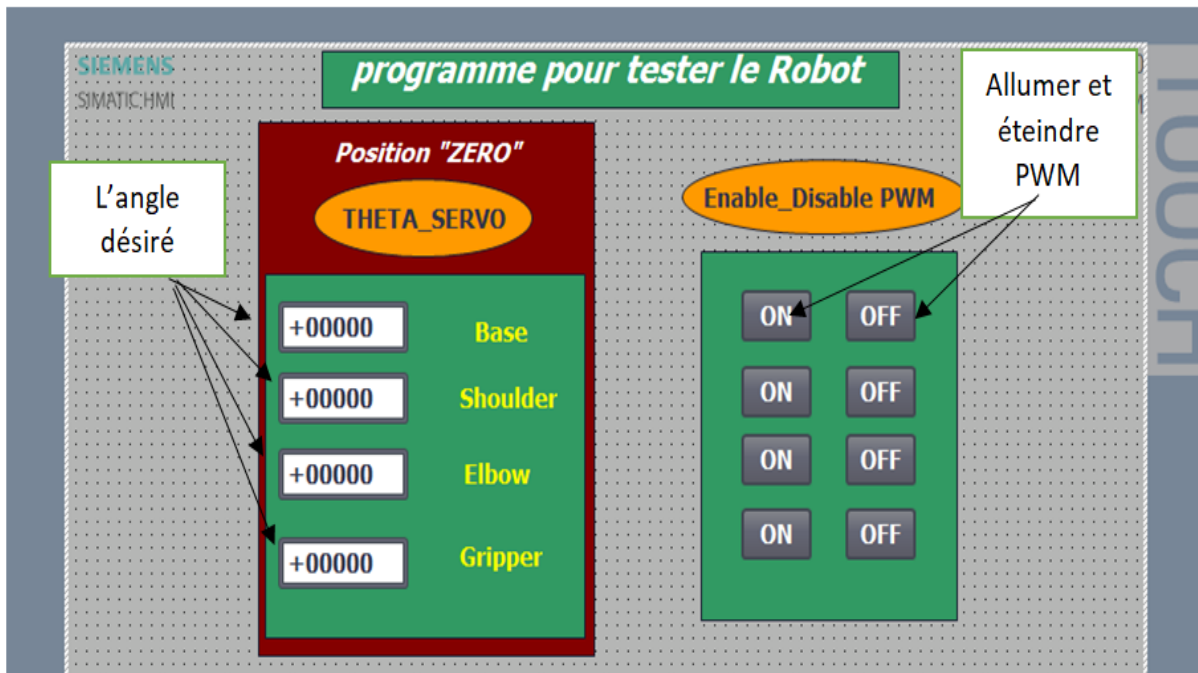


Figure IV -24 Interface HMI pour tester le prototype

Cette interface nous permet de tester chaque servo séparément et de connaître les angles de rotation des articulations pour programmer un déplacement automatique.

IV. 7.6.2 interface HMI le prototype.

Cette interface se compose de quatre vues sont :

- Home
- Test manuel
- Position zéro
- Fonctionnement automatique (test prototype)

a) Menu Home

Dans cette vue on peut sélectionner tous les autres vues pour le contrôle du bras robots comme le montre la figure suivante.

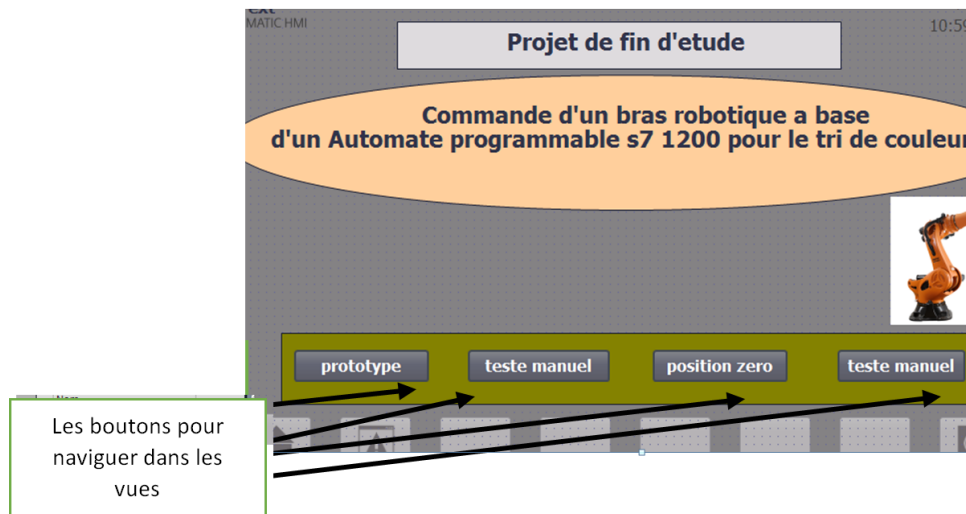


Figure IV -25 Interface HMI - Menu Home

b) Test Manuel

Ce menu est déjà décrit dans le paragraphe précédent.

c) Position zéro

Ce menu permet de forcer le bras à retourner à sa position zéro

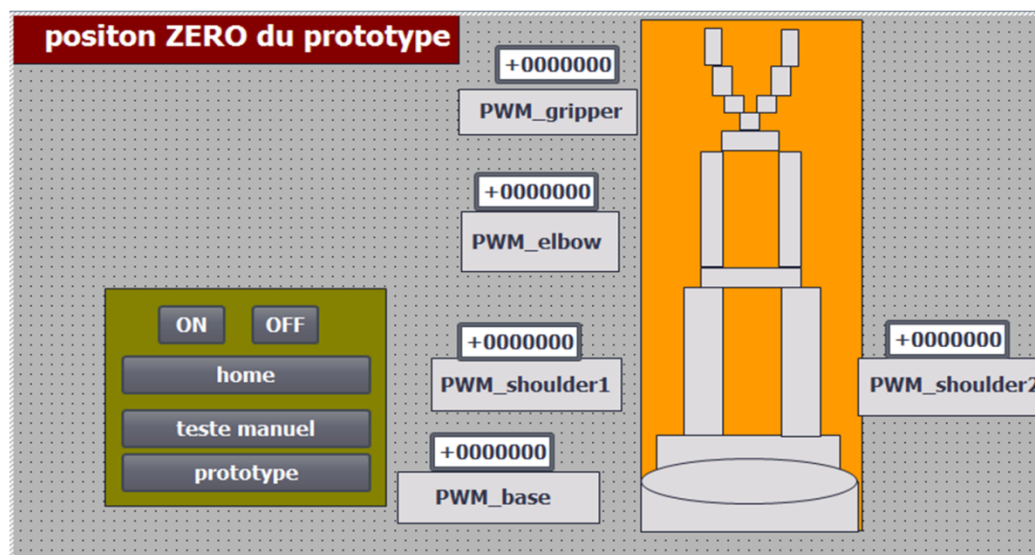


Figure IV -26 Interface HMI - Position zéro

d) Fonctionnement automatique (test prototype)

Ce menu permet de faire fonctionner le système d'une façon entièrement automatique. Dans le menu après la mise en marche l'automate détecte la couleur de l'objet placé devant le capteur de couleur et ordonne le bras à le mettre dans le récipient de même couleur.

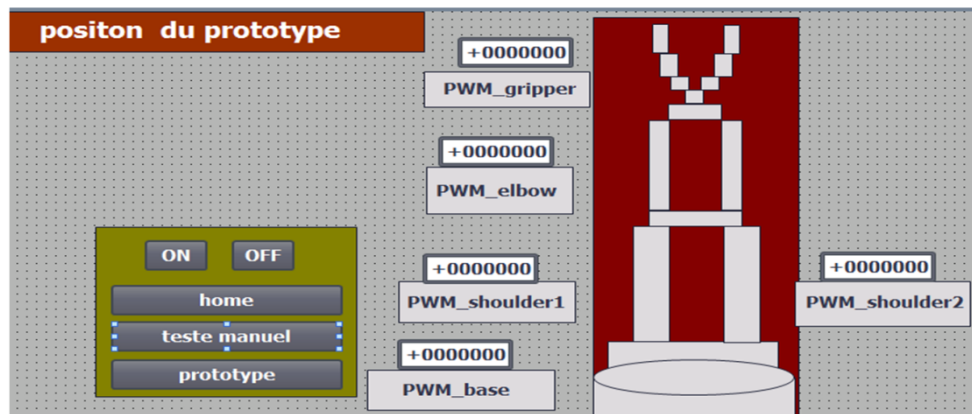


Figure IV -27 Interface HMI Fonctionnement automatique (test prototype)

IV. 8. Phase finale

Après la construction du bras robot et le chargement du programme dans l'automate en a procéder a plusieurs séries de tests. La figure suivante montre les premiers essais que nous avons réalisés en mode manuel.

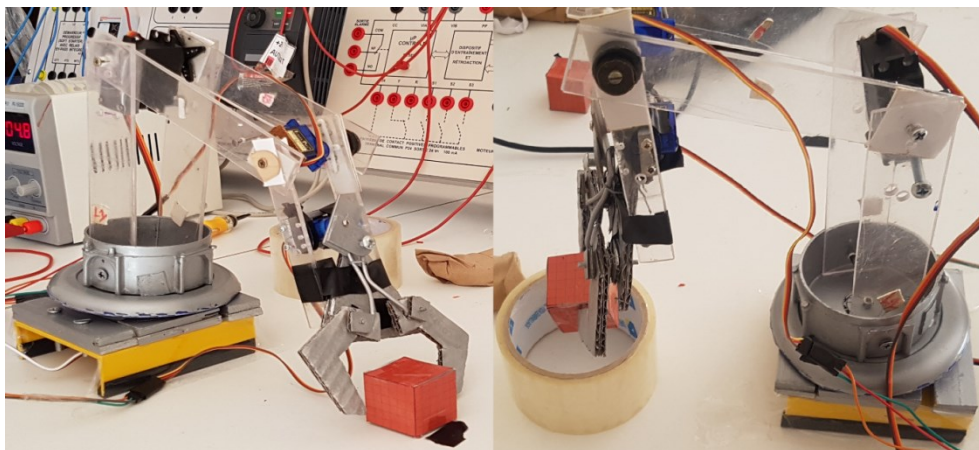


Figure IV -28 Essai manuel du gripper

Essai en mode automatique

Dans ce mode l'automate détecte l'objet vert et le place dans le récipient des couleurs vertes. Les figures suivantes résument les différentes étapes de la position verte.

Etape 1 et 2

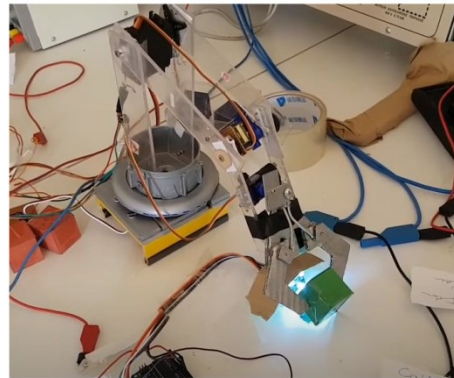
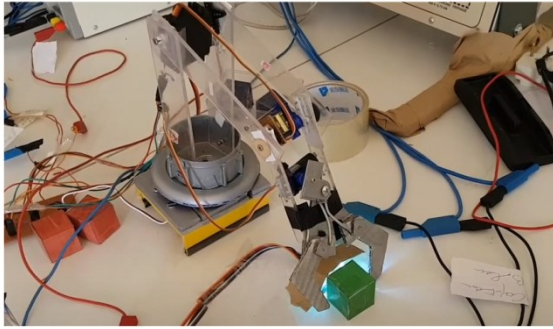


Figure IV -29 Etape 1 et 2 : détection de l'objet vert et fermeture de la pince

Etape 3 et 4

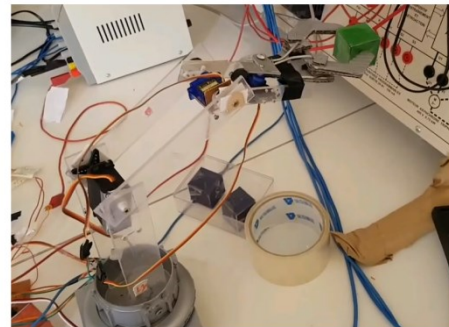
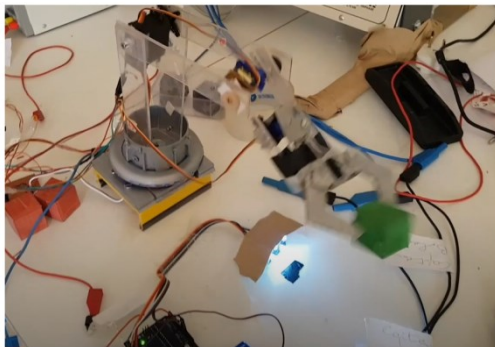


Figure IV -30 Etape 3 et 4 : déplacement du coude et rotation de la base

Etape 5 et 6

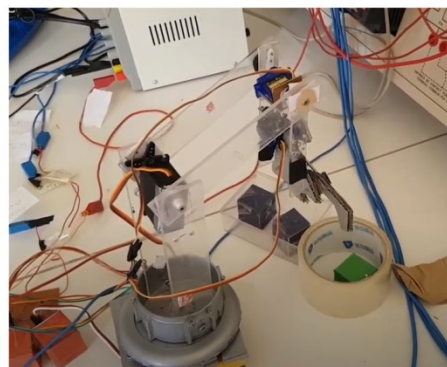
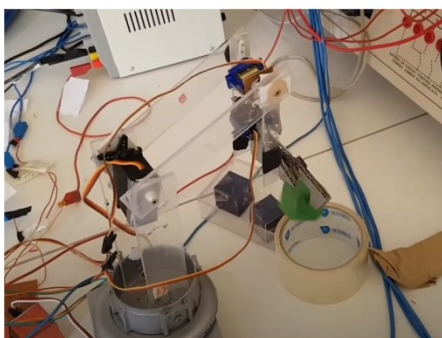


Figure IV -31 Etape 5 et 6 : déplacement de l'épaule et ouverture de la pince

Après cette tâche l'automate remet le bras robot à sa position initiale pour effectuer une autre tâche. Les figures suivantes résument les différentes étapes du retour à la position zéro.

Etape 1 et 2

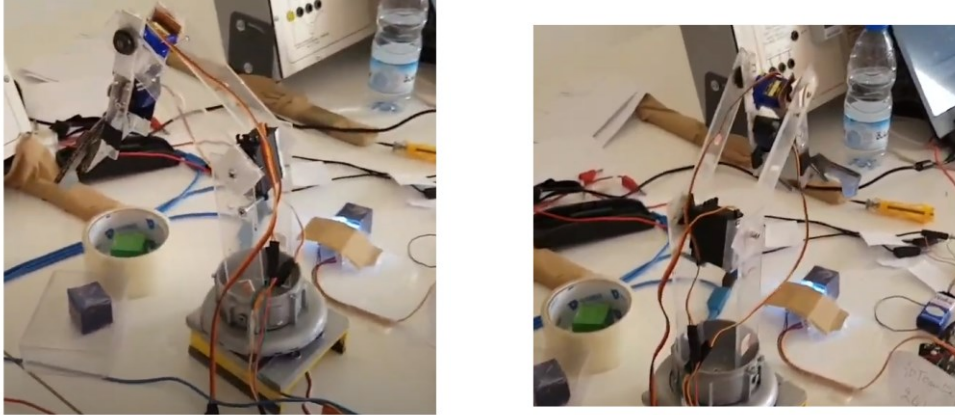


Figure IV -32 Etape 1 et 2 : déplacement du coude et rotation de la base

Etape

3

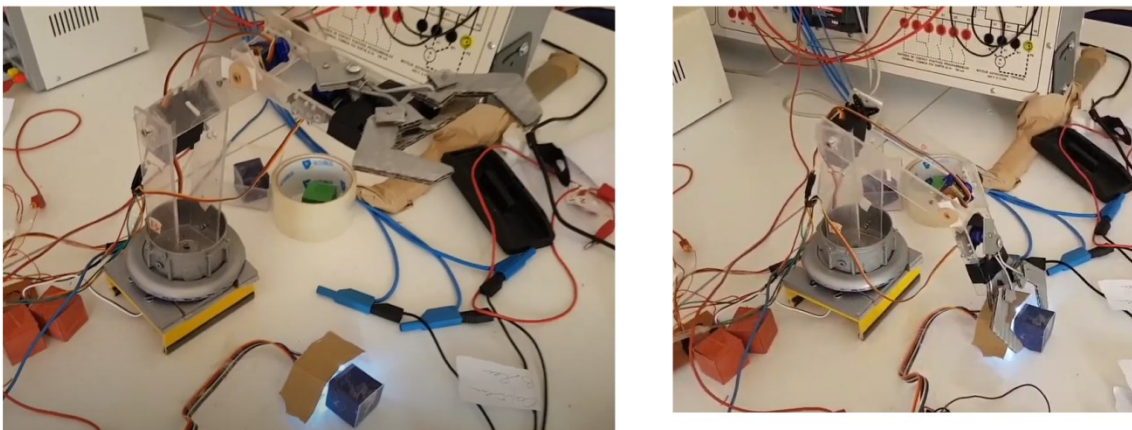


Figure IV -33 Etape 3 : déplacement de l'épaule

Après cette étape le bras robot est prêt pour effectuer une autre tâche pour déplacer de l'objet bleu comme montre la figure 4.33.

IV. 8 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes étapes de la construction du prototype puis un détail sur la programmation et la supervision HMI de l'automate s7 1200. A la fin de ce chapitre nous avons présenté les tests détection et déplacement des objets puis le retour à la position initial. Les différents tests ont confirmé le bon travail du prototype et la tâche demandée par le cahier de charge.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce manuscrit porte la conception et la réalisation d'un bras manipulateur à 4 degrés de liberté. Ce bras peut faire des mouvements divers et cela grâce à l'utilisation d'un Automate Programmable Industriel (API) pour la commande.

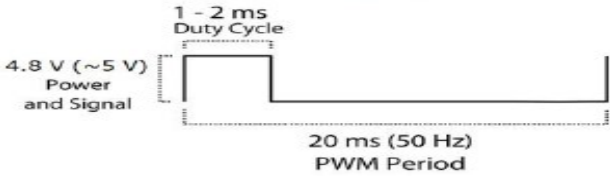
Grace à ce projet nous avons eu l'opportunité d'employer et d'exploité nos connaissances que nous avons acquises pendant cette formation afin d'améliorer et développer notre travail qui s'intéresse sur la robotique industrielle qui nécessite de mettre en œuvre des outils comme le TIA portal v15, grafcet supervision, et l'instrumentation, ce qui nous a permis d'obtenir de nouvelles idées et techniques dans ce vaste domaine.

Dans notre travail nous avons établi un prototype bras manipulateur capable de faire des mouvements, et un programme sous TIA portal de siemens, pour commander la tâche automatisée de tri de couleurs

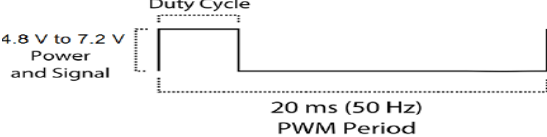
Annexes

Annexe 1

Caractéristiques techniques du servo SG90

	SERVO MOTOR SG90
– Dimensions :	22 x 11.5 x 27 mm.
– Poids :	9 gr
–Tension d'alimentation :	4.8v à 6v
– Vitesse :	0.12 s / 60° sous 4.8v.
– Couple :	1.2 Kg / cm sous 4.8v.
– Amplitude :	De 0 à 180°.
– Marron :	masse
Rouge	+ 5v
Orange	commande
PWM	PWM=Orange (⌋⌋) Vcc=Red (+) Ground=Brown (-)  

Annexe 2 Caractéristiques techniques du servo MG995

	SERVO MOTOR MG995
– Dimensions :	40 x 20 x 36,5 mm
– Poids :.	60g
–Tension d'alimentation :	4.8v à 6v
– Vitesse :	0.16 sec/60° sous 4.8V - 0.13 sec/60° sous 6.0
– Couple :	11Kg/cm sous 4.8V - 13Kg/cm sous 6.0V
– Amplitude :	De 0 à 180°.
– Marron :	masse
Rouge	+ 5v
Orange	commande
PWM	PWM=Orange () Vcc = Red (+) Ground=Brown (-)  

Annexe 3

Table de mnémoniques:

Les adresse utilisées dans notre programme « table de mnémoniques »

Les sorties:

Mnémonique	Type de donnes	opérande	commentaire
pwm_base_out	Word	%QW1000	la sortie de la pwm de la base
pwm_shoulder_out	Word	%QW1002	la sortie de la pwm du shoulder
pwm_elbow_out	Word	%QW1004	la sortie de la pwm du elbow
pwm_gripper_out	Word	%QW1006	la sortie de la pwm du gripper

Table de Mnémonique des sorties.

Les entrées :

Mnémonique	Type de donnes	opérande	commentaire
on_zero	Bool	%I0.0	Position zero
Capteur bleu	Bool	%I0.1	Détection de la couleur
Capteur vert	Bool	%I0.2	Détection de la couleur
Capteur rouge	Bool	%I0.3	Détection de la couleur

Table de Mnémonique des entrées.

Les différentes adresses utilisées avec les pwm :

Mnémonique	Type de donnes	opérande	commentaire
gripper_ouvrir	Bool	%M30.2	ouverture du gripper
timer gripper display	Time	%MD66	affichage du gripper timer dans l'hmi
ouput du bloc	Bool	%M5.5	la sortie du bloc zero
theta_base	Int	%MW20	l'angle de la base
theta_elbow	Int	%MW40	l'angle du elbow
pwm_theta_shoulder	Int	%MW41	la pwm du shoulder
theta_shoulder	Int	%MW30	l'angle du shoulder
theta_gripper	Int	%MW50	l'angle du gripper

pwm_base_on	Bool	%M10.1	allumer la pwm dela base
pwm_base_off	Bool	%M10.2	eteindre la pwm de la abse
pwm_base	Bool	%M10.3	la pwm de la base
pwm_shoulder_on	Bool	%M10.4	la sortie de la pwm du shoulder
pwm_shoulder_off	Bool	%M10.5	eteindre la pwm du shoulder
pwm_shoulder	Bool	%M10.6	pwm du shoulder
pwm_elbow_on	Bool	%M10.7	allumer la pwm du elbow
pwm_elbow_off	Bool	%M11.0	eteindre la pwm du elbow
pwm_elbow	Bool	%M11.1	la pwm du elbow
pwm_gripper_off	Bool	%M11.2	eteindre la pwm du gripper
pwm_gripper_on	Bool	%M11.3	allumer la pwm du gripper
pwm_gripper	Bool	%M11.4	la pwm du gripper
pwm_theta_elbow	Int	%MW52	la pwm du elbow
pwm_theta_base	Int	%MW54	la pwm de la base
pwm_theta_gripper	Int	%MW56	la pwm du gripper
timer shoulder display	Time	%MD67	affichage du shoulder timer dans l'hmi
timer base display	Time	%MD68	affichage du base timer dans l'hmi
timer elbow display	Time	%MD69	affichage du elbow timer dans l'hmi
timer shoulder2 display	Time	%MD70	affichage du shoulder2 timer dans l'hmi

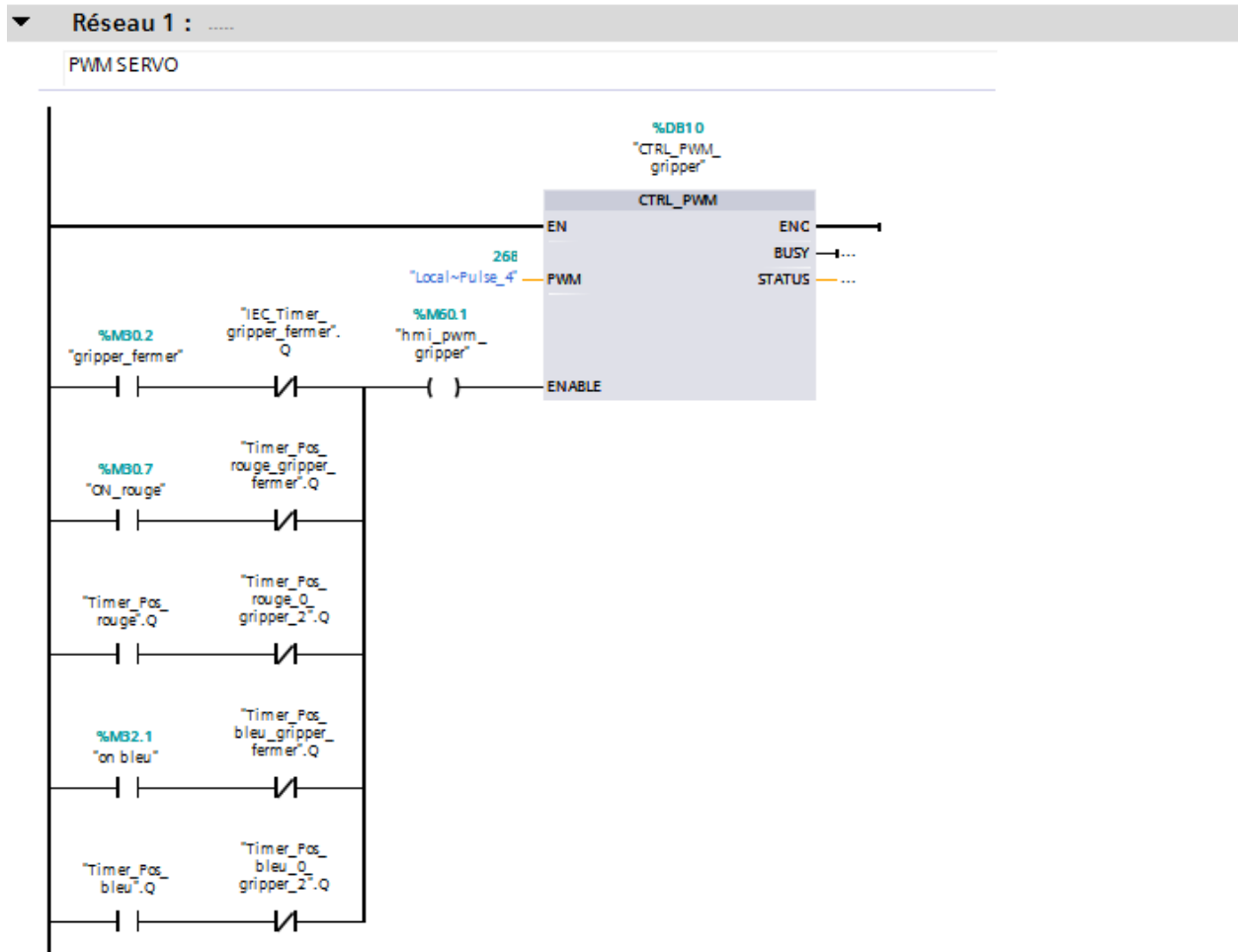
Table de Mnémonique des sorties.

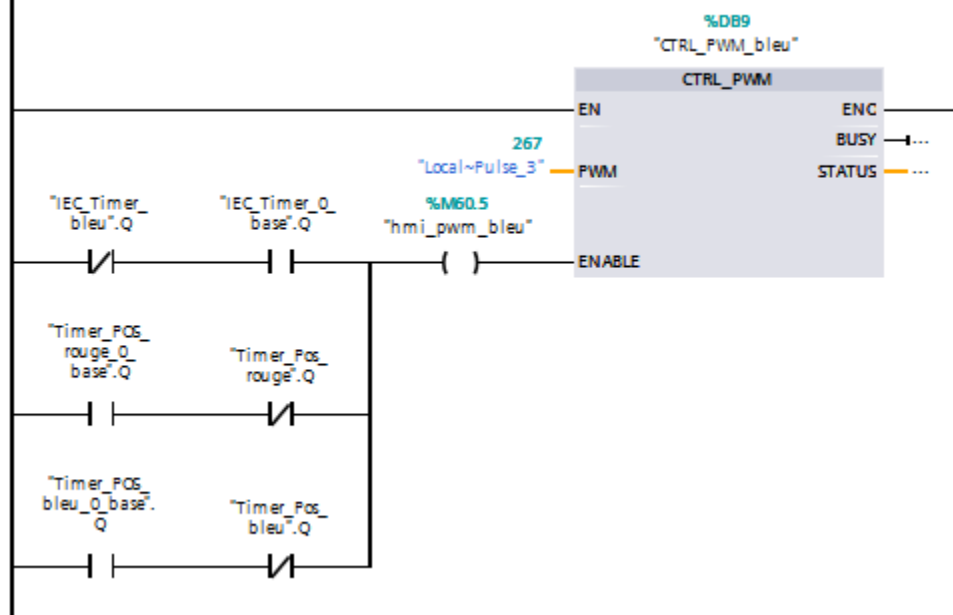
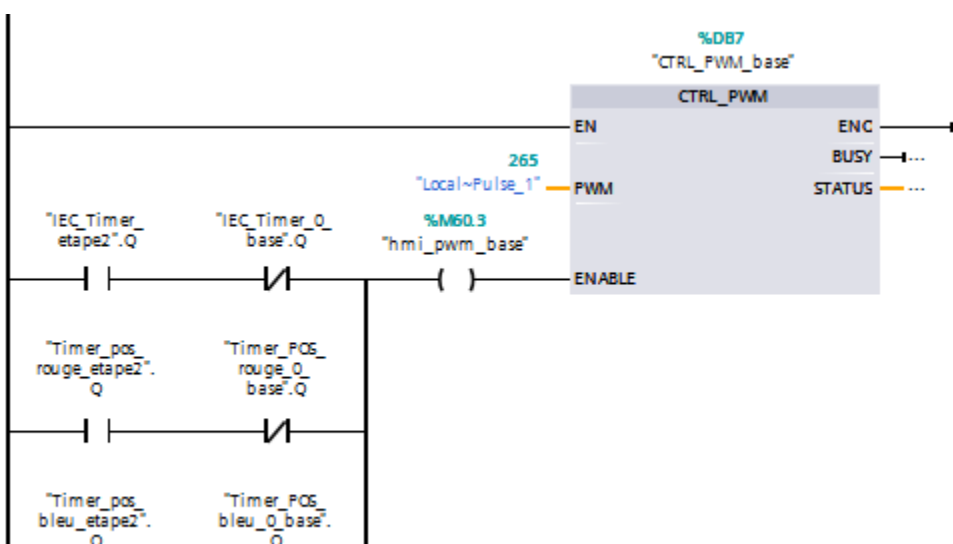
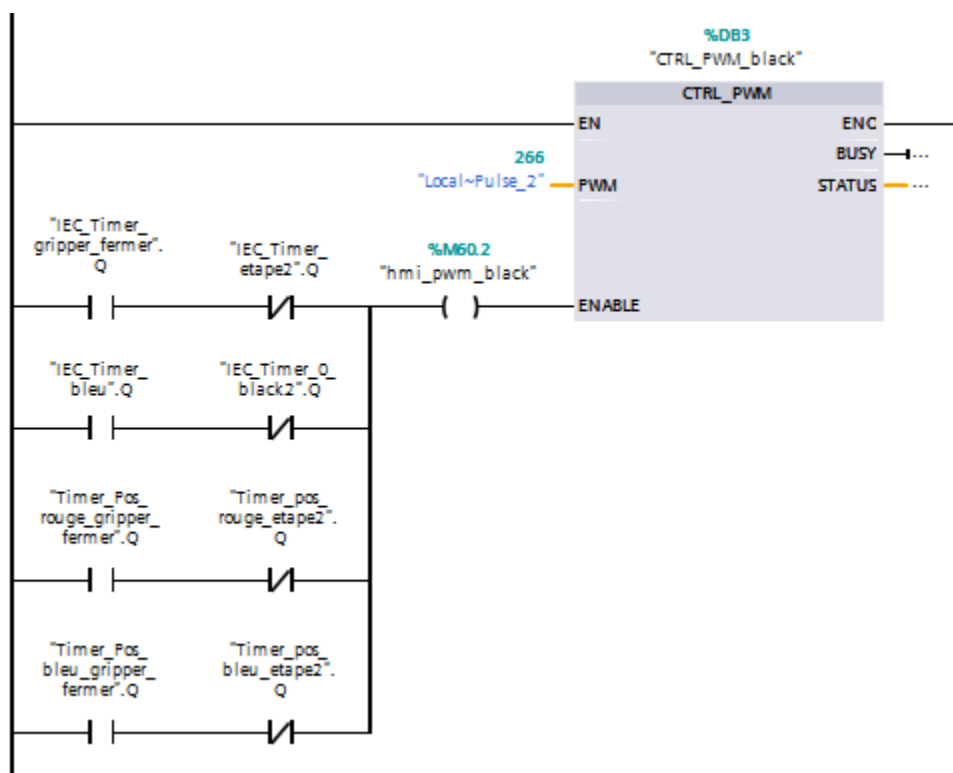
Les Mnémoniques du HMI :

Mnémonique	Type de donnes	opérande	commentaire
hmi_pwm_gripper	Bool	%M60.1	affichage de la sortiedu gripper dans l'hmi
hmi_pwm_shoulder	Bool	%M60.2	affichage de la sortie shoulder dans l'hmi
hmi_pwm_base	Bool	%M60.3	affichage de la sortie de la base dans l'hmi
hmi_pwm_elbow	Bool	%M60.5	affichage de la sortie du elbow dans l'hmi
hmi_pwm_shoulder2	Bool	%M60.6	affichage de la sortie du shoulder2 dans l'hmi
HMI_off	Bool	%M34.7	etiendre le cycle dans l'hmi
pwm_base_on	Bool	%M10.1	allumer la pwm dela base
pwm_base_off	Bool	%M10.2	eteindre la pwm de la abse
pwm_shoulder_on	Bool	%M10.4	la sortie de la pwm du shoulder
pwm_shoulder_off	Bool	%M10.5	eteindre la pwm du shoulder
pwm_elbow_on	Bool	%M10.7	allumer la pwm du elbow
pwm_elbow_off	Bool	%M11.0	eteindre la pwm du elbow
pwm_gripper_off	Bool	%M11.2	eteindre la pwm du gripper
HMI_on	Bool	%M29.7	lancer le cycle depuis l'hmi

Annexe 4

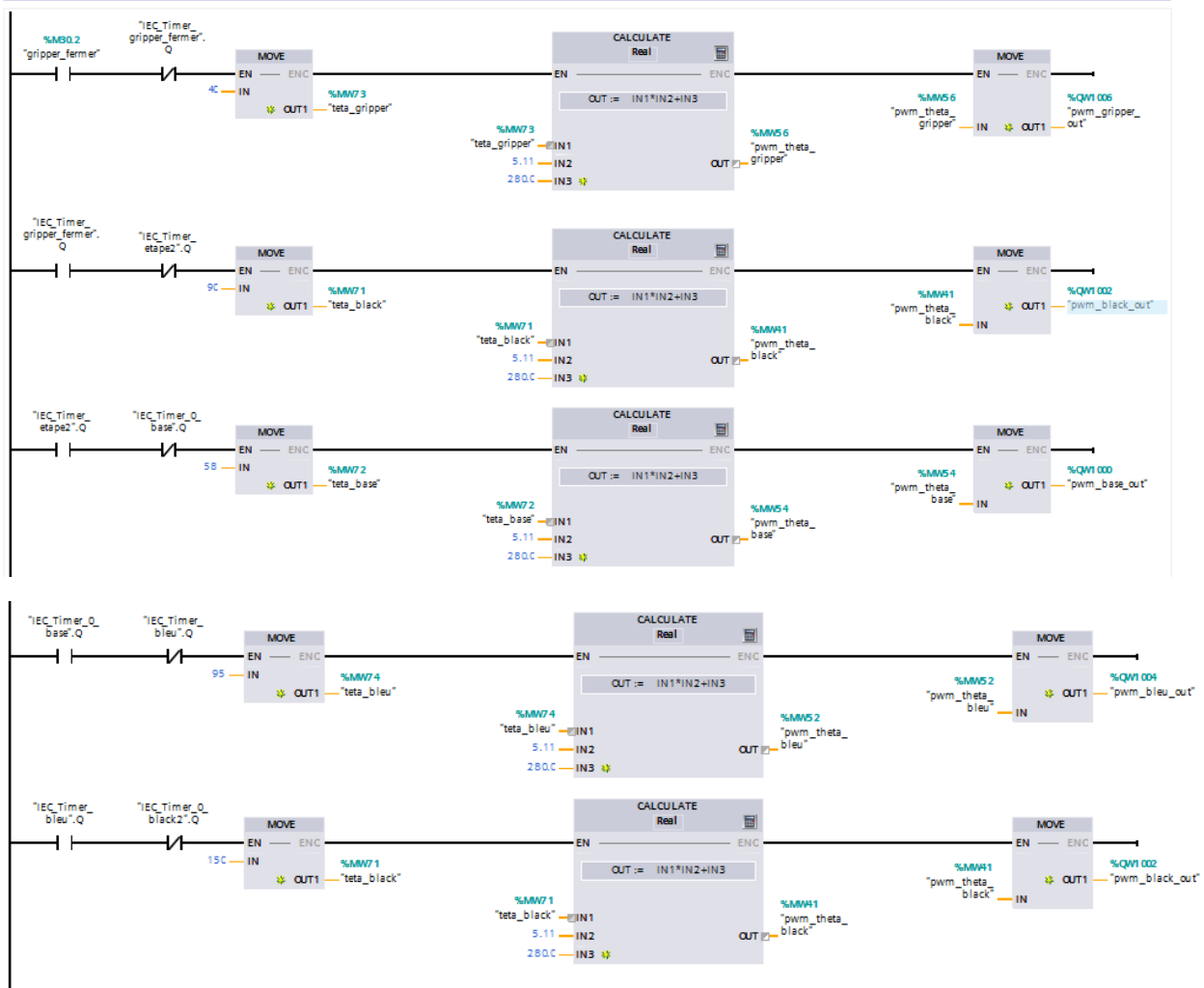
Programme Lader





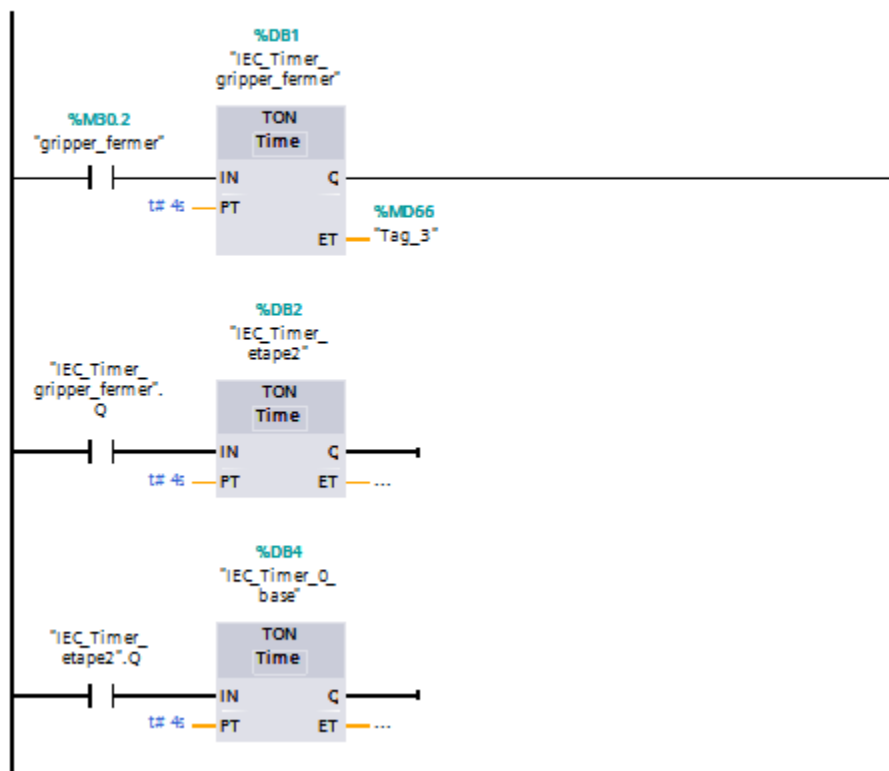
▼ Réseau 2 :

Position zero



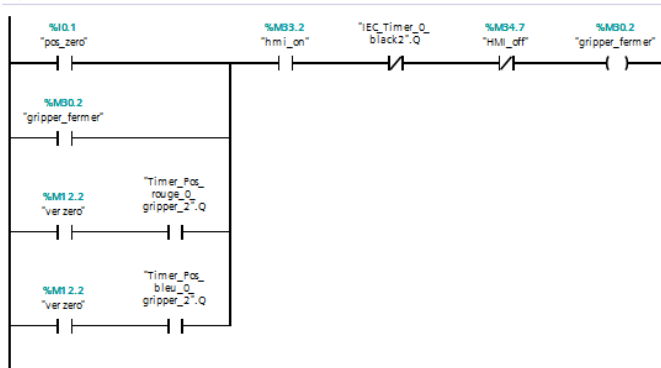
▼ Réseau 3 :

timer zero



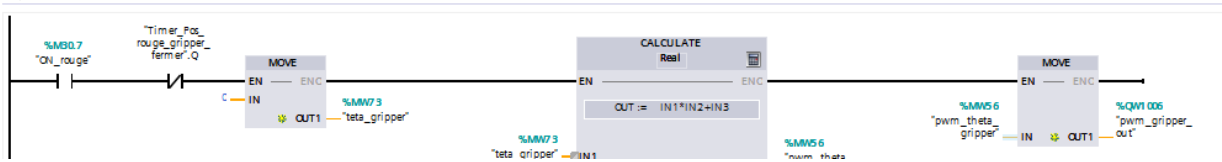
▼ Réseau 4 :

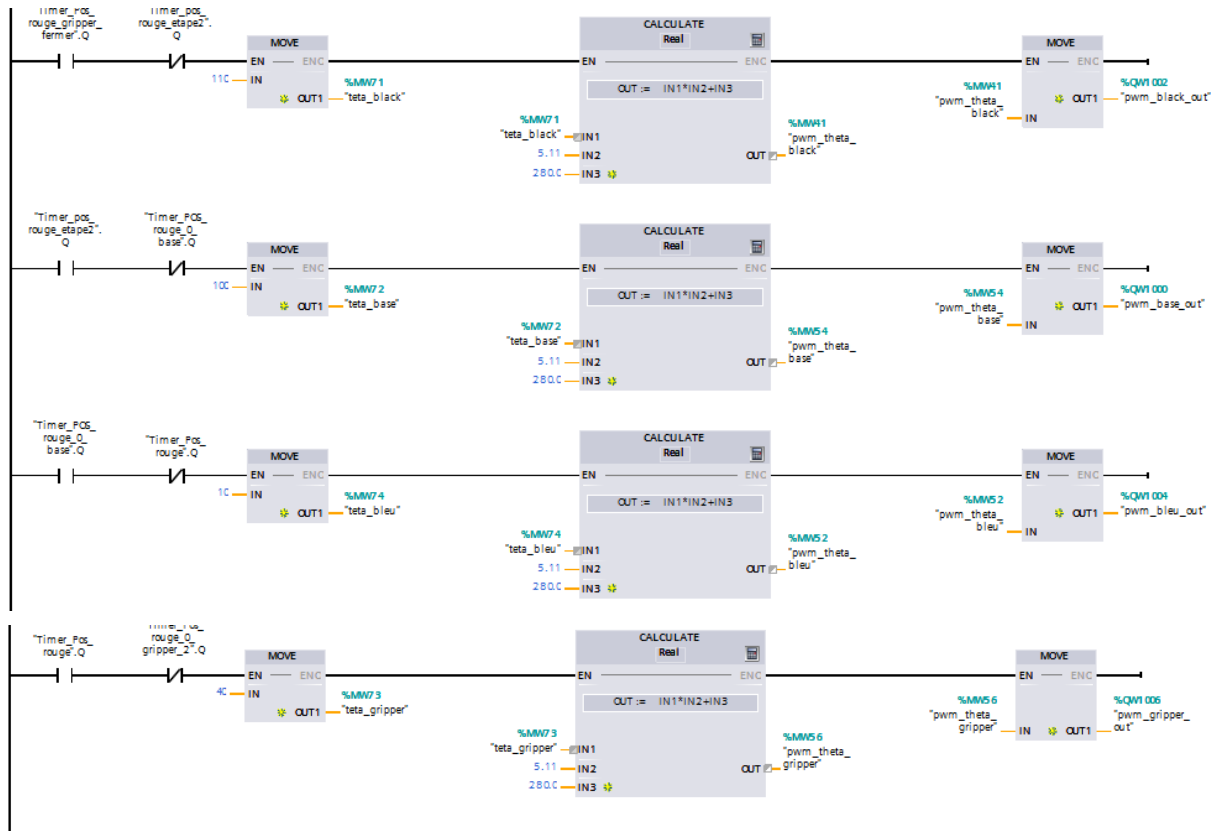
position zero



▼ Réseau 5 :

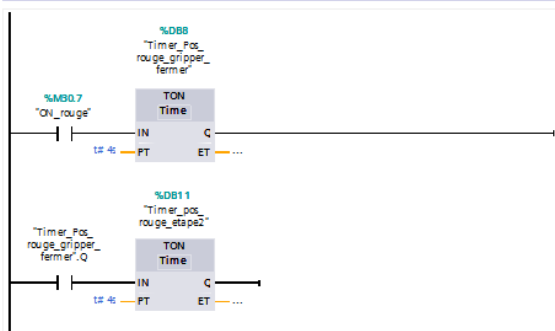
Position rouge

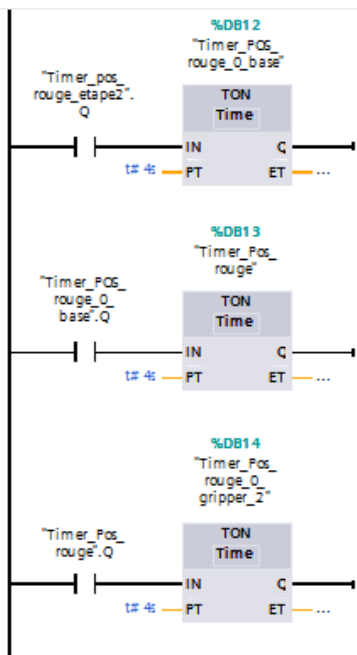
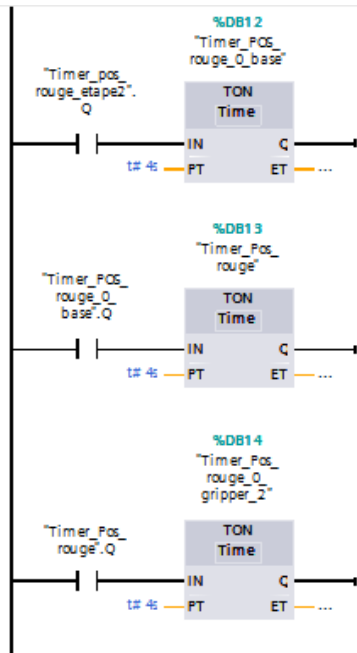




Réseau 6 :

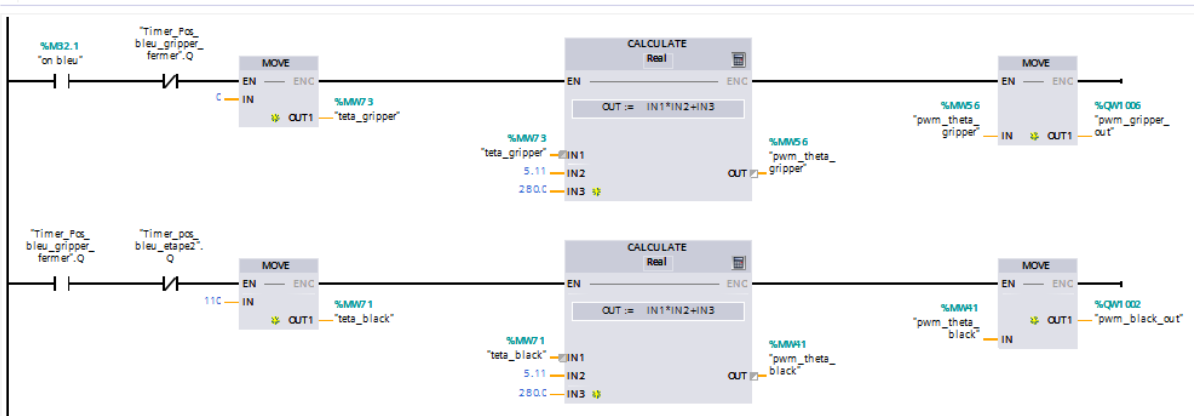
Timer rouge

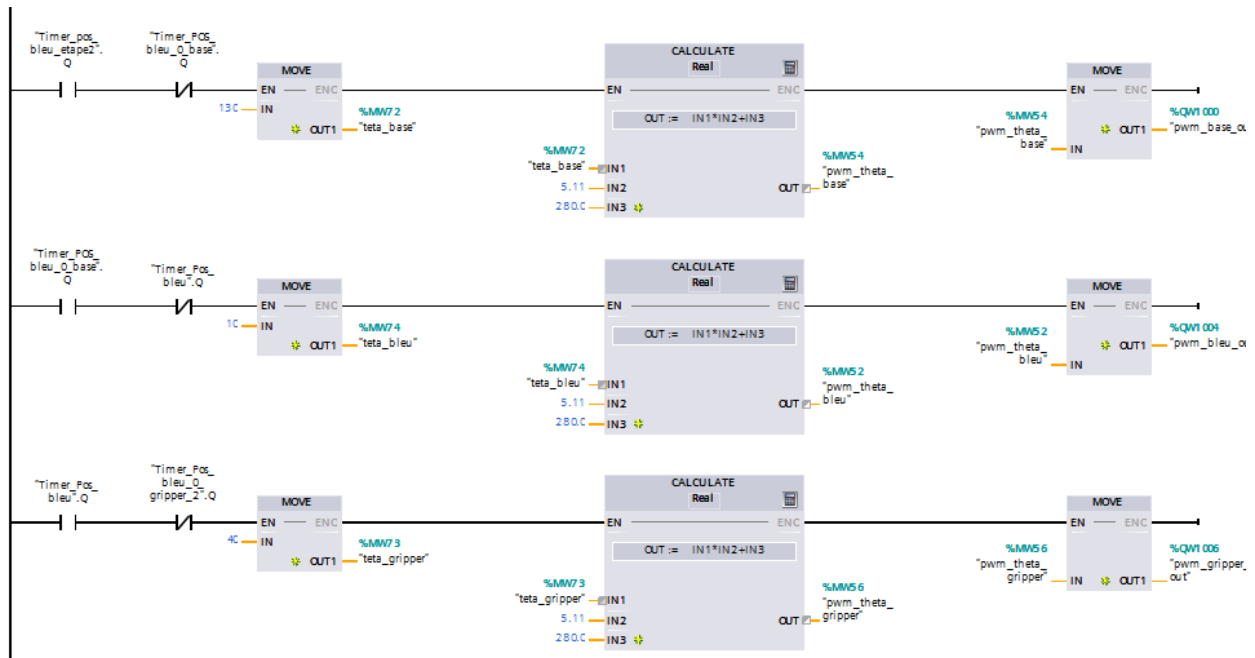




Réseau 7 :

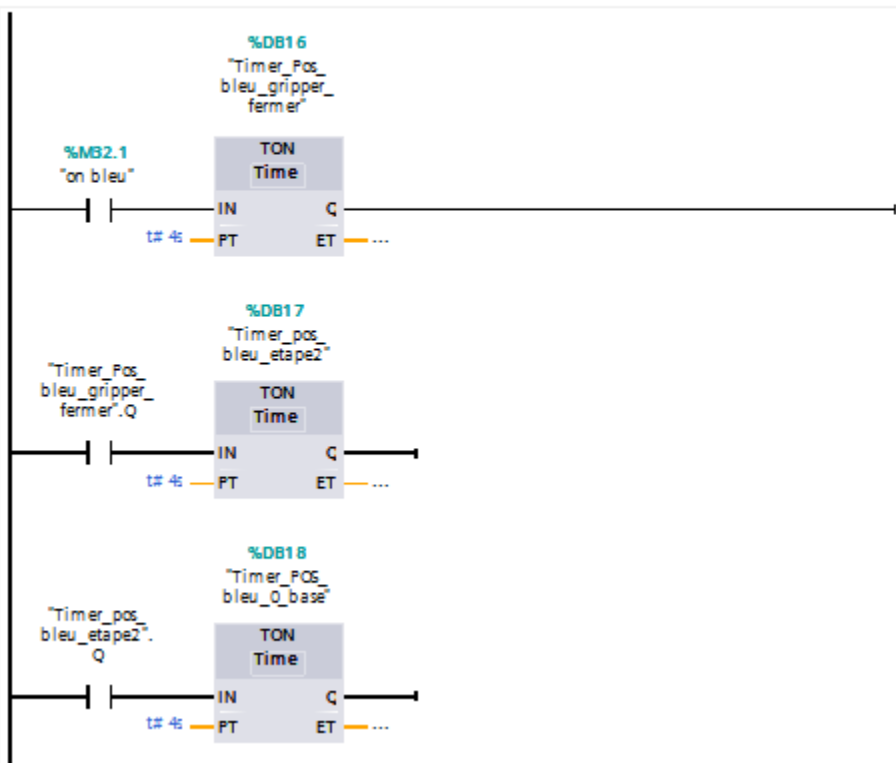
Position bleu

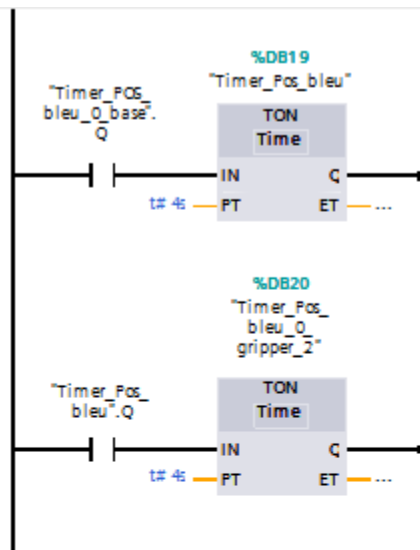




▼ Réseau 8 :

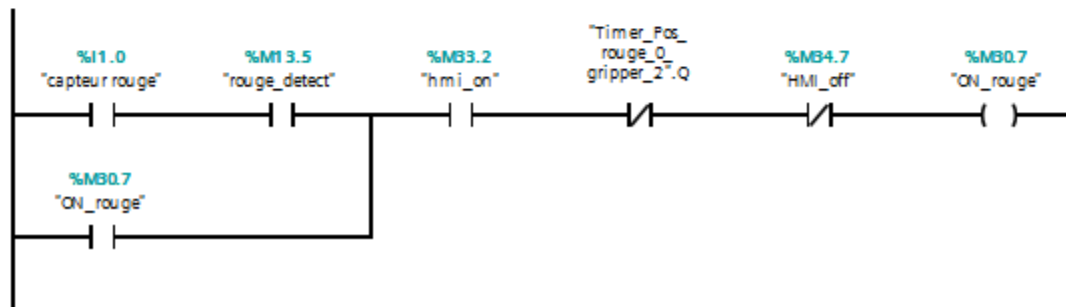
Timer bleu





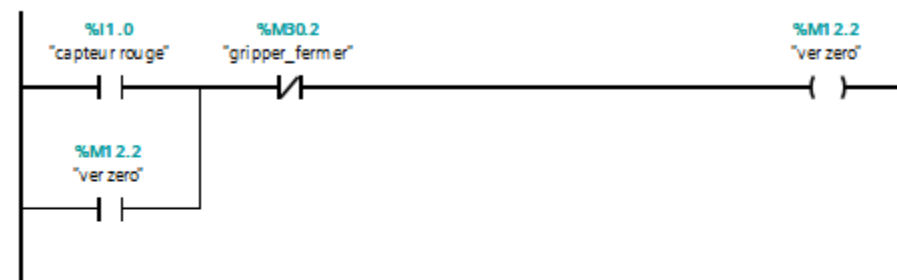
Réseau 9 :

position rouge



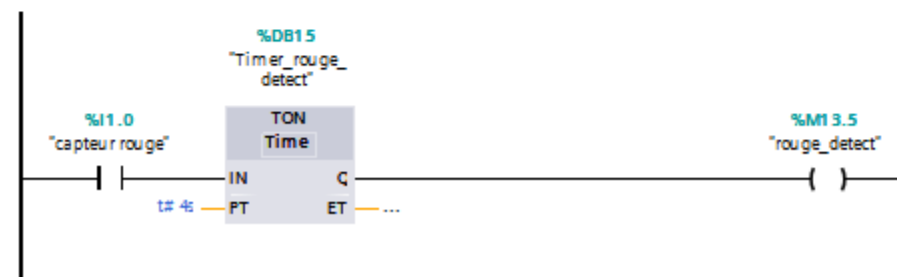
Réseau 10 :

postion rouge



Réseau 11 :

postion rouge



Bibliographies

Bibliographies

- [1]. http://edusol.education.fr/sti/sites/edusol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/5875/5875-la-robotique-industrielle-eduscol-2015_0.pdf, 2015, date de consultation, mars 2018.
- [2]. PRIEL MARC «les robots industriels: caractéristiques, performances et choix »:Edition AFNOR (1990)
- [3]. Mme S.BORSALI ; Modélisation des Robots-Master AutomatiqueS2 ;université d'ABOU ;BAKER BELKAED ;2012.
- [4]. Pierre DUYSINX- LEMENTS DE ROBOTIQUE/ASPECTS MECANQUES ; Ingénierie des Véhicules Terrestres ;Département PROMETHE
- [5]. https://www.google.fr/webhp?source=search_app&gfe_rd=cr&ei=lzlQWOqWIYv_8AeH9o_IDg&gws_rd=ssl#q=%C3%A9tymologie+du+mot+robotique
- [6]. <http://di.univblida.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2659/M%C3%A9moire%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7]. <https://www.iannix.org/en/item/singularites/#:~:text=En%20robotique%2C%20la%20singularit%C3%A9%20est,le%20robot%20ne%20peut%20atteindre.&text=Elle%20est%20une%20des%20positions,se%20mouvoir%20pour%20en%20sortir>
- [8]. <http://di.univblida.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/3850/1/m%C3%A9moire%20de%20master%2C%20construction%20m%C3%A9canique%202018.pdf>
- [9]. C .JOSSIN, I:\TRAVAIL\AUTOM_Buts_de_l'automatisme.DOC
- [10]. <http://techno.35.g2.over-blog.com/article-systemes-automatisees-et-leurs-utilisations-73629915.html>
- [11]. Automatismes édition DUNOD collection agati 1993.
- [12]. Perrin J., Binet F., Dumery J.J., Merlaud C., Trichard J.P., “Automatique et informatique industrielle : Bases théoriques, méthodologiques et techniques”, Nathan Technique, ISBN 2-09-179452-X, novembre 2004.

- [13]. Jean-Dominique Mosser, Jean-Jacques Marchandea, Jacques Tanoh, «sciences industrielles pour l'ingénieur », Dunod, Paris, 2015.
- [14]. Perrin J., Binet F., Dumery J.J., Merlaud C., Trichard J.P., "Automatique et informatique industrielle : Bases théoriques, méthodologiques et techniques",Nathan Technique, ISBN 2-09-179452-X, novembre 2004
- [15]. <https://www.scribd.com/document/382623607/capteur-actionneur-pdf>
- [16]. http://www.groupeisf.net/Automatismes/Automatesprogrammables/API_ATTOL/Bases_automatismes/an9_seq1_Place_et_role_de_l_API.ppt.Ethttps://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller
- [17]. JAI ANDALOUSSI Zakariae, MOUHSSINE Sara, ZERKI Ikram, «Automate Programmable Industrielle SIEMENS », Université Hassan II Mohammedia-Casablanca Ecole Normale supérieure de l'Enseignement Technique Mohammedia, 2011/2012 et L'Automate Programmable Industriel, <http://www.fichier-pdf.fr/2011/03/17/api/api.pdf>
- [18]. Les automates programmables industriels par A. Gonzaga. [en ligne]
- [19]. William Bolton, « Les automates programmable industriels » <http://www.courser.free.fr> Jean-Claude Humbolt, « Automate programmables Industriels » édition DUNOD.1993.
- [20]. Initiation à la programme du SIMATIC S7-1200.pdf Automatisation et supervision de l'unité de traitement des eaux par osmose inverse du complexe CEVITAL via le logiciel TIA portal v13 de SIEMENS.pdf
- [21]. https://euroec.by/assets/files/siemens/s71200_easy_book_en-US_en-US.pdf
- [22]. Siemens, « S7-1200_System_Manual», Numéro de référence du document :A5E02486682-AG 03/2014
- [23]. L'Automate Programmable Industriel, <http://www.fichier-pdf.fr/2011/03/17/api/api.pdf>
- [24]. CLEVER Technologies [en ligne],<http://supervision.clever.fr/surveillance-systemes-industriels/>
- [25]. Daniel RACOCEANU « Contribution à la surveillance des Systèmes de Production en utilisant les Techniques de l'Intelligence Artificielle ».Thèse d'habilitation, Université de FRANCHE-COMTE de Besançon, 2006
- [26]. CIMAX, "Introduction à la supervision", Edition Applicatif, n° 4, décembre 1997-janvier-février 1998.

- [27]. Pierre BONNET., “INTRODUCTION A LA SUPERVISION”, Université Lille 1, Master SMaRT, Novembre 2010
- [28]. [Toguyeni et al., 2002] Armand Togueni, Khalid Kouiss et Michel Combacau, “Fondements du pilotage des systèmes de production”, Chapitre 4Supervision d’atelier, Hermes Science Publications, Paris, 2002
- [29]. Pierre Bonnet, « Introduction à la supervision » université LILLE 1, Novembre 2010[en ligne]
- [30].] Gilles Zwingenstein, « Diagnostic des défaillances, théorie et pratique pour les systèmes industriels » édition Hermès, pages 55-13,1995
- [31]. <https://www.aotewell.com/siemens-touch-panel-simatic-hmi-panels>
- [32]. <https://www.aotewell.com/siemens-touch-panel-simatic-hmi-panels>
- [33]. Siemens Product data sheet ,N° de référence 6AV2123-2GB03-0AX0 , 2014
- [34]. Siemens Product data sheet ,N° de référence 6AV2123-2GB03-0AX0 , 2014.
- [35]. <https://static01.nyt.com/images/2019/11/08/science/00TB-FARMBOTS1/00TB-FARMBOTS1-videoSixteenByNineJumbo1600.jpg>
- [36]. <https://www.cepolina.com/photo/technology/mechanics/robot/5/robot-Fanuc-giant-car-lift.jpg>
- [37]. https://www.dlr.de/content/en/images/2019/2/mirosurge.jpeg?__blob=normal&v=11_ifc1920w
- [38]. <https://planetrobot.files.wordpress.com/2017/04/came3a9lc3a9on1.jpg>
- [39]. https://assurance.carrefour.fr/var/site/storage/images/3/2/4/7/77423-43-freFR/robot_menage.png
- [40]. <https://mk0selectoshmv75ei16.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2019/08/5-DJI-Mavic-Pro.jpg>
- [41]. <https://mrcircuspoliticus.files.wordpress.com/2019/07/aquanaut-sous-marin-3.jpeg>
- [42]. <https://lh3.googleusercontent.com/proxy/ecOJVZ5Cv9ThFHA61fQxIoBrlBezhVfDjC36-45-0KAr9Uf04zshVffn1XTYUTSIIwMv5OXIz9Upyl8faxovT--Ht-XqDYcrHNQQ1YUjkGxwkPSEClkS0C9CNB7U5T6t>

- [43]. https://www.eletimes.com/wp-content/uploads/2019/07/robotics_main.jpg
- [44]. <https://www.agro-media.fr/wp-content/uploads/2015/01/dossier-robotique-agroalimentaire-3.jpg>
- [45]. https://www.staubli.com/fileadmin/_processed_/0/b/csm_robotics-solutions-healthcare-pharmaceuticals-biotechnology-Apack-pim-2x-35664-jpg-orig_c7b6507b2d.jp
- [46]. https://www.est-usmba.ac.ma/AUTOMATISME/res/schema_PCPO.png
- [47]. https://www.google.fr/search?q=pre+actionneur&sxsrf=ALeKk010S_-T002rtI_lgiI_7kiEdACIdA:1602364937772&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjN9anH-qrsAhULoRQKHYJaByAQ_AUoAXoECAsQAw&biw=1366&bih=625
- [48]. <https://reader012.staticcloud.net/reader012/html5/20190331/5a8231be7f8b9ada388daf8f/bg3.png>
- [49]. <https://www.foodengineeringmag.com/ext/resources/Issues/2015/06June/TechSource/fex0615ts7.jpg?1434035985>
- [50]. <https://unindustry.my/wp-content/uploads/2018/09/Siemens-Simatic-S7-1500-Programming.jpg>
- [51]. William Bolton, « Les automates programmable industriels » <http://www.course.free.fr>
- [52]. https://www.google.fr/search?bih=625&biw=1366&hl=en&sxsrf=ALeKk02tjJWsffJ3eMmU2PvtQm_udPt1vw%3A1602365103251&ei=ryaCX7zaDorEUvGQvoAO&q=Structure+interne+d%E2%80%99un+API+pdf
- [53]. https://www.plccity.com/shop/439large_default/6es7214-1ag31-0xb0.jpg
- [54]. <https://lmelectric-dz.com/wp-content/uploads/2018/12/scada-640x400.png>
- [55]. Pierre BONNET., “INTRODUCTION A LA SUPERVISION”, Université Lille 1, Master SMaRT, Novembre 2010.
- [56]. https://www.plc-city.com/shop/372-large_default/6av2124-1dc01-0ax0.jpg
- [57]. <https://support.industry.siemens.com/cs/images/49727602/bild10.jpg>
- [58]. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:d44937b3-dbff-495e-836d-144f3ed3ceb3/width:1125/quality:high/version:1565163071/simatic-hmi-tp1900-comfort-inox.png>

- [59]. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:b56d4bdc-6576-4f33-acdb4813c4520f6d/width:1125/quality:high/version:1564741397/simatic-hmi-tp900-comfort-inox-pct.png>
- [60]. Siemens Product data sheet ,N° de référence 6AV2123-2GB03-0AX0 , 2014
- [61]. file:///D:/GRADUATION%202020/datasheet+code_arduino/TCS3200%20Color%20Sensor%20with%20Arduino%20detailed%20Tutorial%20-%20TECHATRONICS.html
- [62]. <https://www.mouser.com/catalog/specsheets>
<https://static01.nyt.com/images/2019/11/08/science/00TB-FARMBOTS1/00TB-FARMBOTS1-videoSixteenByNineJumbo1600.jpg>