

RAPPORT DE STAGE

✦ PROJET RFID
✦ CONCEPTION ET REALISATION D'UN BRAS
MANIPULATEUR A L'AIDE DE SERVOMOTEURS ET CARTE
ARDUINO UNO

Présenté par :

NGAKAM TCHEUMBE Pesciany Lafortune
(CI-1 IAGI)

Encadré par :

Mr. LAFROUJI Anas El Malki

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier profondément Dieu de m'avoir permis d'obtenir ce stage, de m'avoir donné le courage, la volonté, la force et la santé pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à mon encadrant Mr. LAFROUJI Anas El Malki pour l'opportunité qu'il m'a accordée, sa confiance, sa disponibilité, ses conseils judicieux et ses orientations concernant ce stage d'étude.

Mes sincères remerciement à toute l'équipe de Growithis.

Je remercie les membres du jury qui ont fait l'honneur de participer au jugement de ce travail.

Merci à toutes les personnes qui ont contribuées au bon déroulement de ce stage :

- A tous les professeurs de l'Ecole Nationale Supérieure de Casablanca
- A tous les professeurs du département Intelligence Artificielle et Génie informatique
- A ma famille pour le soutien

Et enfin mes remerciements à toute personne ayant participé de près ou de loin à ce travail.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	7
PARTIE 1 : « PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL »	9
A- Localisation	10
B- Organisation et Organigramme	10
C- Activité.....	11
PARTIE 2 : « SUJETS DU STAGE »	15
Chapitre 1 : « PROJET RFID »	16
Introduction	16
I- La technologie RFID	17
A- Qu'est-ce qu'un système RFID ?	17
B- Les composantes et fonctionnement d'un système RFID	17
C- Les types de RFID	21
D- Fréquences allouées aux systèmes RFID	21
E- Les applications de la RFID.....	21
II- Missions réalisées	22
III- Analyse et Bilan des compétences acquises.....	26
Chapitre 2 :	27
Mini- projet : « CONCEPTION ET REALISATION D'UN BRAS MANIPULATEUR AVEC DES SERVOMOTEURS CONTROLES A PARTIR DE LA CARTE ARDUINO UNO »	27
Introduction	28
I- Généralités sur les robots	29
A- Définition et historique	29
B- Catégories de robots	30
Vocabulaire de la robotique.....	31
C- Caractéristiques des robots	31
D- Les différents types de robots	33
E- Utilisation des robots	37
II- Généralité sur les Servomoteurs	37
A- Définition	37
B- Composition et caractéristiques des servomoteurs.....	38

C-	Utilisation et fonctionnement des servomoteurs	39
III-	Modélisation du robot à commander	41
A-	Description géométrique du bras manipulateur.....	41
B-	Description du robot à commander	42
C-	Modèle géométrique direct du robot à commander	42
IV-	Conception matérielle et logicielle	42
A-	La carte Arduino	43
B-	Logiciel Arduino.....	45
V-	Réalisation Pratique	48
A-	Structure mécanique du bras manipulateur.....	48
B-	Différentes parties du robot	49
C-	Carte de commande pour le bras manipulateur	53
D-	Commande du bras manipulateur	54
VI-	Analyse et Bilan des compétences acquises.....	56
	Conclusion :	56
	CONCLUSION GENERALE	57
	WEBOGRAPHIE.....	58
	ANNEXES.....	59

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de Growithis.....	11
Figure 2: Portique RFID pour camion.....	18
Figure 3: Lecteur à code-barres portable.....	19
Figure 4: Tag RFID.....	19
Figure 5: Contenu du tag RFID	19
Figure 6: Illustration d'un système RFID	20
Figure 7: Suivi de bagage grâce à la RFID	22
Figure 8: PDA (Personal Digital Assistant).....	24
Figure 9: Ligne de production robotisée.....	28
Figure 10: Bras manipulateur d'un robot industriel	29
Figure 11: Robot mobile à roue	30
Figure 12: Robot sous-marin.....	30
Figure 13: Robot volant	30
Figure 14: Robots humanoïdes	30
Figure 15: Robot manipulateur	31
Figure 16: Eléments constituant le bras manipulateur	31
Figure 17: Les articulations d'un robot	32
Figure 18: Bras manipulateur robot SCARA	34
Figure 19: Robot manipulateur cylindrique de marque Seiko TM.....	34
Figure 20: Robot manipulateur sphérique de marque FANUC TM.....	35
Figure 21: Robot manipulateur cartésien de marque Sepro.....	35
Figure 22: Robot parallèle de marque Adept Quattro.....	36
Figure 23: Bras manipulateur anthropomorphe de marque Kawasaki.....	36
Figure 24: Un servomoteur	38
Figure 25: Vue interne d'un servomoteur.....	38
Figure 26: Fils de connexion du servomoteur	39
Figure 27: Deux modèles de servomoteurs	40
Figure 28: Position en fonction de la pulsation.....	41
Figure 29: Figure géométrique du bras manipulateur	41
Figure 30: Modélisation du robot à commander	42
Figure 31: Carte Arduino UNO	44
Figure 32: Branchement entre la carte Arduino associée à son microcontrôleur et un ordinateur.....	45
Figure 33: Branchement carte Arduino UNO et servomoteur	45
Figure 34: Interface logiciel Arduino	46
Figure 35: Principe de fonctionnement de l'électronique de commande	47
Figure 36: Exemple de programme Arduino	47
Figure 37: Servomoteur TowerPro MG995.....	48
Figure 38: Fiche de description servomoteur TowerPro MG995	48
Figure 39: Patron du robot	49
Figure 40: Pièces découpées.....	49
Figure 41: Vue de dessus de la base	49
Figure 42: Dessous de la base	49
Figure 43: La base et son servomoteur.....	50
Figure 44: Premier corps avec son servomoteur	50
Figure 45 : Dessous du premier corps le reliant à la base.....	50

Figure 46: Vue de dessus deuxième corps	51
Figure 47: Coté du deuxième corps.....	51
Figure 48: La pince (le servomoteur et les deux doigts)	52
Figure 49 : Positionnement du 1er doigt sur le servomoteur	52
Figure 50: Assemblage complet du bras manipulateur	52
Figure 51: Mise en place des connexions des servomoteurs	53
Figure 52: Microcontrôleur Arduino.....	53
Figure 53: Carte Arduino reliée à son microcontrôleur	54
Figure 54: Configuration du protocole Telnet.....	55
Figure 55: Interface de commande du bras manipulateur grâce à PuTTY	55

Liste des tableaux

<i>Table 1: Applications de la technologie RFID</i>	<i>21</i>
---	-----------

Liste des Abréviations

Inc. : Incorporation

RFID : Radio Frequency Identification

RF : Radiofréquence

LF : Low Frequency (Basse Fréquence)

HF : High Frequency (Haute Fréquence)

UHF : Ultra-High Frequency (Ultra-Haute Fréquence)

SHF : Super-High Frequency (Supra-Haute Fréquence)

DLC : Date Limite de Consommation

PDA : Personal Digital Assistant

SCARA: Selective Compliance Articulated Robot for Assembly

R : Rotoïde

P : Prismatique

DL : Degrés de liberté

PWM : Pulse Width Modulation (modulation de largeur d'impulsion)

SSH : Secure Shell

INTRODUCTION GENERALE

Un stage d'étude a pour but de présenter à des étudiants tels que moi le monde du travail à travers une expérience réelle. Cela doit nous permettre de découvrir les contraintes et le fonctionnement d'une entreprise en collaborant au sein d'équipes professionnelles et expérimentées.

C'est ainsi que malgré la pandémie mondiale de la COVID-19, nous avons pu effectuer un stage d'étude du 24 Août au 16 octobre, soit une durée de deux mois au sein d'une structure.

J'ai choisi ce stage pour plusieurs raisons : tout d'abord car il s'inscrivait parfaitement dans mon projet professionnel ; car je souhaite en effet m'orienter vers un univers plutôt technique où l'informatique serait présente afin de servir des problématiques de la vie de chaque jour contrairement à celles centrées sur le côté web. Cette structure d'accueil présentait donc tous les atouts allant dans ce sens et ne pouvait par conséquent que m'être bénéfique, me permettre de découvrir un peu mieux mes capacités et surtout m'apporter de nouvelles connaissances.

Dans ce rapport, nous nous intéresserons à la technologie RFID et aux bras manipulateurs.

Notre rapport est structuré de la manière suivante :

La première partie constitue exclusivement la présentation de notre structure d'accueil.

La deuxième partie constitue le sujet de notre stage :

Dans un premier temps nous avons présenté dans le premier chapitre la technologie RFID ainsi que le déroulement du projet auquel nous avons participé.

Le deuxième chapitre de cette deuxième partie est consacré à la conception et à la réalisation d'un bras manipulateur avec des servomoteurs et la carte Arduino UNO.

PARTIE 1 : « PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL »

Vous trouverez dans cette partie :

- ✦ Une présentation de La société Growthis SARL. ;
- ✦ Une Description de l'activité de l'entreprise.



A- Localisation

Growithis, Inc. est une société américaine enregistrée au Delaware, aux États-Unis, sous le numéro de dossier 7297451. Son siège principal se situe à l'adresse **1049 El Monte Ave Ste C #566, Mountain View, CA 94040, États-Unis**. Growithis, Inc. possède de nombreuses succursales sur plus d'un continent. Au Maroc dans la ville de Casablanca, l'entreprise **Growithis SARL** située à **46 boulevard Zerktouni - étage 2 - appartement 6** fut notre organisme d'accueil durant toute la période de stage.

B- Organisation et Organigramme

Growithis, Inc. dispose d'une équipe diversifiée d'ingénieurs en architecture de l'information, systèmes d'information pour la gestion des entreprises, des avocats spécialisés dans les nouvelles technologies, et bien sûr d'une équipe de ventes et marketing. C'est une société dont les membres œuvrent dans la même direction, d'où toute la force de l'entreprise.

L'effectif de Growithis comprends entre autres :

- **Les consultants SI**
- **Les consultants RH**
- **Les conseillers juridiques**
- **Les développeurs**

L'organigramme de l'entreprise est le suivant :

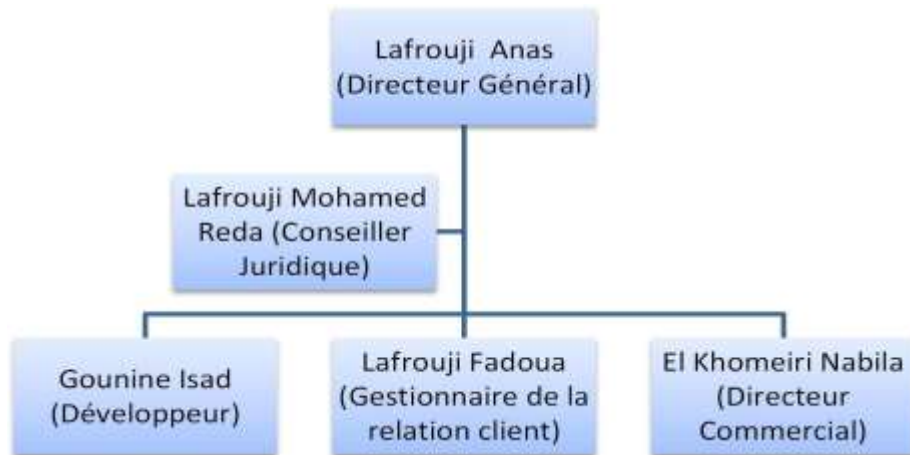


Figure 1: Organigramme de Growthis.

- **Directeur général** : M. Anas LAFROUJI ; qui fut mon encadrant durant ce stage. Dans l'entreprise, il coordonne les différentes activités menées.
- **Conseiller juridique** : M. LAFROUJI Mohamed Reda qui gère les accords et les contrats.
- **Développeur** : Mlle GOUNINE Isad, qui est chargée du développement et de la conception des logiciels.
- **Gestionnaire de la relation client** : Mlle LAFROUJI Fadoua ; elle se charge de fidéliser et de développer les portefeuilles clients.
- **Directeur Commercial** : Mme ELKHOMEIRI Nabilla ; elle gère et contrôle l'activité et le suivi de la force de vente afin d'optimiser les résultats.

C- Activité

Growthis Corporation vise à fournir sa technologie au monde entier en commençant par les entreprises émergentes et en leur fournissant un ensemble d'outils pour gérer leur entreprise d'une manière aussi simple. Son activité principale se base sur les nouvelles technologies.

Growthis, Inc. est une entreprise leader dans le secteur de l'intelligence Artificielle (IA).

L'intelligence artificielle est l'ensemble des théories et des techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine. Elle correspond donc plus à un ensemble de concepts et de technologies qu'à une discipline autonome. Souvent classée

dans le groupe des sciences cognitives, elle fait appel à la **Neurobiologie** (particulièrement aux réseaux neuronaux), à la **Logique Mathématique** (sous- discipline des mathématiques et de la philosophie) et à l'**Informatique**. Elle recherche des méthodes de résolution de problème à forte complexité logique ou algorithmique. Par extension, elle désigne dans le langage courant les dispositifs imitant ou remplaçant l'homme dans certaines mises en œuvre de ses fonctions cognitives. Ses finalités et son développement suscitent depuis toujours de nombreuses interprétations, fantasmes ou inquiétudes s'exprimant tant dans les récits ou films de science-fiction que dans les essais philosophiques.

Mélange entre informatique, mathématiques et sciences cognitives, l'histoire de l'intelligence artificielle remonte en fait à plus de 60 ans :

1956 : La naissance de l'intelligence artificielle

C'est dans le programme d'une conférence scientifique organisée à Dartmouth (USA) que le terme « intelligence artificielle » fût utilisé pour la première fois : "**Dartmouth Summer Research Project On Artificial Intelligence**". Ce fut comme un signal que le concept était désormais assez mûr pour devenir un sujet de recherche.

1957 : l'apparition du « Machine-Learning »

L'informaticien Américain Frank Rosenblatt, crée le « Perceptron » ; un classifieur binaire capable de classer des éléments (notamment des images) en deux catégories en exploitant ce qui constitue le premier réseau de neurones artificiels.

1997 : un champion de jeu d'échecs terrassé en 19 coups

Garry Kasparov, champion du monde d'échec se fait vaincre par « Deep Blue », un ordinateur conçu par IBM, capable de calculer plusieurs centaines de milliards de situations sans aucune intervention humaine.

2013 : les géants du Web s'emparent du sujet

Convaincus de la puissance de l'Intelligence Artificielle, les GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft), cinq (05) plus grands géants du Web et les autres géants de la Silicon Valley se lancent dans une course au recrutement d'experts sur la question.

Growthis propose les services suivants basés sur l'intelligence artificielle :

- **Assistant vocal intelligent**
- **Big-data et analyse de données**
- **Régressions des données et mise en œuvre de modèles prédictifs – classification des données grâce à l'apprentissage automatique.**

Parmi les réalisations de la société, nous avons le système **VIABI (Virtual Assistant for Business Interactions)** qui est un assistant virtuel intelligent pour les entreprises. Le monde est confronté à un changement majeur grâce à l'intelligence artificielle. Des voitures autonomes aux applications médicales, l'intelligence artificielle a prouvé son efficacité en proposant des solutions innovantes pour créer de nouvelles expériences utilisateur et résoudre des problèmes réels. Growthis est venu avec son assistant virtuel VIABI pour offrir des solutions d'intelligence artificielle appliquées au monde des affaires. Cette intelligence artificielle offre aux organisations un moyen simple de créer des rapports et des analyses avec des commandes vocales uniquement.

Le système VIABI, connecté aux systèmes d'information permet d'économiser du temps et de l'énergie, de réduire la charge de travail, de faciliter la communication et d'accroître considérablement la visibilité. Plus précisément, il suffit de prendre un smartphone, de demander à l'assistant d'effectuer une analyse de données qui peut prendre par exemple la forme de l'évolution du chiffre d'affaire par mois, du nombre de vente par catégories ou secteurs d'activités, pour devancer le rapport graphique à partir de données transversales sans aucun effort supplémentaire. En outre, VIABI permet d'afficher des rapports sur l'état, de faire des entrées qui peuvent être par exemple des notes de frais, des dépenses, des transactions financières et des rendez-vous ; le tout avec uniquement des commandes vocales. VIABI permet de rester léger, concentré et évite les recherches fastidieuses de logiciels lourds et complexes.

Enfin, VIABI est un système flexible qui s'adapte à tous les types de structure et de données et peut être paramétré en fonction de besoins spécifiques. VIABI est la solution qui augmente les capacités opérationnelles en matière de gestion financière, de marketing et vente, de ressources humaines et permet d'économiser du temps, de l'énergie, de la simplicité et de la visibilité avec un effort minimum. Cela permet une amélioration significative de la qualité et de

la performance des services offerts, en prenant les bonnes décisions au bon moment pour créer plus de valeur et une meilleure expérience client. Un champ d'application infini existe dans VIABI qui ouvre la porte à une nouvelle ère de services intelligents et utiles pour les activités de l'entreprise.

PARTIE 2 : « SUJETS DU STAGE »

Vous trouverez dans cette partie :

- ✦ Une documentation sur les sujets traités lors du stage ;
- ✦ Les différentes missions que nous avons effectuées ;
- ✦ Les différents obstacles rencontrés ;
- ✦ Une analyse et un bilan des compétences acquises.



Chapitre 1 :

« PROJET RFID »



Introduction

On ne pourrait parler de systèmes RFID sans pour autant évoquer la seconde guerre mondiale. Tout débute en 1935 où, des avions de l'armée britannique se détruisaient entre eux la plupart du temps car ils n'arrivaient pas à faire la différence entre les avions équipiers et ceux ennemis. Dès lors, l'ingénieur écossais **Robert Watson-Watt** développa une application : le système d'identification **IFF** : « **Identification Friend or Foe** » utilisant les radars afin de reconnaître des avions amis et de déterminer leur cap ainsi que leur distance. Ce système s'est répandu pour être utilisé aussi bien dans le parachutage que dans le bombardement à l'aveugle. Ceci entraînant donc la naissance de plusieurs autres technologies principalement axées dans le domaine militaire comme la **RFID**. Les avancées technologiques dans les années 80-90 ont favorisés l'expansion de la RFID dans le domaine civil (pour l'identification du bétail par exemple). De nos jours, on retrouve les technologies RFID partout autour de nous : smartphone, bracelet connectés, carte de transports, badges autoroutes ... Il est donc impossible d'envisager un futur sans communication ou échange de données car identification, traçage, archivage et stockage de données sont devenus indispensables.

I- La technologie RFID

A- Qu'est-ce qu'un système RFID ?

Un **système RFID** est un système qui utilise la **Radio-identification** ou **RFID** ; celle-ci est une méthode pour mémoriser et/ou récupérer des données à distances sur des entités (objets, personnes ou animaux) à l'aide de radio-étiquettes encore appelées Tag RFID.

B- Les composantes et fonctionnement d'un système RFID

Un système RFID complet se compose de :

1- Le lecteur RFID

Le lecteur RFID est un ensemble d'équipements fixes ou mobiles, il se constitue essentiellement d'une antenne et d'un module de radiofréquence. Dès lors qu'un tag se retrouve dans la zone d'action du lecteur, ce dernier émet une énergie électromagnétique à travers l'antenne, énergie qui va permettre au tag de fonctionner ; le module de RF quant à lui va permettre au lecteur d'envoyer des commandes spécifiques et de recevoir en retour des informations contenues dans la puce du tag RFID. Le lecteur peut aussi bien lire qu'écrire dans le tag ; ainsi les informations reçues seront envoyées vers un autre dispositif responsable du traitement des données.

On distingue deux types de lecteurs :

- **Le lecteur fixe**

Il est monté de manière fixe, sous forme de bornes ou bien de portiques. Il offre une mobilité et une flexibilité accrues dans les applications de type gestion d'entrepôts.



Figure 2: Portique RFID pour camion

- **Le lecteur portatif**

Il prend l'apparence d'un flasher et c'est lui qui se déplace. Ici, les antennes intégrées sont incorporées directement dans le dispositif.



Figure 3: Lecteur à code-barres portable

2- Le tag RFID

Encore appelé **Radio-étiquette** ou **marqueur**, le **tag RFID** sous forme de petit objet pouvant être collé ou incorporé sur des entités, est un circuit électronique possédant une antenne associée à une puce électronique responsable du traitement des requêtes émises par le lecteur.

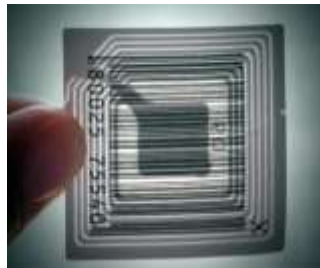


Figure 4: Tag RFID

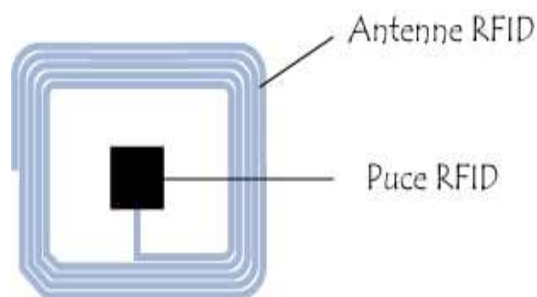


Figure 5: Contenu du tag RFID

On en distingue trois (03) catégories :

- Le tag passif

Il tire toute son énergie de l'onde électromagnétique émise par le lecteur au moment de la communication. Il est peu coûteux.

- Le tag semi-actif

Encore appelé *tag semi-passif*, il agit comme un tag passif au niveau de la communication, c'est-à-dire qu'il utilise l'énergie du lecteur pour générer la réponse à la requête du lecteur ; mais les autres éléments de la puce tels que le microcontrôleur et la mémoire tirent leur énergie d'une pile. Il est plus robuste, plus rapide et aussi plus cher que le tag passif.

- Le tag actif

Son alimentation provient d'une source interne qui se dessine sous forme d'une batterie. Ils sont très coûteux.

3- Le terminal RFID

C'est le cerveau de la chaîne RFID. Il permet de transformer les données brutes émises par la puce RFID en informations compréhensible : c'est l'ordinateur.

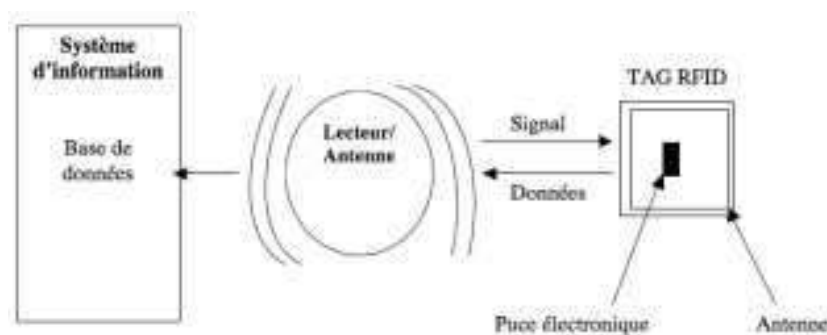


Figure 6: Illustration d'un système RFID

C- Les types de RFID

Du fait de la diversité des tags RFID, on distingue donc autant de types de RFID que de types d'étiquettes :

- RFID passive
- RFID semi-active
- RFID active

D- Fréquences allouées aux systèmes RFID

Les différents systèmes RFID sont caractérisés par leur fréquence de fonctionnement. Celles-ci sont regroupées en plusieurs catégories :

- LF : pour des fréquences inférieures à 135 MHz
- HF : pour des fréquences qui avoisinent les 135 MHz
- UHF : pour les fréquences autour de 433 MHz, 865-928 MHz
- SHF : pour des fréquences aux alentours de 2.45GHz

E- Les applications de la RFID

La technologie RFID est une technologie en plein essor qui se développe dans de nombreux domaines : transport, sécurité, aviation, logistique ... Elle a permis et permet différentes applications en fonction de ses fréquences d'utilisation comme répertoriées dans le tableau suivant :

Table 1: Applications de la technologie RFID

Catégorie de Fréquences	Applications
LF	<ul style="list-style-type: none">- Suivi des animaux- Gestion des accès
HF	<ul style="list-style-type: none">- Suivi des bagages- Surveillance électronique d'articles

	<ul style="list-style-type: none"> - Portemonnaie électronique
UHF	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi dans la chaîne d'approvisionnement et de gestion d'entrepôt (433 MHz) - Système de télécommande (865-928 MHz)
SHF	<ul style="list-style-type: none"> - Télépéage - Suivi de chemin de fer



Figure 7: Suivi de bagage grâce à la RFID

II- Missions réalisées

Dès notre arrivée dans l'entreprise, après avoir pris connaissance de son fonctionnement et de ses règles, il nous a été confié différentes missions en relation avec le projet en cours : « projet RFID » suite à la demande d'un client.

La problématique lors de la réalisation de ce projet était celle de **Diminuer les pertes de marchandises du client par le contrôle des dates de consommation minimale**. Ainsi, lors de notre arrivée dans l'entreprise le projet avait déjà été commencé et était en phase de finalisation.

- **Première mission**

Notre première mission était de mener une étude complète pour comprendre de système et son fonctionnement afin d'être à jour dans l'avancement du projet. Cette étude nous a initiée et à approfondi nos connaissances de la technologie RFID.

Après l'étude, nous avons réalisé avec notre encadrant (chef de projet) un prototype de système RFID pour mieux comprendre son fonctionnement de façon pratique ainsi que pour comprendre ligne à ligne le code de fonctionnement. Notre système était donc formé d'une alarme qui se déclenche en cas d'un passage invalide, d'un lecteur RFID fixe, d'un terminal de contrôle ainsi que de quelques étiquettes pour la simulation. Le système a été formé à base de la carte Arduino et programmé en Java EE. Nous avons donc effectué différentes simulations en faisant passer les étiquettes près du lecteur et avons observé les différentes opérations dans la base de données associée à travers un ordinateur.

- **Deuxième mission**

Suite à la simulation du fonctionnement du système RFID, il nous a été demandé de rédiger des documents explicatifs de tout ce que nous avons simulés, des différents comportements du système, un document explicatif sur le fonctionnement du logiciel de traçabilité ainsi que d'un test de connaissances associé. (*Voir annexe 1*)

En complémentarité avec le système RFID, une application de contrôle a été développée afin de palier à notre problématique.

Dans le premier document, nous avons expliqué en détail le fonctionnement de l'application, les différentes étapes à suivre afin de bien l'utiliser.

Alors l'application avait pour but l'enregistrement des marchandises lors de leur identification après arrivée, cette dernière (application) a été intégrée dans un PDA sur qui était lié un scanner portatif afin de lire les différentes étiquettes.



Figure 8: PDA (Personal Digital Assistant)

Comme indiqué sur l'*annexe 1* le processus de traitement des marchandises était le suivant :

RECEPTION -> RESERVE -> VENTE

Processus de traitement des marchandises

Ainsi, lors de l'arrivée des marchandises les étapes suivantes sont appliquées (*voir annexe 2*) :

- a- Entreposer les marchandises reçues dans la zone RECEPTION,
- b- Regrouper les marchandises en palette
- c- Mettre des étiquettes RFID sur chaque palette
- d- Procéder à l'enregistrement des marchandises en utilisant l'application intégrée dans le lecteur portatif qui va scanner le code-barre sur l'étiquette palette par palette
- e- Lorsque le scan est fait, il faut remplir les infos nécessaires dans l'application et procéder à l'enregistrement des différents composants de la palette
- f- Regrouper les palettes dans la zone RESERVE

Pour ce dernier cas, des portiques RFID (lecteur) ont été installés entre la zone RECEPTION et RESERVE, ainsi, lorsqu'on va faire passer les palettes à travers les

portiques, les informations contenues dans l'étiquette (les noms et DLC : Date Limite de Consommation des produits qu'elle contient, ainsi que la DLC optimale de toute la palette) de la palette, seront lues par le lecteur et transmis au terminal. (*Voir annexe 3*).

Les palettes se trouvant désormais dans RESERVE, le passage vers l'espace VENTE se fait lui aussi à travers d'autres portiques RFID (*Voir annexe 4*). Ainsi lorsqu'un employé va transporter une palette dans la réserve pour la faire passer à l'espace de vente, il va passer automatiquement à travers le système ; les antennes de ces portiques vont lire les informations de la palette puis les comparées à celles déjà présentes (suite au premier enregistrement après la réception), et déclencheront ou pas l'alarme du système (*Voir annexe 5*). Si la palette en cours de transfert a la DLC optimale (plus petite DLC) parmi toutes les autres du même groupe, la transaction s'effectue sans problème et s'enregistre au niveau du système ; sinon, l'alarme se déclenche et la transaction s'enregistre au niveau du système en précisant l'anomalie et l'employé se doit de changer la palette afin de prendre celle qui a la DLC optimale dans le même groupe (*Voir annexe 6 et 7*) suivant un délai prédéfini.

L'autre document réalisé était pour expliquer le fonctionnement du logiciel de traçabilité lors du passage des étiquettes RFID (*Voir annexe 8*) ; et enfin un test de connaissance sur notre système (*Voir annexe 9*).

- **Troisième mission**

Notre troisième s'est déroulée en deux parties :

- Test et déploiement du système RFID chez le client

Ici nous nous sommes rendus sur le terrain, chez le client en présence de notre encadrant pour mettre en place le système afin d'effectuer les différents tests conformément aux descriptions faites ci-dessous.

- Assistance à la formation pour le projet (*Voir annexe 10*)

Nous avons assisté notre encadrant dans la tâche de formation des employés chez le client ; nous avons reçu la mission d'expliquer à un groupe le fonctionnement des

différentes parties, ce qu'il faut faire en cas d'anomalie et avons effectué un test de connaissance (*Annexe 9*) pour s'assurer qu'ils ont compris la formation et avons conclu par la formation pratique. (*Voir annexe 11*).

III- Analyse et Bilan des compétences acquises

Malgré quelques difficultés que nous avons rencontrées, notamment :

- Il nous a fallu beaucoup de temps pour comprendre le code de fonctionnement du système car celui-ci ayant été écrit dans un langage non maîtrisé : Java EE.
- Un problème de communication à certains moments de la formation où il fallait employer par moment la langue Arabe pour une meilleure compréhension ; mais grâce à l'aide de notre encadrant et du personnel formé nos efforts ont pu aboutir.

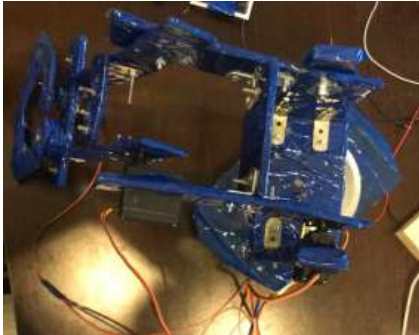
Ce projet RFID a été une expérience exceptionnelle pour nous. Nous avons pu découvrir une nouvelle technologie, maîtriser et simuler son fonctionnement. Ce qui nous a permis en retour de partager ces connaissances acquises avec d'autres personnes en répondant à leurs besoins ; constituant ainsi une opportunité d'allier travail en entreprise et travail sur le terrain.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu étudier la technologie RFID, comprendre son fonctionnement et apprendre un peu plus sur quelques de ses applications. Nous avons également décrit notre expérience d'assistance à la réalisation de ce projet sous différents points.

Chapitre 2 :

Mini- projet : « CONCEPTION ET REALISATION D'UN BRAS MANIPULATEUR A L'AIDE DES SERVOMOTEURS CONTROLES A PARTIR DE LA CARTE ARDUINO UNO »



Introduction

Combinaison de l'Electronique, l'Electrotechnique, la Mécanique, l'Automatique et l'Informatique, la Robotique s'impose de plus en plus dans l'industrie moderne. Les robots manipulateurs sont très utilisés de nos jours dans un soucis de gain de temps et d'argent. Ces robots manipulateurs sont reprogrammables et peuvent effectuer de nombreuses tâches telles que déplacer des matériaux, des pièces etc... La présence des robots manipulateurs dans l'industrie d'aujourd'hui est banalisé notamment dans le domaine de l'automobile .



Figure 9: Ligne de production robotisée

Commander un robot manipulateur consiste à lui permettre d'atteindre un état désiré ou de réaliser une tâche bien spécifique avec une grande précision dans un environnement bien réel.

Ils répètent les mouvements qu'on leur a programmé sans informations sur la tâche à effectuer. C'est ce qui rend ces systèmes incapables de faire face à des changements de structure ou d'environnement sans reconfiguration ou programmation.

Le but de ce projet est la conception et la réalisation d'un robot de type bras manipulateur à trois axes en utilisant les servomoteurs.

I- Généralités sur les robots

A- Définition et historique

Définition

Un robot est un dispositif mécatronique (mécanique + électronique + informatique) conçu pour accomplir automatiquement des tâches, imitant ou reproduisant dans un domaine précis des actions humaines.

Un bras manipulateur est le « bras d'un robot » généralement programmable, avec des fonctions similaires à un bras humain. Ils peuvent être fixes ou mobiles et permettent un mouvement de rotation et/ou de translation.



Figure 10: Bras manipulateur d'un robot industriel

Historique des robots :

- 1913 : Les machines de l'ingénieur Bent Russell
- 1915 : Chien électrique construit par John Hammond et Benjamin Miessner
- Seconde guerre mondiale : Apparition des robots de guerre avec le goliath
- 1947 : Apparition du premier bras manipulateur électrique téléopéré
- 1950 : Mes tortues cybernétiques de William Grey Walter
- 1954 : Premier robot programmable

- 1960 : La robotisation de l'industrie dans le secteur automobile
- Fin du 20^e siècle : Apparition de la robotique de transport avec le métro de Lille Métropole
- Début du 21^e siècle : L'apparition des robots domestiques (comme les aspirateurs...), navire de guerre, appareils volant sans pilote

B- Catégories de robots

On peut classer les robots en plusieurs catégories ; on distingue les :

- Robots mobiles à roues
- Robots sous-marins
- Robots volants
- Robots humanoïdes
- Robots manipulateurs



Figure 11: Robot mobile à roue



Figure 12: Robot sous-marin



Figure 13: Robot volant



Figure 14: Robots humanoïdes



Figure 15: Robot manipulateur

Vocabulaire de la robotique

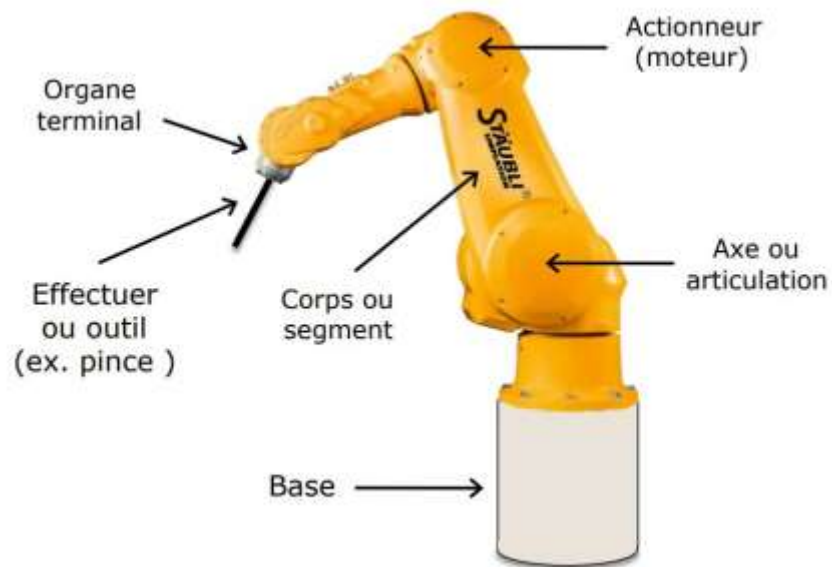


Figure 16: Eléments constituant le bras manipulateur

C- Caractéristiques des robots

1- Géométrie

- Le robot en tant que système mécanique poly-articulé dispose des :
 - ★ Articulation prismatique (translation)
 - ★ Articulation rotoïde

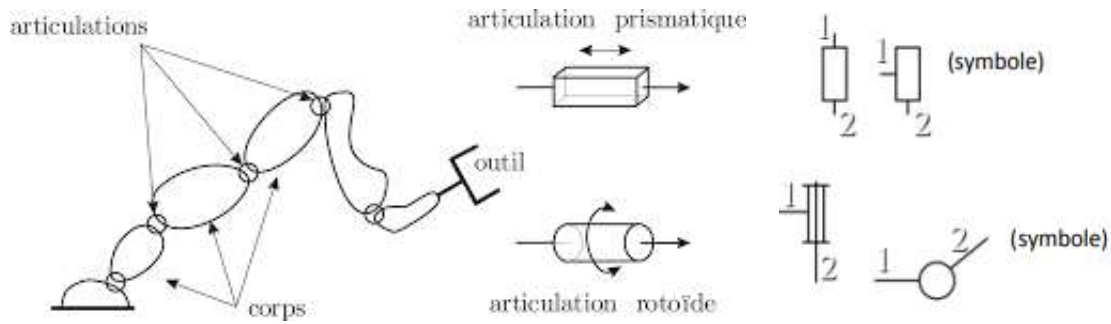
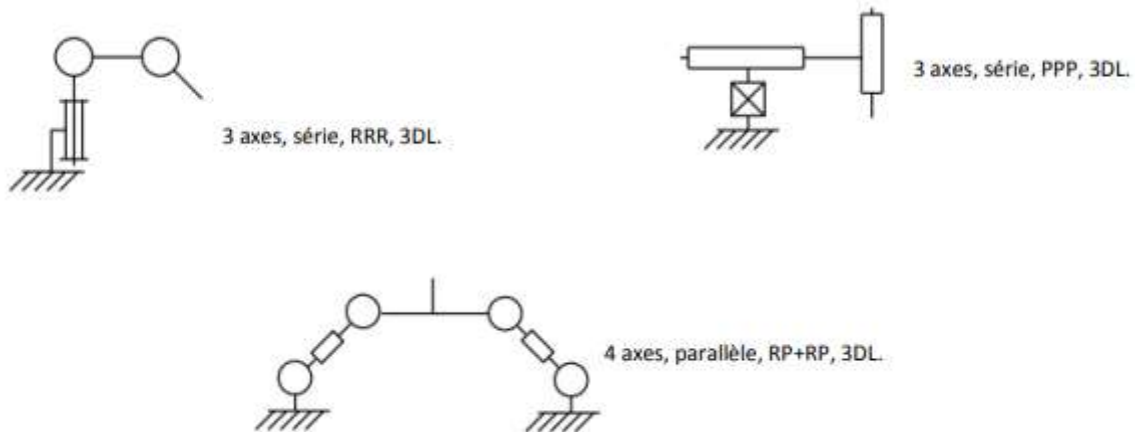


Figure 17: Les articulations d'un robot

➤ Caractéristiques :

- ★ Nombre d'axes (mis en mouvement par un actionneur)
- ★ L'architecture (série ou parallèle)
- ★ Le chaînage des articulations : rotation (R), prismatique (P)
- ★ Le nombre de degrés de liberté (DL)

Exemples :



2- Volume accessible

Il dépend de la géométrie du robot, de la longueur des segments et du débattement des articulations qui sont limitées par des butées.

3- Précision et Répétabilité

On dit que le positionnement absolu est imprécis lorsqu'il dépasse 1mm. Ceci peut être dû aux erreurs suivantes :

- Erreur de modèle géométrique
- Erreur de quantification de la mesure de position
- Flexibilités

La **répétabilité** d'un robot est l'erreur maximale de positionnement répété de ce dernier en tout point de son espace de travail. En général, **elle est inférieure à 0.1 mm.**

4- Charge utile

La **charge utile** est la charge maximale que peut porter le robot sans dégrader la répétabilité. Elle est nettement inférieure à la charge maximale que peut porter le robot, charge qui dépend directement des actionneurs.

D- Les différents types de robots

1- Les robots SCARA

Selective Compliance Articulated Robot for Assembly, en d'autres termes bras robotisé d'assemblage à mobilité sélective. Ce sont des robots de manutention d'origine japonaise.

Caractéristiques :

- 3 ou 4 axes, série, RRP, 3 DL
- Espace de travail cylindrique
- Grande précision
- Très rapide

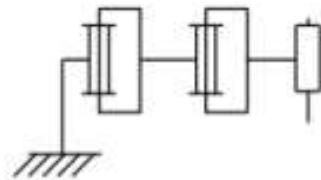


Figure 18: Bras manipulateur robot SCARA

2- Robots cylindriques

Caractéristiques :

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

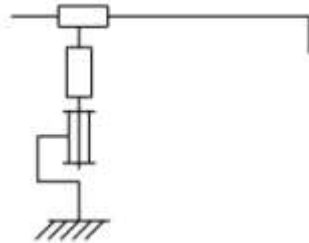


Figure 19: Robot manipulateur cylindrique de marque Seiko TM

3- Robots sphériques

Caractéristiques :

- 3 axes, série, RRP, 3 degrés de liberté
- Espace de travail sphérique
- Grande charge utile

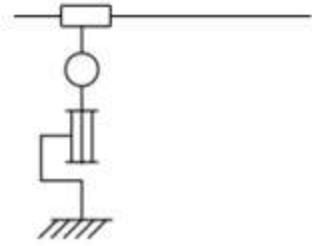


Figure 20: Robot manipulateur sphérique de marque FANUC TM

4- Robots cartésiens

Caractéristiques :

- 3 axes perpendiculaires 2 à 2, série, PPP, 3 DL
- Très bonne précision
- Lent

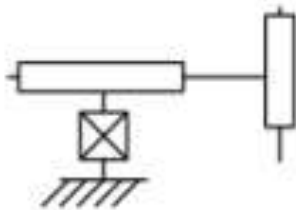


Figure 21: Robot manipulateur cartésien de marque Seapro

5- Robots parallèles

Caractéristiques :

- Dispose de plusieurs chaînes cinématiques en parallèle
- Espace de travail réduit
- Précis avec une structure très rigide
- Rapide



Figure 22: Robot parallèle de marque Adept Quattro

6- Robots Anthropomorphes

Ils reproduisent la structure d'un bras humain

Caractéristiques :

- 6 axes, série, 6R, 6DL

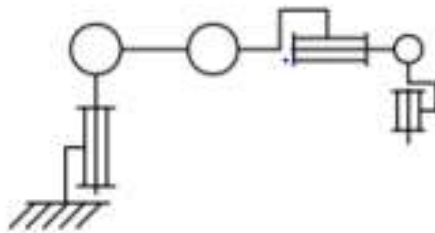


Figure 23: Bras manipulateur anthropomorphe de marque Kawasaki

E- Utilisation des robots

La grande majorité des robots est utilisée pour des tâches simples et répétitives ; leur choix se base sur :

- La simplicité de la tâche
- L'importance des critères de qualité sur la tâche
- La difficulté de la tâche

Ainsi, on distingue principalement :

Pour des taches Simples :

- Les robots soudeurs
- Les Robots de palettisation
- Les robots de chargement
- Etc...

Pour des taches Simples :

- Les robots de service
- La robotique médicale
- Etc...

II- Généralité sur les Servomoteurs

A- Définition

Un servomoteur est un moteur capable d'atteindre des positions prédéterminées puis de les maintenir. Le terme servomoteur signifie qu'il s'agit d'un moteur asservi, obéissant à une commande externe.



Figure 24: Un servomoteur

B- Composition et caractéristiques des servomoteurs

Un servomoteur est un ensemble complet alliant mécanique et électronique ; il se compose de :

- Un moteur à courant continu souvent de petite taille
- Un réducteur de vitesse
- Un potentiomètre pour le contrôle de la position de l'axe du moteur
- Des bras de fixation

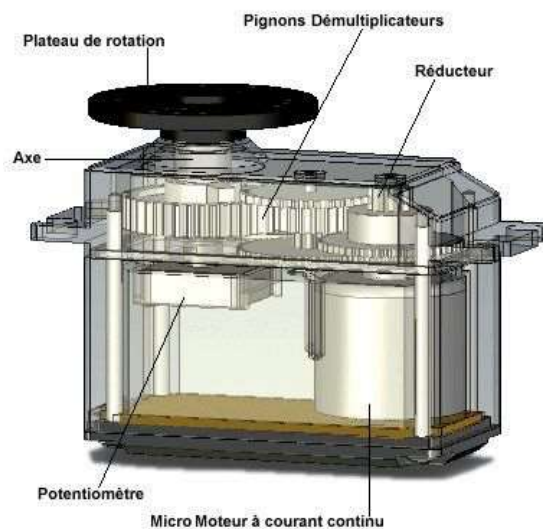


Figure 25: Vue interne d'un servomoteur

Le servomoteur est caractérisé par :

- Sa vitesse de rotation pour aller à la position désirée
- Son couple : la force que le servomoteur peut dégager pour garder la position désirée en **kg/cm**.

Kg/cm signifie le poids pouvant être supporter lorsqu'on fixe une tige de 1 cm.

C- Utilisation et fonctionnement des servomoteurs

Un servomoteur dispose de trois fils de connexion. Deux fils d'alimentation et un fil récepteur du signal de commande :

- **Fil rouge** : pour l'alimentation positive (4,5 - 6 Volts)
- **Fil noir ou marron** : pour la masse (0 Volts)
- **Fil orange, jaune ou blanc, ...** : entrée du signal de commande.



Figure 26: Fils de connexion du servomoteur

Les servomoteurs sont utilisés pour positionner, faire pivoter, déplacer un bras jusqu'à une certaine position.

Il en existe une variété de modèle : des gros modèles industriels de plusieurs kilogrammes à courant alternatif jusqu'aux micro servomoteur de quelques grammes. Leur course se limite à 90, 120 ou même 180 degrés en fonction du modèle ; certains sont même à rotation continue.



Caractéristiques :

- Alimentation : 4.8 à 6 Volt
- Vitesse : 0.23 sec/60°
- Couple : 3.2 kg/cm
- Poids : 37.2 g



Caractéristiques :

- Alimentation : 4.8 à 6 Volt
- Vitesse : 0.15 sec/60°
- Couple : 18 kg/cm
- Poids : 161 g

Figure 27: Deux modèles de servomoteurs

Les servomoteurs sont commandés par l'intermédiaire d'un câble électrique à trois fils qui permet d'alimenter le moteur et de lui transmettre des consignes de position sous forme d'un signal codé en largeur d'impulsion : PWM (Pulse Width Modulation). Cela signifie que *c'est la durée des impulsions qui détermine la position du bras de commande du servomoteur* ; plus la durée est grande plus l'angle de position sera élevé. Ce temps d'impulsion est de quelques millisecondes et doit être répété à intervalles réguliers (toutes les 20 ms). Lorsque le moteur tourne, l'axe du servomoteur change de position, ce qui modifie la résistance du potentiomètre. L'électronique va donc permettre de commander le moteur pour que la position de l'axe de sortie soit conforme à la consigne reçue : c'est **l'asservissement du servomoteur**.

Si le temps d'impulsion varie d'un fabricant à l'autre, les valeurs suivantes sont assez standard :

- 1ms= 0 degré
- 1.50 ms = 90 degrés
- 2 ms = 180 degrés

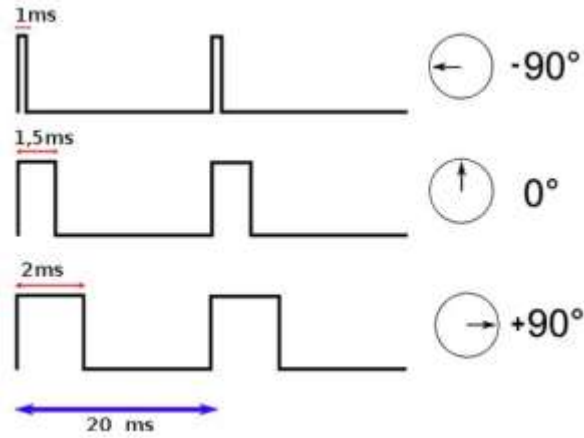


Figure 28: Position en fonction de la pulsation

III- Modélisation du robot à commander

A- Description géométrique du bras manipulateur

Un robot manipulateur à structure ouverte simple est composé de **$n+1$** corps rigides : **C_0, C_1, \dots, C_n** et de **n** articulations ou liaisons. Le corps **C_0** constitue la base du robot tandis que le corps **C_n** porte l'organe terminal. L'articulation **J** relie le corps C_j au corps C_{j-1} ; le mouvement de chaque articulation produit le mouvement relatif du corps.

- **Articulation Prismatique (P)** : lorsque le mouvement effectué est une translation
- **Articulation rotoïde (R)** : lorsque le mouvement effectuer est une rotation.

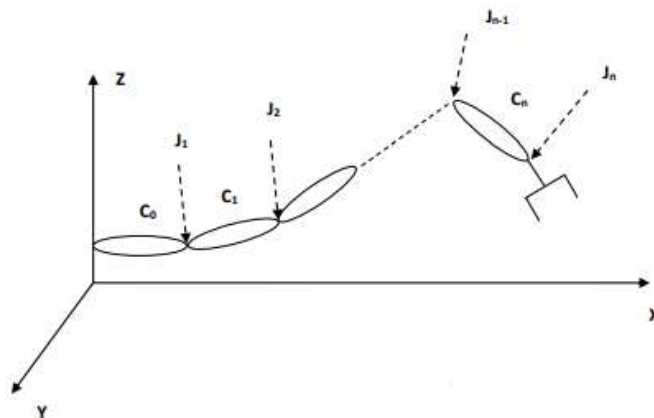


Figure 29: Figure géométrique du bras manipulateur

B- Description du robot à commander

Le robot à commander est un bras manipulateur constitué principalement de trois segments qui peuvent tourner respectivement autour des axes Z_1 , Z_2 et Z_3 . Le troisième segment comporte l'organe terminal qui est une pince à deux broches ou doigts.

Les rotations θ_1 , θ_2 et θ_3 ainsi que l'ouverture et la fermeture de la pince sont assurées par des actionneurs électriques : les servomoteurs.

C- Modèle géométrique direct du robot à commander

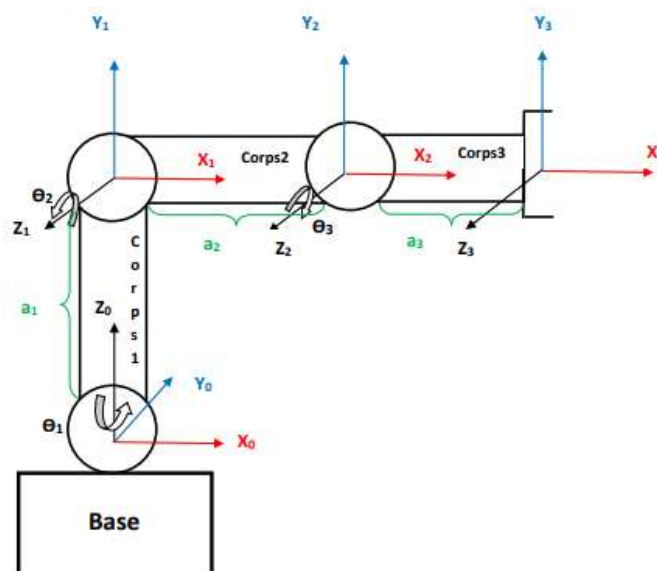


Figure 30: Modélisation du robot à commander

IV- Conception matérielle et logicielle

Le robot est une machine capable d'effectuer automatiquement un certain nombre d'action en exécutant les mouvements décrits par le programme embarqué sur le robot. Ce programme est développé par des méthodes manuelles ou automatiques.

A- La carte Arduino

(Voir annexe 12)

L'Arduino est une plateforme open-source d'électronique programmée qui est basée sur une simple carte à microcontrôleur, et un logiciel ; véritable environnement de développement intégré, pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur. L'Arduino peut être utilisé pour développer des objets qui interagissent avec le milieu qui les entoure, pouvant recevoir des entrées d'une grande variété d'interrupteurs ou de capteurs, et pouvant contrôler une grande variété de lumière, moteur ou toutes autres sorties matérielles. Le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant plusieurs avantages tels que :

- Le prix : les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparées aux autres plateformes.
- Le multi-plateforme : le logiciel Arduino est écrit en Java et est disponible sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux alors que la plupart des autres systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.
- Un environnement de programmation simple et clair
- Le logiciel est open source et extensible

La carte Arduino que nous avons utilisé est la carte **Arduino UNO** ; c'est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. Ce dernier a une mémoire flash de 32 Ko pour stocker le programme (dont 0.5 Ko également utilisés par le bootloader afin de lancer un/plusieurs systèmes d'exploitation à des moments différents sur la même machine). Il dispose également de 2Ko de mémoire SRAM (volatile) et 1Ko d'EEPROM (non volatile ; pouvant être lue à l'aide de la librairie EEPROM).

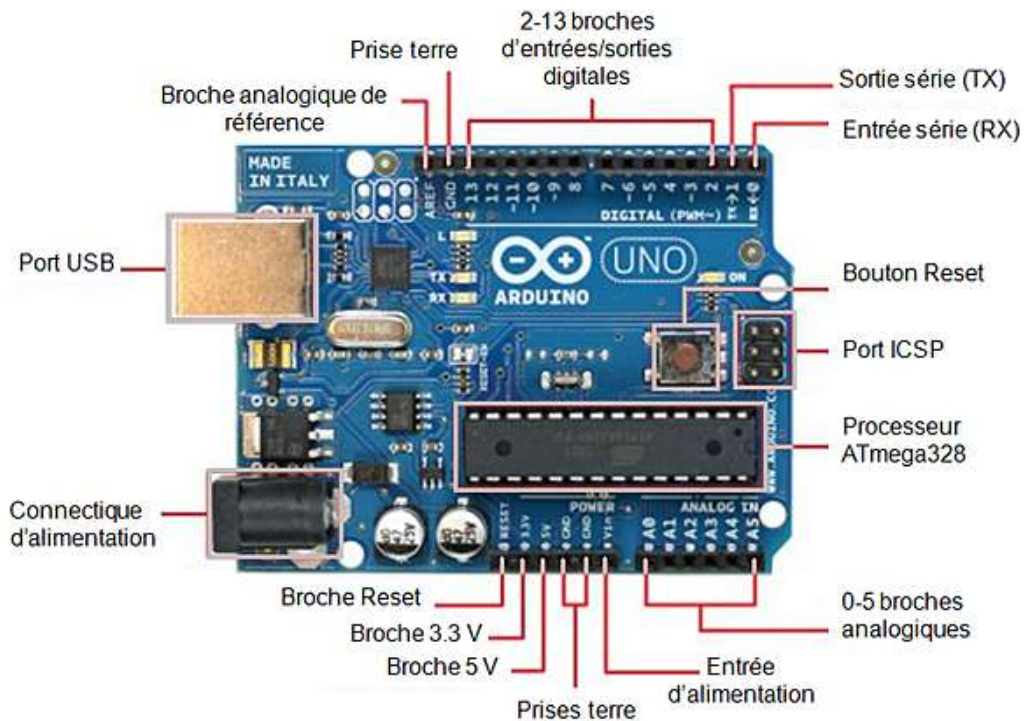


Figure 31: Carte Arduino UNO

Elle dispose de :

- 14 broches numériques d'entrées/ sorties (numérotées de 0 à 13) ; dont 6 peuvent être utilisées en sorties PWM (broches 3, 5, 6, 9, 10 et 11)
- 6 entrées analogiques, qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numériques
- Une connexion USB
- Un connecteur d'alimentation Jack
- Un connecteur ICSP (programmation « in -circuit »)
- Un bouton Reset pour la réinitialisation
- Une LED activée par la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, si elle est au niveau BAS, la LED est éteinte

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur; pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile.



Figure 32: Branchement entre la carte Arduino associée à son microcontrôleur et un ordinateur

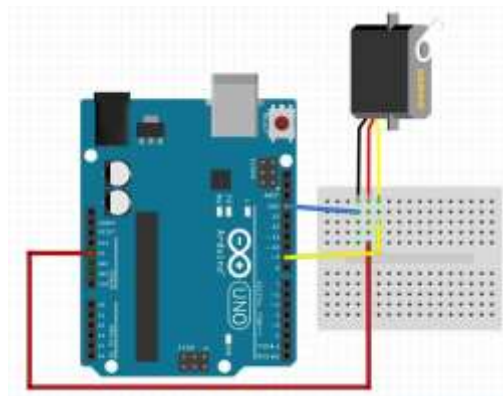


Figure 33: Branchement carte Arduino UNO et servomoteur

B- Logiciel Arduino

(Voir annexe 13)

Le logiciel Arduino est un espace de développement intégré (EDI) dédié au langage Arduino et à la programmation des cartes Arduino. Le langage utilisé par le logiciel est basé sur le **C** auquel s'ajoutent des instructions spécifiques au langage Arduino. Le logiciel dispose d'une banque d'exemples très riche qui permet d'utiliser des morceaux de codes pré-écrit. Ce logiciel a pour fonctions principales :

- Ecrire et compiler des programmes pour la carte Arduino
- Communiquer avec la carte Arduino
- Se connecter avec la carte Arduino pour y transférer les programmes.

Le logiciel Arduino comporte :

- Une BARRE DE MENU comme tout logiciel avec une interface graphique
- Une BARRE DE BOUTONS qui permet un accès direct aux fonctions essentielles du logiciel ; ce qui fait toute sa simplicité d'utilisation
- Une FENETRE D'EDITION pour écrire le code de programmes, avec onglets de navigation.
- Une ZONE DE MESSAGES qui affiche et indique l'état des actions en cours
- Une CONSOLE qui affiche les messages concernant le résultat de la compilation du programme.

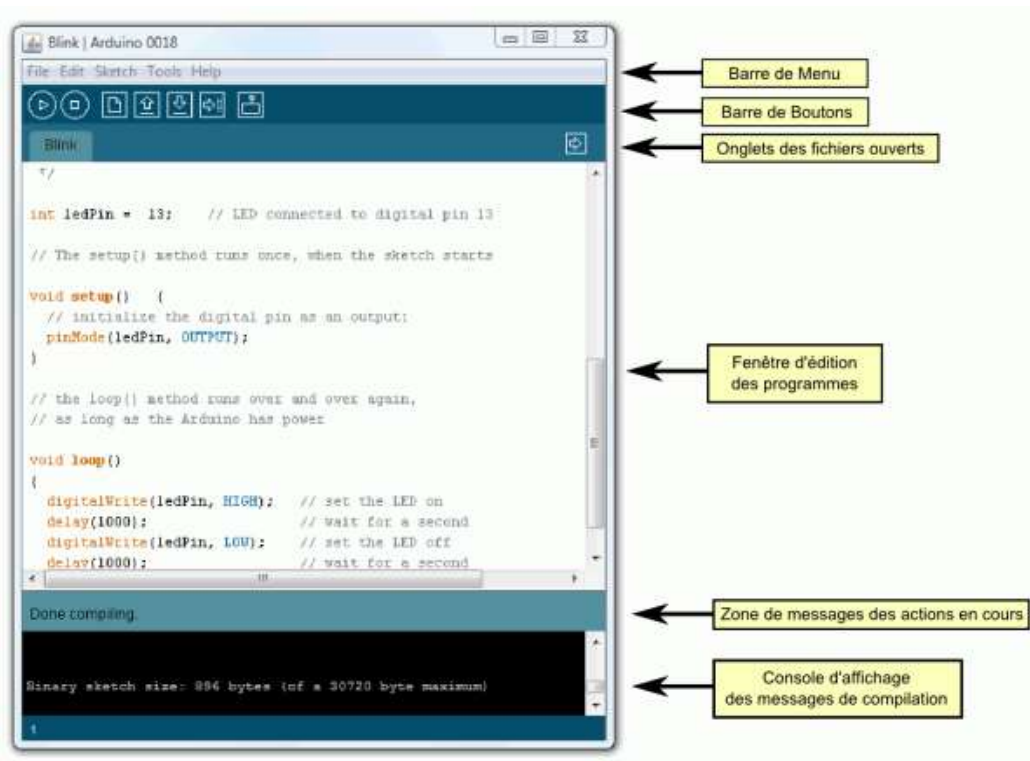


Figure 34: Interface logiciel Arduino

Pour contrôler un servomoteur avec la carte Arduino UNO, il existe une librairie (SERVO.H) qui est incluse dans l'IDE pour faciliter son pilotage.

- **servo.attach (pin)** : permet d'attacher un pin à un servomoteur
- **servo.write(angle)** : demande au servomoteur de se positionner à l'angle transmis en paramètre.

➤ L'électronique de commande

La consigne donnée par l'utilisateur est comparée par rapport à la position réelle de l'axe du moteur ; ainsi, s'il y'a une différence d'angle entre la consigne et l'angle mesuré par le capteur (potentiomètre sur l'axe du moteur), le comparateur va commander le moteur et le faire tourner jusqu'à ce que cette différence s'annule.

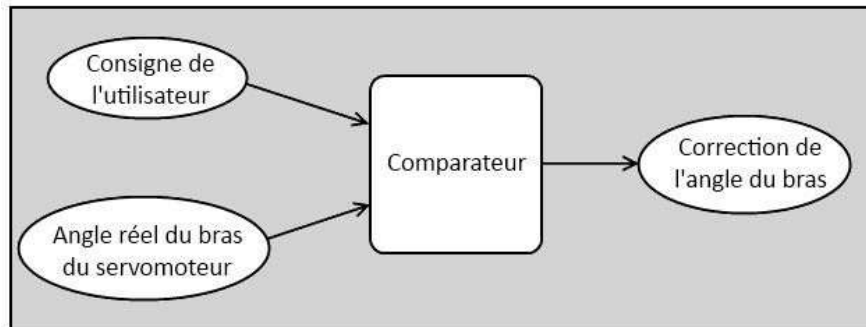


Figure 35: Principe de fonctionnement de l'électronique de commande

Exemple : Commande d'un servomoteur

```
#include <Servo.h>
Servo monservo; // crée l'objet pour contrôler le servomoteur
void setup()
{
  pinMode(9, OUTPUT); //mettre la broche 9 en sortie
  monservo.attach(9); // utilise la broche 9 pour le contrôle du servomoteur
  monservo.write(0); // initialisation du servomoteur à 0°
}

void loop()
{
  monservo.write(45); // commander le servomoteur à 45°
  delay(1000); // attendre une seconde
  monservo.write(90); // commander le servomoteur à 90°
  delay(1000); // attendre une seconde
  monservo.write(180); // commander le servomoteur à 180°
  delay(1000); // attendre une seconde et répéter la tâche
}
```

Figure 36: Exemple de programme Arduino

V- Réalisation Pratique

Nous allons voir les différents éléments utilisés pour notre bras manipulateur et comment les assembler.

A- Structure mécanique du bras manipulateur

Nous avons opté pour des planches de bois et du contreplaqué solide en raison de leur disponibilité et leur coût.

Dans le cadre de notre projet, nous avons utilisé les servomoteurs **TowerPro MG995**. Ce sont des acteurs qui comportent un réducteur, un contrôleur et un pilote.



Figure 37: Servomoteur TowerPro MG995

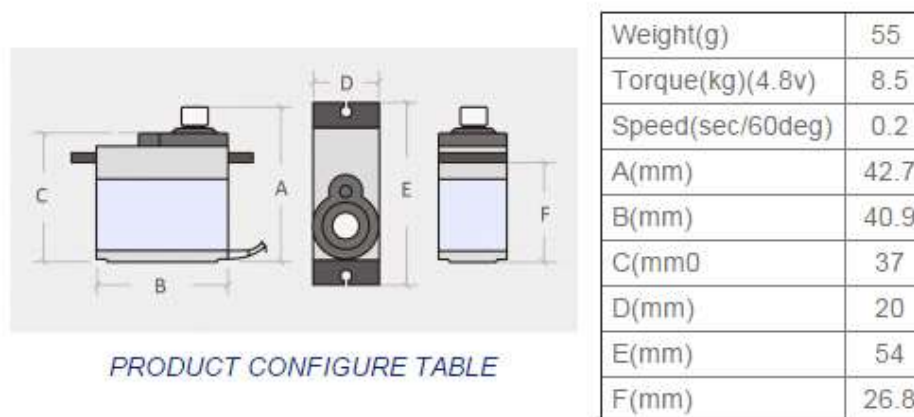


Figure 38: Fiche de description servomoteur TowerPro MG995

Le reste du matériel utilisé en annexe 14.

B- Différentes parties du robot

Le bras est constitué de plusieurs parties dont toutes les articulations sont rotoïdes.

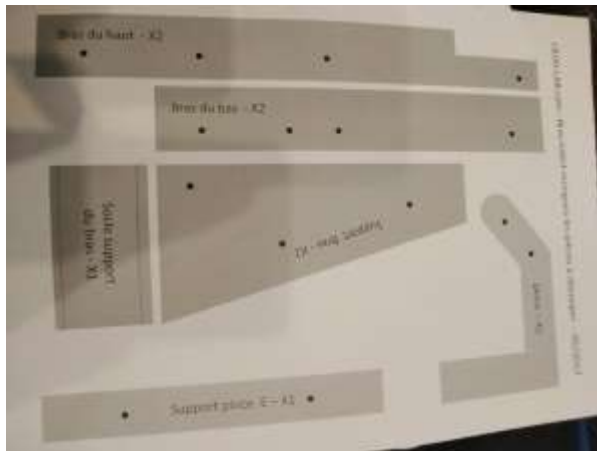


Figure 39: Patron du robot



Figure 40: Pièces découpées

1- La base

Elle est composée de 4 morceaux de bois assemblé en « H » et dont la partie supérieure est recouverte en partie par du contreplaqué pour faciliter l'insertion du servomoteur.

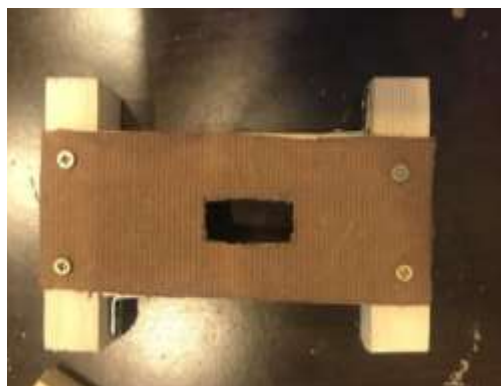


Figure 41: Vue de dessus de la base



Figure 42: Dessous de la base

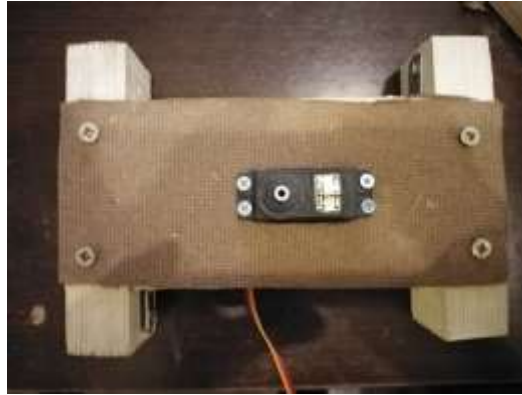


Figure 43: La base et son servomoteur

2- Le premier corps

C'est un segment en « U » fait avec le contreplaqué et relié au servomoteur implanté sur la base. Un espace a été découpé pour l'insertion du servomoteur Towerpro MG995 de manière à ce qu'il soit stable.



Figure 44: Premier corps avec son servomoteur



Figure 45 : Dessous du premier corps le reliant à la base

3- Le deuxième corps

C'est un segment en contreplaqué composé de 2 pièces identiques dont l'une est reliée au servomoteur implanté sur le premier corps. Les deux pièces sont reliées par une tige ayant pour rôle la transmission du mouvement afin d'avoir en résultat une forme en H.

Une cavité a été découpée sur l'une des pièces de telle manière à avoir une ouverture pour le passage du servomoteur de manière à ce qu'il soit fixe.



Figure 46: Vue de dessus deuxième corps



Figure 47: Coté du deuxième corps

4- Le troisième corps

C'est un segment en contreplaqué composé de 2 pièces. Les deux pièces sont reliées par une tige ayant pour rôle la transmission du mouvement afin d'avoir en résultat une forme en H. une extrémité est reliée au servomoteur fixé sur le deuxième corps, l'autre extrémité est reliée à l'organe terminal.

(Représentation identique au 2^e corps)

5- Organe terminal

C'est une pince fabriquée avec du contreplaqué. Elle est composée de deux doigts, un fixe et l'autre mobile doté d'un servomoteur. Son rôle est de saisir l'objet désiré.



Figure 48: La pince (le servomoteur et les deux doigts)



Figure 49 : Positionnement du 1er doigt sur le servomoteur

6- Assemblage complet du bras manipulateur

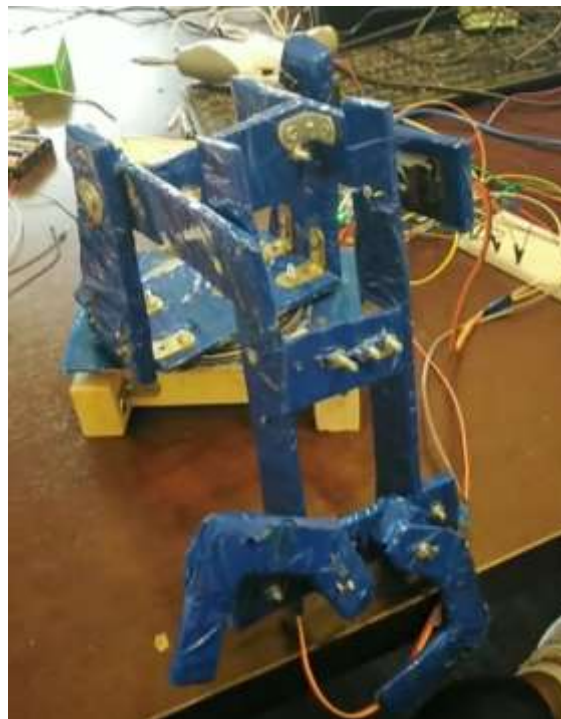


Figure 50: Assemblage complet du bras manipulateur

Images supplémentaires en annexe 15.

C- Carte de commande pour le bras manipulateur

La carte de commande est constituée d'une carte Arduino UNO reliée à son microcontrôleur et alimentée par l'ordinateur qui délivre les signaux PWM pour commander les différents servomoteurs qui contrôlent le bras. Ces servomoteurs sont alimentés avec une tension de 4 volts délivrée par des batteries d'une part et le courant électrique d'autre part.



Figure 51: Mise en place des connexions des servomoteurs



Figure 52: Microcontrôleur Arduino

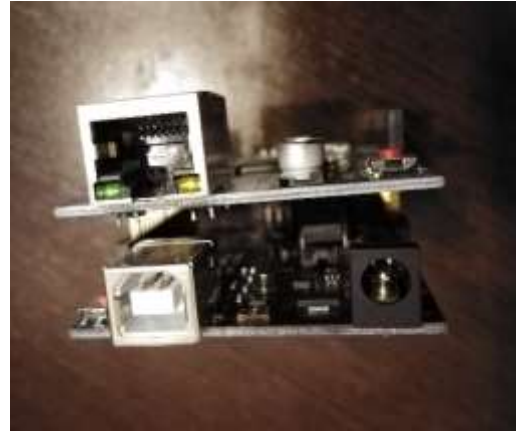
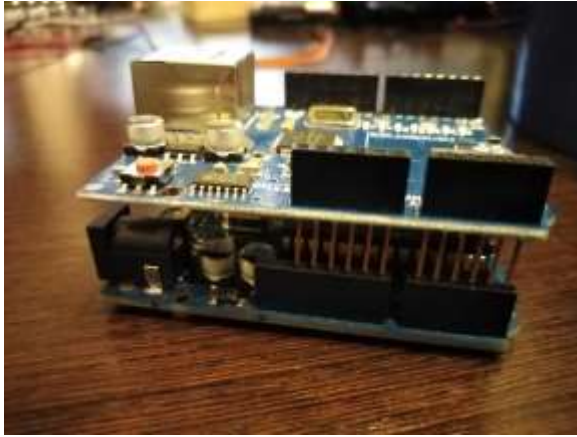


Figure 53: Carte Arduino reliée à son microcontrôleur

Après avoir assemblé notre robot et mit en place le circuit de connexion des servomoteurs avec la carte Arduino, on a commandé notre robot.

D- Commande du bras manipulateur

- *Programme de contrôle de notre bras manipulateur (en annexe 16)*
- Nous avons utilisé le **protocole Telnet** du le logiciel PuTTY afin d'exécuter les commandes saisies au clavier ; commandes devant être exécutées par notre robot. Telnet fonctionne dans un environnement client/serveur.

PuTTY est un programme permettant de se connecter à distance à des serveurs en utilisant les protocoles SSH, Telnet ou Rlogin...

La configuration du protocole Telnet dans PuTTY c'est fait avec les mêmes paramètres (adresses IP...) que ceux déclarés dans le code d'exécution (*annexe 16*)

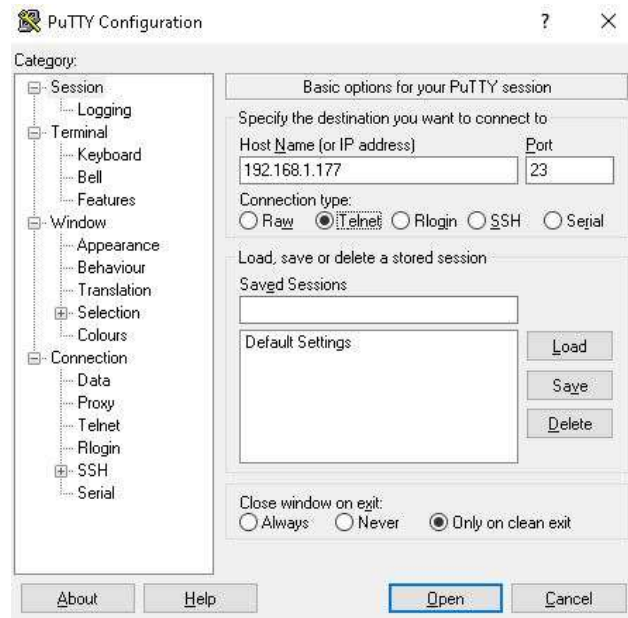


Figure 54: Configuration du protocole Telnet

Après la confirmation de la configuration en cliquant sur « open », une nouvelle fenêtre PuTTY s'ouvre et c'est elle qui nous permettra, en accord avec notre code de contrôler notre robot. Une fois qu'on note la présence du message « hello client » sur la fenêtre de PuTTY, on peut démarrer les tests.

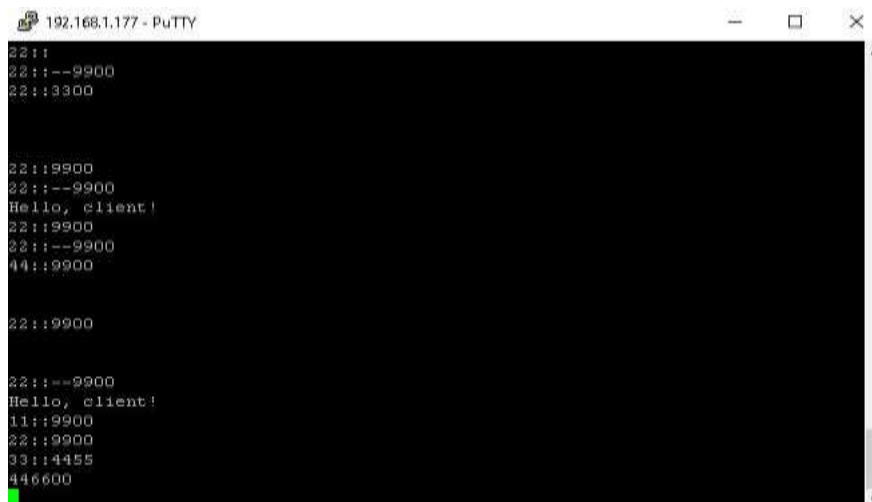


Figure 55: Interface de commande du bras manipulateur grâce à PuTTY

NB : il y'a dédoublement des caractères tapés au clavier sur l'interface de PuTTY.

Ainsi, « **22 : 9900** » signifie tourner le servomoteur numéro 2 de 90 degrés.

VI- Analyse et Bilan des compétences acquises

Malgré quelques difficultés rencontrées, notamment :

- Le dysfonctionnement de la carte Raspberry Pi 3 (utilisée sous linux en python) initialement utilisée pour la réalisation de notre bras, ce qui nous a poussé à nous tourner vers la carte la plus accessible à ce moment : l'Arduino UNO.
- Un problème d'alimentation totale des servomoteurs pour un fonctionnement optimal. Ce problème nous a détérioré 2 servomoteurs : nous avons au final opté pour une source d'alimentation (soit électrique ou des piles) par servomoteur, afin de garantir le fonctionnement optimal de ce dernier sans être gêné par les autres à cause d'une différence de tension de fonctionnement.

Ce mini-projet nous a fait découvrir l'univers de la programmation Arduino, nous a permis de renforcer nos connaissances du langage C (utilisé dans le logiciel Arduino), de renforcer nos connaissances en Electronique favorisant ainsi une pluridisciplinarité et surtout nous avons pu réaliser notre tout premier bras manipulateur fonctionnel.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu nous informer sur les robots, les servomoteurs et leur fonctionnement, la carte Arduino UNO et son fonctionnement. Nous avons également pu décrire les éléments constituant le bras manipulateur et injecter un programme dans la carte Arduino UNO pour commander le bras manipulateur et ainsi voir son fonctionnement lorsqu'il effectue sa tâche.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, notre stage d'étude n'a été qu'une expérience bénéfique, magnifique et très enrichissante. Ce stage nous a permis non seulement d'acquérir de nouvelles connaissances mais aussi d'acquérir une expérience extrêmement valorisante d'un point de vue personnel et professionnel.

Ce travail a été présenté en deux parties essentielles : la première a été consacrée au cadre général de notre stage par le biais d'une présentation de notre organisme d'accueil. Par la suite dans la deuxième partie, nous avons présenté le déroulement de notre stage à travers deux chapitres, chacun représentant un axe du dit stage. Le premier chapitre a été consacré à la présentation du projet RFID/ technologie RFID auquel nous avons assister aux tests, déploiement et formation du système RFID. Ensuite nous avons présenté de façon détaillée le mini-projet réalisé en entreprise portant sur la conception et réalisation d'un bras manipulateur à l'aide de servomoteurs et de la carte Arduino UNO, ce qui fût l'objet du deuxième chapitre. Nous avons donc pu acquérir une expérience nouvelle aussi bien dans les technologies RFID que dans la programmation des cartes Arduino.

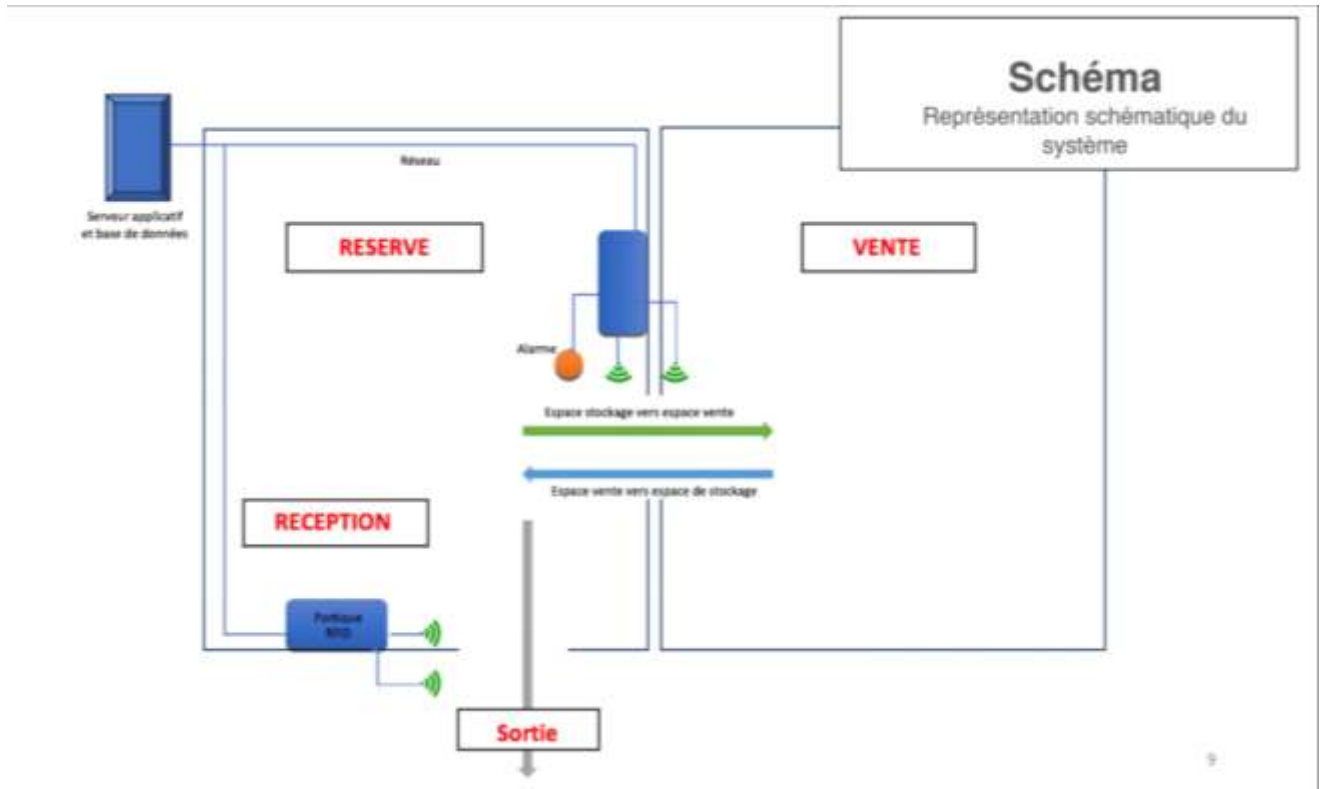
Ce stage a été une expérience intéressante sur les plans scientifique, technique, relationnel, professionnel et personnel. Il a donc constitué une étape importante dans le processus de notre formation d'ingénieur : un tremplin vers la vie professionnelle.

WEBOGRAPHIE

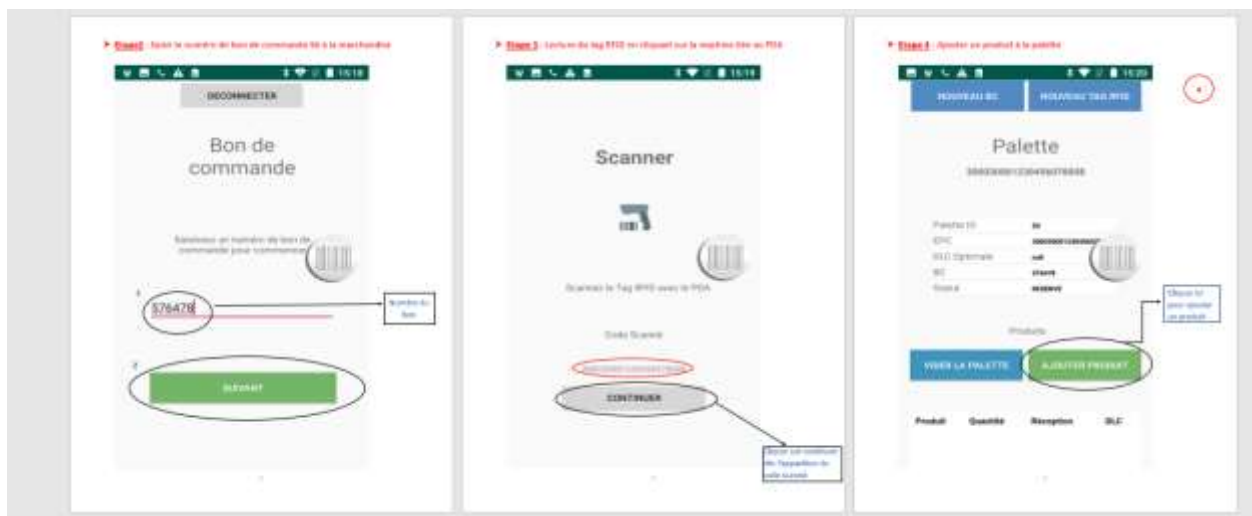
- <https://www.journalducsm.com/origines-intelligence-artificielle/>
- [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiHjNrCyvjsAhWLUhUIHchxC9YQFjABegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Ffr.wikipedia.org%2Fwiki%2FConf%25C3%25A9rence_de_Dartmouth%23%3A~%3Atext%3DLa%2520conf%25C3%25A9rence%2520de%2520Dartmouth%2520\(Dartmouth%2Cque%2520domaine%2520de%2520recherche%2520autonome.&usg=AOvVaw0s3UosW3GdMIhVwa1muH8D](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiHjNrCyvjsAhWLUhUIHchxC9YQFjABegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Ffr.wikipedia.org%2Fwiki%2FConf%25C3%25A9rence_de_Dartmouth%23%3A~%3Atext%3DLa%2520conf%25C3%25A9rence%2520de%2520Dartmouth%2520(Dartmouth%2Cque%2520domaine%2520de%2520recherche%2520autonome.&usg=AOvVaw0s3UosW3GdMIhVwa1muH8D)
- <https://blog.clevy.io/nlp-et-ia/introduction-machine-learning-1-3-histoire/#:~:text=En%201959%2C%20c%27est%20l,son%20programme%20cr%C3%A9%C3%A9%20en%201952.&text=En%20parall%C3%A8le%20en%201957%2C%20un,%20c%20cr%C3%A9%C3%A9%20le%20«%20perceptron%20»>
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Robot>
- http://eavr.u-strasbg.fr/~bernard/education/master_it/slides1_master_it.pdf
- <https://www.roboticbeast.com/les-differents-types-de-robot-1/>
- <https://www.roboticbeast.com/scara/>
- https://zestedesavoir.com/tutoriels/686/arduino-premiers-pas-en-informatique-embarquee/747_le-mouvement-grace-aux-moteurs/3438_un-moteur-qui-a-de-la-tete-le-servomoteur/
- <https://www.arduino.cc>
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- <https://www.commentcamarche.net/contents/1160-utilisation-de-telnet>

ANNEXES

Annexe 1 : représentation schématique du système RFID réalisé



Annexe2 : Quelques images du fonctionnement de l'application pour l'enregistrement de marchandises



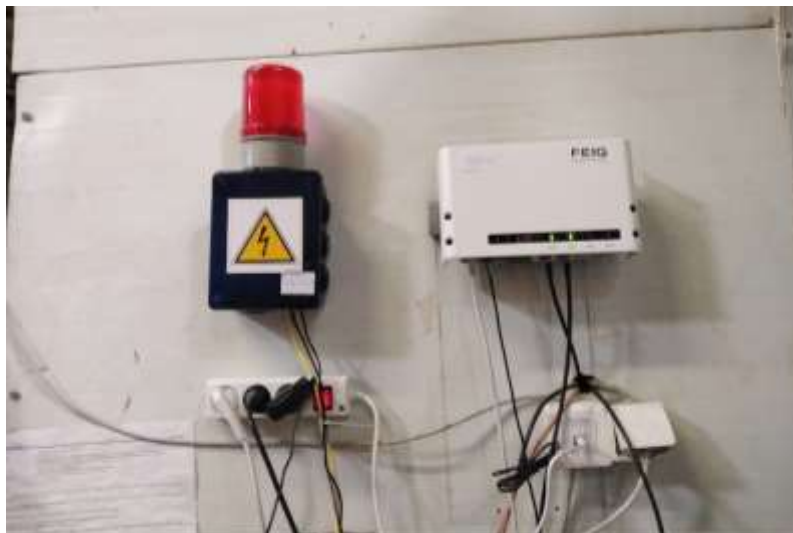
Annexe 3 : Portique RFID entre les zones RECEPTION et RESERVE formée d'un lecteur de marque FEIG et ses deux antennes



Annexe 4 : Antennes du portique RFID entre les zones RESERVE et VENTE (le lecteur n'est pas visible car placé de l'autre côté)



Annexe 5 : Alarme posée sur le boîtier contenant le montage physique électronique du système, à côté le lecteur FEIG entre la RESERVE et VENTE



Annexe 6 : Etat d'un passage valide dans la base de données du système

Transaction							
		RECHERCHER					
Transaction	ID Palette	Date	Départ	Arrivée	Validation	Action	
59	86	2020-08-24 14:31:38.632605	RECEPTION	RESERVE	NON DEFINI	Détails	
58	86	2020-08-24 14:27:14.907521	RESERVE	RECEPTION	NON DEFINI	Détails	
49	34	2020-06-13 10:54:26.4558	VENTE	RESERVE	OK	Détails	
48	34	2020-06-11 09:05:23.222143	RESERVE	VENTE	OK	Détails	
47	47	2020-04-07 19:47:24.498151	RESERVE	VENTE	OK	Détails	
46	20	2020-04-07 19:38:41.591247	RESERVE	VENTE	OK	Détails	
44	34	2020-04-07 00:54:51.387703	RESERVE	VENTE	OK	Détails	

Annexe 7 : Etat d'un passage invalide dans la base de données du système

Transaction							
		RECHERCHER					
Transaction	ID Palette	Date	Départ	Arrivée	Validation	Action	
70	86	2020-08-24 15:28:26.658685	VENTE	RESERVE	OK	Détails	
69	86	2020-08-24 14:46:58.697804	RESERVE	VENTE	Anomalie	Détails	
67	86	2020-08-24 14:42:08.891712	RECEPTION	RESERVE	NON DEFINI	Détails	
66	86	2020-08-24 14:41:08.516233	RESERVE	RECEPTION	NON DEFINI	Détails	
65	88	2020-08-24 14:41:49.504718	RECEPTION	RESERVE	NON DEFINI	Détails	
64	86	2020-08-24 14:37:22.679468	RESERVE	RECEPTION	NON DEFINI	Détails	

Annexe 8 : Interface du logiciel de traçabilité présentant les différents enregistrements effectués

N°	Type	Serial No.	Data Block	Date	Time	Ante	RSSI Ant1	RSSI Ant2	RSSI Ant3	RSSI Ant4	Input	State
1	0x04	494E4F39311032383800			11/11/29 43E	0x1						
2	0x04	494E4F39311032373500			11/11/32 660	0x1						
3	0x04	494E4F39311032383800			11/11/35 059	0x1						
4	0x04	494E4F39311032383800			11/11/40 740	0x1						
5	0x04	494E4F39311032373500			11/11/41 160	0x1						
Résultats de lecture												
Logs et messages de déploiement												
08/25/20 09:09:22.582 == 32 00 08 FF 22 00 FF 78 69												
08/25/20 09:09:23.003 == 32 00 08 00 22 32 31 00 09 82 DE: Reader: No valid data												
08/25/20 09:09:23.508 == 32 00 08 FF 22 00 FF 78 69												
08/25/20 09:09:23.514 == 32 00 08 00 22 32 31 00 09 82 DE: Reader: No valid data												
08/25/20 09:09:24.015 == 32 00 08 FF 22 00 FF 78 69												
08/25/20 09:09:24.020 == 32 00 08 00 22 32 31 00 09 82 DE: Reader: No valid data												
08/25/20 09:09:24.525 == 32 00 08 FF 22 00 FF 78 69												
08/25/20 09:09:24.899 == 32 00 08 00 22 32 31 00 09 82 DE: Reader: No valid data												

Questionnaire à choix multiple(s) portant sur :

« LE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME RFID »

durée : 10 minutes

introduction :

- Cocher la case correspondant à la bonne réponse
- Chaque question peut avoir une ou plusieurs réponses

Questionnaire :

1- Quel est le but du système ?

- ☐ Identifier l'état du contenu des palettes
- ☐ Déterminer les palettes à lever de palette
- ☐ Recenser de ces palettes

2- Selon quelle(s) condition(s) le système est-il activé ?

- ☐ La date de fabrication la plus récente
- ☐ La date de fabrication la plus ancienne

- ☐ Le date fin de consommation maximale
- ☐ Le date fin de consommation maximale
- ☐ Aucune de ces propositions
- 3- Le système ne dispose d'une alarme ayant pour but de :
- ☐ signaler un passage respectant les conditions de la question 2
- ☐ signaler un passage ne respectant pas les conditions de la question 2
- ☐ signaler un flagrant le vol
- ☐ Aucune de ces propositions
- 4- Comment procéder dans le cas où on décide annuler l'engagement d'une transaction sur le système ?
- ☐ L'engagement peut être annulé à n'importe quel moment, même plusieurs jours après qu'il est effectué, à l'ry a peu ou pas de frais
- ☐ L'engagement peut être annulé uniquement dans un délai après l'ordre passé, mais, de manière limitée
- ☐ Il est impossible d'annuler l'engagement d'une transaction
- 5- On dispose de 3 portefeuilles contenant des monnaies produites avec des DLT distinctes, basculées de ces portefeuilles ne présentant pas d'annulation lors de leur passage :
- ☐ Portefeuille A avec DLT : BSV/2013
- ☐ Portefeuille B avec DLT : BSV/2023
- ☐ Portefeuille C avec DLT : BSV/2019
- 6- Le passage d'une monnaie entre les différents états est-il individuel (il est à dire l'adresse dans les états 17 :
- ☐ Oui
- ☐ Non

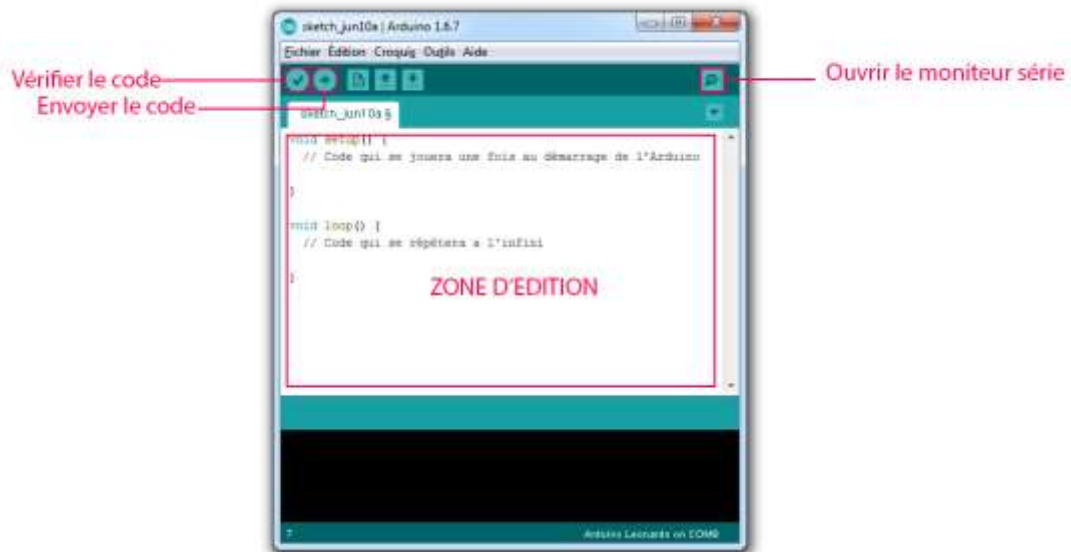
Annexe 11 : *Photo de la formation donnée par notre encadrant dans l'entrepôt du magasin*



Annexe 12 : *Caractéristiques de la carte Arduino*

Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches E/S numériques	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	6 (utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul
Mémoire Programme Flash	32 KB (ATmega328) dont 0.5 KB sont utilisés par le bootloader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB (ATmega328)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	1 KB (ATmega328)
Vitesse d'horloge	16 MHz

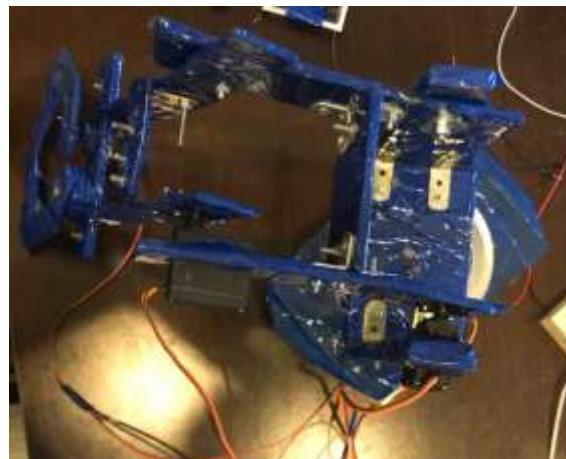
Annexe 13 : Logiciel Arduino



Annexe 14 : Matériel utilisé



Annexe 15 : Assemblage complet du bras manipulateur



Annexe 16 : *Code de contrôle des servomoteurs du bras manipulateur*

```
ChatServer

#include <Arduino.h>
#line 1 "C:\\Users\\lenovo\\AppData\\Local\\Temp\\arduino_modified_sketch_573661\\ChatServer.ino"
#include <StringSplitter.h>
#include <Servo.h>

String myString="";

#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

#line 26 "C:\\Users\\lenovo\\AppData\\Local\\Temp\\arduino_modified_sketch_573661\\ChatServer.ino"
String getValue(String data, char separator, int index);
#line 59 "C:\\Users\\lenovo\\AppData\\Local\\Temp\\arduino_modified_sketch_573661\\ChatServer.ino"
void setup();
#line 112 "C:\\Users\\lenovo\\AppData\\Local\\Temp\\arduino_modified_sketch_573661\\ChatServer.ino"
void loop();
#line 26 "C:\\Users\\lenovo\\AppData\\Local\\Temp\\arduino_modified_sketch_573661\\ChatServer.ino"
String getValue(String data, char separator, int index)
{
    int found = 0;
    int strIndex[] = { 0, -1 };
    int maxIndex = data.length() - 1;

    for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {
        if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
            found++;
            strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
            strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i+1 : i;
        }
    }
    return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}
```

```
ChatServer

for (int i = 0; i <= maxIndex && found <= index; i++) {
    if (data.charAt(i) == separator || i == maxIndex) {
        found++;
        strIndex[0] = strIndex[1] + 1;
        strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i+1 : i;
    }
}
return found > index ? data.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}

// Enter a MAC address and IP address for your controller below.
// The IP address will be dependent on your local network.
// gateway and subnet are optional:
byte mac[] = {
    0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
IPAddress ip(192, 168, 1, 177);
IPAddress myDns(192, 168, 1, 1);
IPAddress gateway(192, 168, 1, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 0, 0);
```

```
ChatServer

// telnet defaults to port 23
EthernetServer server(23);
boolean alreadyConnected = false; // whether or not the client was connected previously

Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;

void setup() {

  servo3.attach(3);
  servo1.attach(4);
  servo2.attach(5);
  servo4.attach(6);

  servo1.write(0);
  servo2.write(0);
  servo3.write(0);
  servo4.write(0);

  Serial.begin(9600);
}
```

```
ChatServer

String myString="1:80";
String xval = getValue(myString, ':', 0);
String yval = getValue(myString, ':', 1);

Serial.println("Y:" + yval);
Serial.println("X:" + xval);

// You can use Ethernet.init(pin) to configure the CS pin
//Ethernet.init(10); // Most Arduino shields
//Ethernet.init(5); // MKR ETH shield
//Ethernet.init(0); // Teensy 2.0
//Ethernet.init(20); // Teensy++ 2.0
//Ethernet.init(15); // ESP8266 with Adafruit Featherwing Ethernet
//Ethernet.init(33); // ESP32 with Adafruit Featherwing Ethernet

// initialize the ethernet device
Ethernet.begin(mac, ip, myDns, gateway, subnet);

// Open serial communications and wait for port to open:
while (!Serial) {
  ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
}
```



```
ChatServer

// Check for Ethernet hardware present
if (Ethernet.hardwareStatus() == EthernetNoHardware) {
  Serial.println("Ethernet shield was not found.  Sorry, can't run without hardware! (!!)");
  while (true) {

    delay(1); // do nothing, no point running without Ethernet hardware
  }
}
if (Ethernet.linkStatus() == LinkOFF) {
  Serial.println("Ethernet cable is not connected.");
}

// start listening for clients
server.begin();

Serial.print("Chat server address:");
Serial.println(Ethernet.localIP());
}

void loop() {
  // wait for a new client:
  EthernetClient client = server.available();

  // when the client sends the first byte, say hello:
  if (client) {
```

```
ChatServer

if (client) {
  if (!alreadyConnected) {
    // clear out the input buffer:
    client.flush();
    Serial.println("We have a new client");
    client.println("Hello, client!");
    alreadyConnected = true;
  }

  if (client.available() > 0) {
    // read the bytes incoming from the client:
    char thisChar = client.read();
    // echo the bytes back to the client:
    server.write(thisChar);
    // echo the bytes to the server as well:
    Serial.write(thisChar);

    //on va faire le split ici :

    myString=myString+(String)thisChar;

    if (thisChar=='\n')
  }
```

```
ChatServer

if(thisChar=="\n")
{
    Serial.println("Nous avons reçu les commandes suivantes :\n");
    Serial.println("Reçu le string : "+myString+"\n");

    String xval = getValue(myString, ":", 0);
    String yval = getValue(myString, ":", 1);

    Serial.println("Tourner le servomoteur numéro "+xval+" de "+yval+" degrés, Merçi!\n");

    int y=0;
    y=atoi(yval.c_str());

    int x=0;
    x=atoi(xval.c_str());
}
```

```
ChatServer

if(x==1){
    servo1.write(servo1.read()+y);
    delay(15);

}

else if(x==2){
    servo2.write(servo2.read()+y);
    delay(15);

}

else if (x==3){
}
```



```
Challenge

servo3.write(servo3.read()+y);
delay(15);
}

else if (x==4){

servo4.write(servo4.read()+y);
delay(15);
}

else{
Serial.println("Saisir moteur 1,2 ou 3");
}

myString="";
}
}
}


```

Informations

Le sketch utilise 16142 octets (50%) de l'espace de stockage de programmes. Le maximum est de 32256 octets.
Les variables globales utilisent 824 octets (40%) de mémoire dynamique, ce qui laisse 1222 octets pour les variables locales. Le maximum est de 2048

20

Arduino Uno Rev 3 (ATmega328P)