



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Génie Industriel

Thème

Conception et réalisation d'un distributeur automatique

Présenté et publiquement soutenu par :

BEKHTAOUI Akram

BENAICHA Abdelkader

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Otsmani Zineb	MCA	Univ-Oran2/ IMSI	Présidente
Benmansour Souhila	MCB	Univ-Oran2/ IMSI	Encadreur
Mekki Ibrahim El Khalil	MCA	Univ-Oran2/ IMSI	Examinateur

2020/2021

Remerciements

En préambule à ce mémoire

Nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette année universitaire.

Nous voudrions exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur, Madame **Souhila BENMANSOUR** Maître de conférences à l'Université Oran 2. Nous vous remercions humblement de nous avoir octroyé votre confiance et de nous avoir accordé la liberté de manœuvre.

Faible témoignage de notre haute gratitude au membre du jury :

A Madame la Présidente **Otsmani Zineb** pour nous avoir fait l'honneur par sa présence afin de présider notre travail.

A Monsieur l'examineur **Mekki Ibrahim Elkhailil** Pour l'honneur qu'il nous a fait par sa participation à notre soutenance et pour le temps consacré à la lecture de notre mémoire et de mener à bien le débat.

On remercie également Monsieur **Abdelkader Ramdane** ainsi que tous les ingénieurs de la société AOA, qui nous ont aidés durant toute la période de notre stage.

Nous adressons de chaleureux remerciements à Monsieur **Houari Badrani** pour son accompagnement et ses conseils tout au long de la réalisation.

Nous souhaitons remercier également tous les enseignants de l'Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle IMSI, Université d'Oran 2, de nous avoir illuminé le chemin par leur savoir.

Dédicaces

À l'être la plus cher de ma vie, **ma mère**

La plus belle créature que Dieu a crée sur terre à cette source de tendresse, quoi que je fasse ou que je dis, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes coté a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

À celui qui m'a fait de moi un homme, **mon père**

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le dévouement, tu as toujours été à mes coté pour me soutenir et m'encourager.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

À mon cher frère **Riad**

La vie m'a fait un très beau cadeau en faisant de toi Mon Frère
Je te souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

À toute **ma famille**

Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

À la mémoire de **El Hadj Chekkai**

Ô Allah, le père de **Ahmed** est sous Ta protection, préserve-le donc de la fitna de la tombe et du châtiment de l'enfer, pardonne-lui et accorde-lui Ta miséricorde car c'est Toi le Pardonneur, le Très Miséricordieux.

À mes cher amis et frères **Ahmed** et **Kadirou**

Merci d'être si merveilleux. Vous êtes toujours là pour moi, que cela soit dans les moments de joie ou de désespoir, vous êtes précieux dans mon cœur et votre amitié est inestimable.

AKA pour toujours.

A tous les gens que j'aime.....

BEKHTAOUI AKRAM

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mon grand père Ahmed. En témoignage de tout ce que tu as pu m'apprendre, tu aurais été fier de me voir finir mes études, mais ton souvenir restera bien vivant dans mon cœur et dans ma vie. "Tu n'es plus là où tu étais mais tu es partout la où je suis."

Mes chers parents Halima et Mohamed. Symbole de bonté, source de tendresse et exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi, Soyez sûrs que je continuerai mon chemin. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

Mon petit frère Ahmed, appui de ma réussite et première source de mon bonheur, je remercie dieu de t'avoir comme petit frère. Je te souhaite toute la félicité du monde et j'espère que tu puisses avoir un avenir radieux avec d'énormes succès.

Mon oncle Chaker Abdelkader, tu as toujours été là pour m'épauler et m'orienter depuis que j'étais enfant, je prie dieu pour t'accorder santé et longue vie, je te dédie ce travail en témoignage de mon amour et de mon profond respect.

Ma chère famille. Vous êtes le chemin de sérénité protégée de la pluie et des mauvais vents, vous êtes la demeure du bonheur. Je vous remercie un par un pour tous ce que vous avez fait pour moi. Je vous dédie ce mémoire en témoignage de l'attachement, de l'amour et de L'affection que je porte pour vous.

Mon ami et frère Ahmed, Quand une relation amicale est si forte, elle est fraternelle, elle est un don du ciel, Merci mon meilleur ami pour ta générosité et ta grande gentillesse. Merci Mon frère pour ton respect et ta grande sagesse, *AKA* à l'infini. Je dédie ce travail à ton défunt père *Hadj Chekkai* qui nous a quitté sitôt.

Mon allié et frère Akram, J'ai eu la chance énorme d'avoir mon meilleur allié et mon frère comme binôme, Ta bienveillance, ton affection et ton écoute me sont précieuses, A toi mon ami fidèle, mon meilleur ami, mon frère, je dédicace ce message de remerciements venus du cœur. *AKA* pour l'éternité.

Fatima, Je dédie ces quelques mots de remerciement sincère, pour t'exprimer ma grande reconnaissance. Merci
d'avoir été là dans les moments de joie et de désespoir.

A tous les gens que j'aime.....

Benaïcha Abdelkader

Résumé

Les distributeurs automatiques se trouvent dans de multiples endroits tels que les établissements privés et les lieux publics. Ces machines permettent aux clients de gagner un temps précieux et assurent un service quotidien 24h/24 et 7j/7. Le monde des distributeurs ne cesse de se diversifier et continue de s'améliorer au fil du temps.

Le but de ce travail est de réaliser un prototype de distributeur automatique qui répondra aux critères de bases et qui assurera un bon fonctionnement. Cette machine sera automatisée via une carte Arduino Mega 2560 Rev3 et commandée par une carte électronique que nous avons conçue.

Mots-clés : Distributeur automatique, Arduino Mega 256 Rev3, Microcontrôleur, Circuit imprimé, Capteurs, Actionneurs.

Abstract

Vending machines can be found in many places such as private establishments and public places. These machines save customers valuable time and provide 24/24 daily service. The world of distributors continues to diversify and are constantly improved over time.

The goal of this work is to produce a miniature vending machine which will meet the basic criteria and ensure proper operation. This machine will be automated via an Arduino Mega 2560 Rev3 and controlled by an electronic board that we have designed.

Key words : Automatic vending machine, Arduino Mega 2560 Rev3, Microcontroller, Printed circuit, Sensor, Actuators.

Tables des matières

Résumé	I
Liste des figures	V
Liste des tableaux	X
Abréviation	XI
Introduction générale	1

Chapitre I : Généralités sur le distributeur automatique

I.1.Introduction	5
I.2. Motivation et contexte de travail	5
I.3. Présentation du cahier des charges	5
I.4. Objectifs à réaliser	6
I.5. Présentation des distributeurs automatiques	6
I.6. Un peu d'histoire	7
I.7. Avantages des distributeurs automatiques	9
I.7.1. Simplicité et Sécurité	9
I.7.2. Gain de temps	9
I.7.3. Consécration aux tâches importantes	9
I.7.4.Modernité	10
I.7.5. Meilleure gestion des stocks	10
I.7.6. Rapports clairs et statistiques	10
I.8. Catégories des distributeurs automatiques	10
I.8.1. Selon le format	10
I.8.1.1. Free Standing	10
I.8.1.2. Office Coffee Service (O.C.S).	10
I.8.2. Selon la tarification	10
I.8.2.1.Distributeur monoprix	11
I.8.2.2.Distributeur multi-prix	11
I.9. Principe de fonctionnement de certains distributeurs	11
I.9.1. Distributeur automatique de boissons chaudes	11
I.9.1.1. Présentation	11
I.9.1.2. Principe de fonctionnement	11
I.9.2. Distributeur automatique de boissons fraîches	12
I.9.2.1. Présentation	12
I.9.2.2.Principe de fonctionnement	12
I.9.3. Distributeur automatique de snacks et de confiserie	13
I.9.3.1. Présentation	13
I.9.3.2. Principe de fonctionnement	13
I.9.4. Distributeur automatique mixte ou combiné	13
I.9.4.1. Présentation	14
I.9.4.2.Principe de fonctionnement	14
I.9.5.Distributeur d'eau ou fontaine d'eau fraîche	14
I.9.5.1.Présentation	14
I.9.5.2.Principe de fonctionnement	15
I.10. Développement et diversification des distributeurs automatiques	15
I.10.1. Distributeurs automatiques alimentaires	15
I.10.2. Distributeurs automatiques non alimentaires	16
I.11. Où peut-on trouver les distributeurs automatiques?	17
I.12. Impact d'un distributeur dans un lieu public	18

I.12.1. Les questions du sondage	18
I.12.2. Analyses des résultats	18
I.12.3. Déduction	19
I.13. Conclusion	19

Chapitre II : Matériels et logiciels utilisés

II.1. Introduction	21
II.2. Partie Matériels	21
II.2.1. Choix de la carte programmable	22
II.2.2 Pourquoi a-t-on choisi l'Arduino ?	22
II.2.3 Qu'est ce qu'un Arduino ?	22
II.2.4 Qu'est ce qu'une carte Arduino ?	23
II.2.5 Les gammes de la carte Arduino	25
II.2.6 Arduino Mega 2560 Rev3	25
II.2.6.1. Pourquoi Arduino Mega 2560 ?	25
II.2.6.2. Spécifications techniques	26
II.2.6.3. Composants	27
II.3 Capteurs	30
II.3.1. Qu'est ce qu'un capteur ?	30
II.3.2 Capteurs utilisés	30
II.3.2.1 Capteur IR de proximité FC-51	31
II.3.2.2 Micro Switch	33
II.4 Actionneur	35
II.4.1 Qu'est ce qu'un actionneur?	35
II.4.2 Actionneurs utilisés	35
II.4.2.1 Servomoteur MG995 360 degrés (à rotation continue)	35
II.4.2.2 Module d'alimentation abaisseur DC-DC LM2596HVS et l'alimentation 12V2A	37
II.4.2.3 Moteur pas à pas NEMA17 et le driver A4988	40
II.4.2.4 Afficheur LCD 16*2	45
II.4.2.5 Le module carte SD et Speaker	45
II.4.2.6 Bouton poussoir	48
II.5 Partie logiciel	50
II.5.1 Logiciel Arduino	50
II.5.1.1 Qu'est-ce que le logiciel Arduino ?	51
II.5.1.2 Langage de programmation Arduino	51
II.5.1.3 Structure d'un programme Arduino	51
II.5.1.3.1 L'interface du logiciel	51
II.5.1.3.2 Les étapes pour exécuter un programme dans IDE de l'Arduino	52
II.5.1.3.3 Rôles des instructions de la barre de commande	55
II.5.1.3.4 Les différentes règles à respecter pour une exécution Correcte	55
II.5.2. Logiciel Proteus	55
II.5.2.1. Qu'est-ce que le logiciel Proteus ?.	55
II.5.2.2. Logiciel ISIS Proteus	56
II.5.2.3. Logiciel ARES Proteus	56
II.5.3. Logiciel AUTOMGEN	56
II.6 Conclusion	58

Chapitre III : Conception et réalisation pratique

III.1	Introduction	60
III.2	Analyse des besoins du système	60
III.2.1	Identifier les acteurs	61
III.2.2	Besoins fonctionnels et besoins non fonctionnels	61
III.2.2.1	Besoins fonctionnels	61
III.2.2.1	Besoins non fonctionnels	61
III.3	Principe de fonctionnement du distributeur automatique	62
III.3.1	Principales étapes du processus de fonctionnement du distributeur	62
III.3.2	Diagramme et Grafcet correspondants au processus	62
III.4	Programmation sur Arduino et explication des étapes du processus	64
III.4.1	Allumage du distributeur automatique	64
III.4.2	Insertion de la pièce	65
III.4.3	Choix du produit	65
III.4.4	Récupération du produit	66
III.4.5	Définir l'état initial	70
III.5	Test de branchement	71
III.6	Circuit imprimé	72
III.6.1	Créations des composants sur Proteus	72
III.6.2	Conception du PCB	79
III.6.3	Carte électronique	81
III.7	Construction et mécanisme du distributeur automatique	82
III.7.1	Matériaux et outils utilisés	84
III.7.1.1	Contraintes	85
III.7.2	Découpe et assemblage de la feuille multiplis	87
III.7.2.1	Pourquoi la feuille multiplis?	87
III.7.2.2	Découpe de la feuille multiplis	87
III.7.2.3	Assemblage	89
III.7.3	Mécanisme des rails pour le chariot	90
III.7.4	Déchargement des produits	96
III.7.5	Façade	97
III.8	Réalisation finale	98
III.9	Conclusion	103
	Conclusion générale et perspectives	104
	Annexe	106
	Bibliographie	113

Liste des figures

Figure I.1: Différents types de distributeurs automatiques	7
Figure I.2: Fonctionnement du premier distributeur de l'histoire	8
Figure I.3: Les premiers distributeurs, (a) Distributeur de gomme à mâcher, (b) Premier distributeur de chocolat	9
Figure I.4: Distributeurs automatiques de boissons chaudes	12
Figure I.5: Distributeurs automatiques de boissons fraîches	13
Figure I.6: Distributeurs automatiques de snacks et confiserie	13
Figure I.7: Distributeur automatique mixte ou combiné	14
Figure I.8: Distributeurs d'eau ou fontaines d'eau fraîche	15
Figure I.9: Distributeurs automatiques; (a) de pain, (b) de pizza	16
Figure I.10: Distributeur automatique de jouets	16
Figure I.11: Convivialité entre employés autour d'un distributeur automatique	17
Figure : II.1- Principe des systèmes électroniques embarqués	21
Figure : II.2- Logo d'Arduino	23
Figure : II.3- Les gammes de la carte Arduino	24
Figure : II.4- Photo réelle de la carte Arduino MEGA2560 Rev3	25
Figure : II.5- Composants de la carte Arduino	27
Figure : II.6- Photo réelle du capteur IR de proximité FC-51	31
Figure : II.7- Fonctionnement du capteur IR de proximité FC-51	31
Figure : II.8- Branchement réel du capteur IR de proximité FC-51	32
Figure : II.9- Branchement du capteur IR sous Proteus de proximité FC-51	33
Figure : II.10- Branchement PCB du capteur IR de proximité FC-51	33
Figure : II.11- Photo réelle du Micro switch	33
Figure : II.12- Branchement réel du Micro Switch	34
Figure : II.13- Branchement du Micro Switch sous Proteus	34
Figure : II.14- Branchement PCB du Micro switch	35
Figure : II.15- Photo réelle du Servomoteur MG995 360 degrés (à rotation continue)	36
Figure : II.16- Branchement réel du Servomoteur MG995	36
Figure : II.17- Branchement du Servomoteur MG995 sous Proteus	37
Figure : II.18- Branchement PCB du Servomoteur MG995	37
Figure : II.19- Photo réelle du Module d'alimentation abaisseur DC-DC LM2596HVS	38

Figure : II.20-Photo réelle du transformateur 12V/2A	39
Figure : II.21-Branchement réel de l'abaisseur et du transformateur	39
Figure : II.22-Branchement de l'abaisseur et du transformateur sous Proteus	39
Figure : II.23-Branchement PCB de l'abaisseur et du transformateur	39
Figure : II.24-Photo réelle du Moteur pas à pas NEMA17	40
Figure : II.25-Photo réelle du Driver A4988	41
Figure : II.26- Branchement réel du Nema et du driver A4988	42
Figure : II.27-Branchement du Nema et du driver sous Proteus	42
Figure : II.28-Branchement PCB du Nema et du driver	42
Figure : II.29-Photo réelle de l'afficheur LCD 16*2	43
Figure : II.30-Branchement réel de l'afficheur LCD 16*2	44
Figure : II.31-Branchement de l'afficheur LCD 16*2 sous Proteus	45
Figure : II.32-Branchement de l'afficheur LCD 16*2 sous Proteus	45
Figure : II.33-Photo réelle de la carte SD	46
Figure : II.34-Photo réelle du speaker	47
Figure : II.35-Branchement réel de la carte SD et du speaker	47
Figure : II.36-Branchement de la carte SD et du speaker sous Proteus	48
Figure : II.37-Branchement PCB de la carte SD et du speaker	48
Figure : II.38-Photo réelle des Boutons poussoirs	49
Figure : II.39-Branchement réel du Bouton poussoir	49
Figure : II.40-Branchement du Bouton poussoir sous Proteus	50
Figure : II.41-Branchement PCB du Bouton poussoir	50
Figure : II.42-Logo du l'IDE de l'Arduino	51
Figure : II.43-Les étapes d'un programme Arduino	52
Figure : II.44-Fenêtre d'édition de programme	52
Figure : II.45-Type de la carte Arduino	53
Figure : II.46-Problème de la sélection du port	53
Figure : II.47-Console d'affichage des messages de compilation	53
Figure : II.48-Configuration du port	54
Figure : II.49-Choix du port	54
Figure : II.50-Barre d'outils Arduino	54
Figure : II.51-Photo réel du téléversement du programme vers la carte Arduino	54
Figure : II.52-Rôles des instructions de la barre de commande	55

Figure : II.53-Logo de Proteus	56
Figure. II.54-Logo de l'Automgen8	57
Figure : II.55-Fenêtre principale du logiciel Automgen	57
Figure III.1: Grafctet du distributeur sous le logiciel Automgen8	63
Figure III.2: Diagramme d'activité du distributeur	63
Figure III.3: Photo réelle du branchement	71
Figure: III.4: Fenêtre du logiciel Proteus	73
Figure III.5: Choix du composant sur ISIS	73
Figure III.6: Création de la symétrie du bloc	74
Figure III.7: Décomposition des blocs	74
Figure III.8: Création finale du composant sur ISIS, (a) Nomination des pins, (b) driver final	74
Figure III.9: Création du composant sur ARES (PCB layout)	75
Figure III.10: Vérification des distances	
Figure III.11: Création finale du composant sur ARES, (a)Nomination des pins,(b) Produit final	76
Figure III.12: Insertion du composant dans la librairie Proteus	76
Figure III.13: Classification dans une nouvelle catégorie	76
Figure III.14: Création d'un package	77
Figure III.15: Attribution d'un nom au composant	77
Figure III.16: Validation de la librairie sur ARES	78
Figure III.17: Recherche du nouveau composant	78
Figure III.18: Vérification des normes du composant	79
Figure III.19: Insertion et sauvegarde du composant sur la librairie 'ISIS'	79
Figure III.20: Sélection des composants	80
Figure III.21: Branchement des composants sur ISIS	80
Figure III.22: Fenêtre 'Componenets'	81
Figure III.23: Branchement des composants sur ARES	81
Figure III.24: Fenêtre 'Desing rule manager'	82
Figure III.25: Le routage automatique	82
Figure III.26: Carte électronique en 3D	83
Figure III.27: La face avant du circuit électronique	84
Figure III.28: La face arrière du circuit électronique	84
Figure III.29: Photo réelle des outils utilisés	85

Figure III.30: Photo réelle de la courroie plate striée	86
Figure III.31: Photo réelle du changement de poulie, (a) Avant modification, (b) Après modification	86
Figure III.32: Photo réelle de la feuille multiplis	87
Figure III.33: Photo réelle de la découpe de la feuille multiplis	87
Figure III.34: Photo réelle des morceaux de carcasse	88
Figure III.35: Photo réelle de la vitrine	88
Figure III.36: Photo réelle des étagères	88
Figure III.37 : Photo réelle du découpe d'une baguette en aluminium	89
Figure III.38: Photo réelle de la fixation des pièces	89
Figure III.39: Photo réelle de l'assemblage	90
Figure III.40: Photo réelle des tubes avant le découpage	90
Figure III.41: Photo réelle des rails	91
Figure III.42: Photo réelle des curseurs	91
Figure III.43: Photo réelle du système de rail	91
Figure III.44: Photo réelle du perçage des tubes	92
Figure III.45: Photo réelle d'ajustement des rails	92
Figure: III.46: Photo réelle de la fixation de la poulie et des roulements	93
Figure III.47: Photo réelle du support du moteur horizontal	93
Figure III.48: Photo réelle de la fixation du moteur sur le curseur vertical	93
Figure III.49: Photo réelle d'insertion des systèmes des rails	94
Figure III.50: Photo réelle du chariot	94
Figure III.51: Photo réelle de l'assemblage du chariot et le système des rails horizontal	95
Figure III.52: Photo réelle de l'installation des courroies	95
Figure III.53: Photo réelle de la tige fileté trapézoïdale	96
Figure III.54: Photo réelle des ressorts	96
Figure III.55: Photo réelle des cases avec les places des servomoteurs	97
Figure III.56: Photo réelle de la façade	97
Figure III.57: Photo réelle de la plaque de commande	98
Figure III.58: Photo réelle d'installation de la façade	98
Figure III.59: Photo réelle du distributeur éteint	99
Figure III.60: Photo réelle du distributeur vue de dessus	99
Figure III.61: Photo réelle du distributeur allumé	100
Figure III.62: Photo réelle des LED à l'intérieur du distributeur	100

Figure III.63: Photo réelle du distributeur allumé sous un autre angle	101
Figure : III.64: Photos réelles du branchement du circuit imprimé avec la carte Arduino et des composants sous différents angles	101
Figure III.65 : Photos réelles des composants à l'intérieur du distributeur sous différents angles	102

Liste des tableaux

Tableau II.1. Caractéristiques techniques de la carte Arduino MEGA2560 Rev3	27
Tableau II.2. Définition des composants de la carte Arduino MEGA2560	28
Tableau II.3. Caractéristiques du Capteur IR de proximité FC-51	32
Tableau II.4. Caractéristiques du Micro switch	34
Tableau II.5. Caractéristiques du Servomoteur MG995 360 degrés (à rotation continue)	36
Tableau II.6. Caractéristiques du Module d'alimentation abaisseur DC-DC LM2596HVS	38
Tableau II.7. Caractéristiques du Moteur pas à pas NEMA17	40
Tableau II.8. Caractéristiques du Driver A4988	41
Tableau II.9. Caractéristiques d'un Afficheur LCD 16*2	44
Tableau II.10- Caractéristiques de la carte SD	46
Tableau II.11- Caractéristiques du speaker Pioneer	47
Tableau II.12- Caractéristiques du Bouton poussoir	49

Abréviation

USB	: Universal Serial Bus.
SRAM	: Static Random Access Memory.
PWM	: Pulse Width Modulation.
E/S	: Entrées /Sorties.
EEPROM	:Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory.
LED	: Light-Emitting Diode.
AREF	: Analog REference
SDA	: Serial Data Line.
SCL	: Serial Clock Line.
ICSP	: In Circuit Serial Programming.
RX	: Stands for Receiver.
TX	: Stands for Transmitter.
GND	: Ground.
LCD	: Liquid Cristal Display
RS	: Registre Select.
RW	: Read Write.
A	: Anode.
K	: Cathode.
IR	: Infrarouge.
NO	: Normaly Open.
NC	: Normaly Closed.
SD	: Secure Digital.
SPI	: Serial Peripheral Interface.
CS	: ChipSelect.
MISO	: Master Input, Slave Output.
MOSI	: Master Output, Slave Input.
SCK	: Clock.
PCB	: Printed Circuit Board.
IDE	: Integrated Development Environment.
GRAFCET	: GRAphe Fonctionnel de Commande Etapes Transitions.



Introduction générale

Introduction générale

“Il ne sert à rien de taper sur un distributeur de boissons car il n'y a généralement personne à l'intérieur pour vous ouvrir”!

Tout d'abord un distributeur automatique est un appareil qui permet de distribuer des produits sans intervention humaine. Cette dernière a été remplacée par ce que l'on appelle un automate, autrement dit un système d'attribution automatique, dont le but est de rentabiliser un point de vente qui nécessite peu de surface, en supprimant le coût d'un employé, mais aussi en assurant une vente 24H/24H, 7J/7J seulement par une personne, qui simplement, est chargée d'approvisionner les différents distributeurs.

De nos jours, les distributeurs automatiques sont utilisés pour vendre des produits divers et variés. On retrouve bien évidemment des distributeurs de boissons, de café, de billets, mais aussi de confiseries, de matériel hi-technologie, de produits d'hygiène et même désormais de pain et de lait.

Ce travail vise à apporter une contribution à ce sujet. En effet, nous avons conçu, fabriqué et réalisé un distributeur automatique qui sera commandé par une carte programmable Arduino Mega 2560 REV3. Nous avons aussi créé une carte électronique correspondante à notre projet grâce au logiciel Proteus.

Notre mémoire est composé de trois chapitres :

- Le premier chapitre présente les concepts de base nécessaires à la bonne compréhension du sujet en question. Pour cela nous avons, en premier lieu, situé notre projet dans son contexte de travail en présentant notre cahier des charges ainsi que nos objectifs. Nous avons ensuite exposé une vue sommaire sur les distributeurs automatiques en évoquant leur historique ainsi que leurs principes de fonctionnement et leurs avantages et inconvénients. Nous avons terminé par un sondage afin de clarifier l'impact des distributeurs sur un échantillon de personnes dans un endroit public.

- Le deuxième chapitre sera réservé aux différents matériels et logiciels nécessaires pour la réalisation de notre système. Pour cela nous avons projeté en premier lieu la lumière sur les composants électroniques que nous avons utilisés en expliquant leur principe de fonctionnement, tout en se basant sur la carte Arduino Mega 2560 Rev3, puisqu'elle

représente le cœur de notre projet. Nous avons présenté ensuite les logiciels adoptés dans ce travail.

- Le troisième chapitre sera consacré à la conception ainsi que la réalisation pratique de notre projet. Pour cela, nous décrivons d'abord les fonctionnalités ainsi que le principe de fonctionnement de notre système. Nous présentons ensuite le code Arduino correspondant au distributeur en expliquant chaque bloc du programme. Puis, nous détaillons les phases à suivre pour concevoir notre carte électronique. Nous expliquons enfin les différentes étapes de la réalisation de notre distributeur automatique avec des photos réelles depuis la case de départ jusqu'au résultat final.

Ce mémoire sera terminé par une conclusion générale qui récapitule des différentes phases de notre travail en signalant ses côtés bénéfiques et énonçant quelques perspectives.



Chapitre I

**Généralités sur les
distributeurs automatiques**

I.1.Introduction

L'évolution fulgurante de la technologie depuis maintenant plusieurs années est bénéfique pour l'être humain. Ce dernier a toujours eu tendance à se simplifier la vie à plusieurs niveaux.

En effet, le nouveau développement technologique a permis d'élaborer de nouveaux besoins dans la vie quotidienne. L'un d'eux est la distribution automatique de divers produits alimentaires et non alimentaires grâce à des machines de distribution.

Au cours de la dernière décennie, la distribution automatique a progressé d'une manière impressionnante. Et on en trouve des machines à distributions dans pratiquement l'ensemble des enceintes publiques.

Dans ce chapitre, nous allons exposer d'abord le cahier des charges de notre projet ainsi que nos objectifs. Nous donnons ensuite un aperçu sur les distributeurs automatiques en les présentant, en évoquant l'historique et les différents types de machines à distributions et d'autres volets importants concernant ce domaine afin de pouvoir mieux cerner le concept.

I.2. Motivation et contexte de travail

Un système automatisé est composé de plusieurs éléments conçus pour effectuer un ensemble de tâches programmées. Il simplifie, sécurise et rend moins pénibles les tâches répétitives et opérationnelles. Le distributeur automatique regorge d'avantages divers qui nous ont motivé à faire la réalisation de ce projet au détriment d'autres thèmes, le distributeur a un poids considérable dans l'environnement industriel et commercial.

En effet, de nos jours, les distributeurs automatiques sont faciles à être utilisés, de plus, ils résistent au vandalisme et sont d'une sécurité optimale. Ces machines de distribution permettent aussi de gagner un temps précieux et permettent aussi de se consacrer aux tâches importantes. Les autres points qui nous ont motivés à choisir ce thème sont la modernité, une meilleure gestion des stocks ainsi que des rapports clairs et statistiques.

I.3. Présentation du cahier des charges

Le cahier des charges d'un projet est une description complète du projet dans le langage naturel (non technique) compréhensible par toute personne ingénieur ou non ingénieur. Dans ce cahier, le client fait ressortir l'ensemble des contraintes que doit respecter son produit : l'encombrement, le temps réel, la consommation, le coût, etc....

Dans ce projet, nous allons réaliser un distributeur automatique qui comporte quatre unités de décharge commandées par quatre servomoteurs à rotation continue, quatre boutons pour sélectionner un article, un système de support commandé par des moteurs pas à pas, un capteur de proximité pour détecter les pièces de monnaies, un écran LCD, une carte SD, un speaker et deux micro-switch. Ces unités feront l'objet du chapitre II.

Nous allons proposer le cahier des charges de notre projet où les points suivants seront recouverts:

- Concevoir un distributeur automatique miniaturisé réalisé en bois et couvert en aluminium.
- Concevoir une carte électronique spécialement pour notre thème.
- Etablir les fonctions suivantes du distributeur :
 - Détection d'une pièce.
 - Commander et automatiser le système par des boutons.
 - Gestion du mouvement du chariot.
 - Gestion de la délivrance des produits.
 - Affichage et lecture des étapes.
 - Assurance de l'initialisation du processus.

I.4. Objectifs à réaliser

Notre projet de fin d'études vise à accomplir les objectifs suivants :

- Concevoir un distributeur automatique miniaturisé à base de bois et d'aluminium.
- Concevoir un circuit imprimé correspondant au processus de notre distributeur automatique.
- Etudier l'aspect de commande des composants afin d'analyser les besoins fonctionnels et non fonctionnels et d'établir les diagrammes de séquence.
- Procéder au branchement de la carte Arduino Mega 2560 REV3 ainsi que les différents composants notamment les capteurs et les actionneurs.
- Editer un programme qui sera téléverser sur la carte Arduino afin de piloter les différents éléments électroniques.

I.5. Présentation des distributeurs automatiques

Un distributeur automatique est une machine qui permet d'obtenir des services, sans intervention humaine (libre service), tout cela grâce aux techniques d'automatisme [1].

Depuis la naissance des distributeurs automatiques, ces systèmes ne cessent d'évoluer grâce à l'innovation et à l'évolution des modes de vie. L'utilisation d'un distributeur automatique permet de rentabiliser de faibles volumes d'achats là où un point de vente physique ne serait pas rentables et d'assurer une vente 24H/24 lorsque le distributeur est approvisionné. La distribution automatique permet également la vente dans des espaces privés tels que les entreprises ou les collectivités. Ces machines sont surtout utilisés dans le domaine de la vente de boissons, de confiseries et de produits d'hygiène, mais ils gagnent également de nouveaux domaines (pizzas, fleurs, etc.).(Voir Figure.I.1)



Figure I.1: Différents types de distributeurs automatiques

I.6. Un peu d'histoire

Le premier distributeur automatique, donné par Figure.I.2, est apparu aux alentours du premier siècle en Grèce, ce distributeur aurait été inventé peu de temps après la création de la monnaie par Héron d'Alexandrie qui était un mathématicien grec. Ce distributeur permettait aux fidèles de recueillir dans un récipient une certaine quantité d'eau sacrée, après avoir déposé une pièce de cinq drachmes dans le vase. La pièce tombait sur le plateau d'une balance, qui s'abaissait sous ce poids, découvrant à l'autre extrémité une soupape conique. Ceci libérait une certaine quantité de liquide. De son côté, la pièce tombait dans une sébile. Les drachmes récoltées servaient à financer les travaux du temple [2].

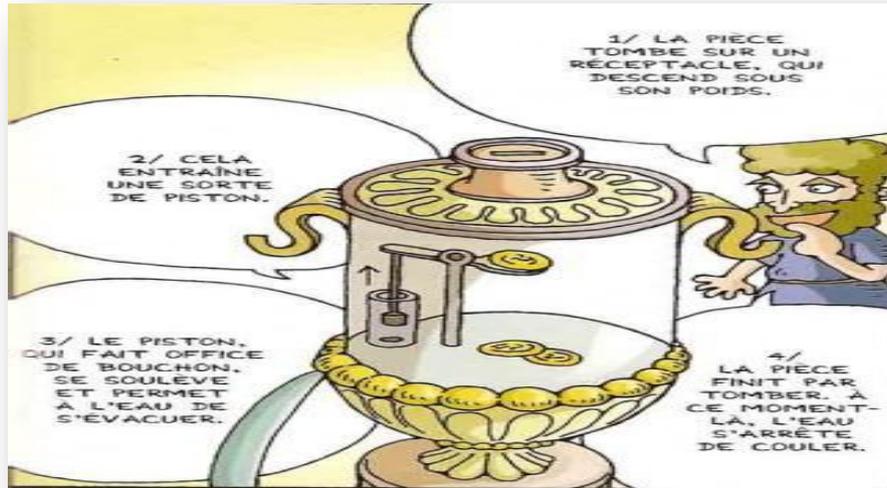


Figure I.2: Fonctionnement du premier distributeur de l'histoire.

Si l'origine est ancienne, il a fallu attendre le 17^{ème} siècle pour que le premier distributeur automatique avec une fonction commerciale apparaisse, en effet des distributeurs de tabac se développent dans les tavernes et les auberges anglaises.

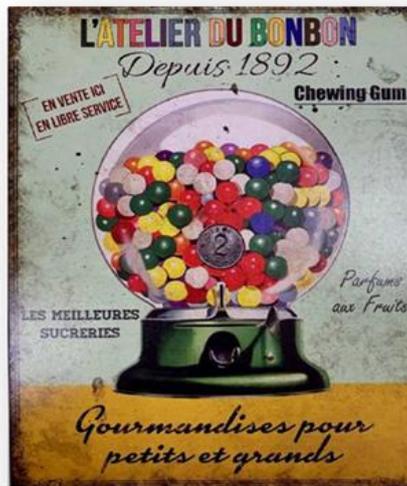
À la fin du 19^{ème} siècle, et plus exactement en 1880, des distributeurs de cartes postales et de livres ont fait leur apparition, cette fois-ci à Londres.

À partir de 1892 les distributeurs des gommes à mâcher de la société Tomas Adams ont été installés dans les halls des gares aux États-Unis (voir Figure.I.3.(a)).

En 1889, le premier distributeur automatique de chocolats est lancé en Suisse par la compagnie générale des distributeurs automatiques de Berne (voir Figure.I.3.(b)).

Après la seconde guerre mondiale, les systèmes de distribution se perfectionnent. Le progrès permet notamment le rendu de monnaie, puis les évolutions technologiques offrent progressivement des possibilités variées.

Aujourd'hui, le secteur de la distribution automatique est une industrie qui se porte bien, avec plusieurs milliards d'euros de chiffres d'affaires. Si les premiers distributeurs automatiques de boissons ont vu le jour vers 1940, le marché s'est largement diversifié au point que les appareils modernes fournissent aujourd'hui tabac, DVD, livres, timbres postaux, snacks, etc.



(a)



(b)

Figure I.3: Les premiers distributeurs, (a)-Distributeur de gomme à mâcher, (b)- Premier distributeur de chocolat.

I.7. Avantages des distributeurs automatiques

Les distributeurs automatiques ont facilité la vie depuis leur apparition. Ces machines sont qualifiées par des avantages que nous citons quelques uns ci-dessous.

I.7.1. Simplicité et Sécurité

De nos jours, Les distributeurs automatiques sont faciles a utilisé, de plus ils résistent particulièrement bien au vandalisme. Ils peuvent en outre être équipés d'un terminal de paiement plutôt que d'un monnayeur et d'un recycleur de billets. En optant pour le paiement électronique dans cet automate, le risque de faux billets et de braquage à l'instant de la récupération de l'argent dans la machine est éliminé.

I.7.2. Gain de temps

Une fois le produit sélectionné, le distributeur automatique le dispense dans un temps déterminé, une personne pressée ou un employé qui doit vite revenir à son travail aura donc l'opportunité d'obtenir son produit dans une courte durée.

I.7.3. Consécration aux tâches importantes

Le distributeur allège les employés d'une boutique ou d'un magasin et leur permet de se concentrer sur les cas les plus importants. Il peut s'avérer d'un réel secours surtout aux heures de grande affluence ou aux heures où le magasin est fermé puisque les distributeurs sont ouverts 24H/24 et 7J/7.

I.7.4. Modernité

Mettre un distributeur dans une boutique ou un magasin, ça attire les clients et fait de la bonne publicité. Tout le monde aime ce qui est neuf et moderne. Une enceinte avec un distributeur automatique gagnera donc des clients qui viendront peut-être juste pour l'essayer, mais qui finalement l'adopteront !

I.7.5. Meilleure gestion des stocks

Certains distributeurs automatiques sont équipés de divers capteurs et instruments pour aider leurs propriétaires à mieux gérer le niveau des stocks, vérifier les dates de péremption des produits et modifier le prix des produits (par exemple ceux qui doivent être consommés rapidement).

I.7.6. Rapports clairs et statistiques

La caisse des distributeurs est toujours juste. Mais, avec les machines libre-service les plus évoluées, les propriétaires disposent également de statistiques et de rapports clairs des ventes et des recettes. Ces rapports se présentent, selon le cas, sous une ou plusieurs formes tel qu'un message affiché directement sur l'écran de la machine, un ticket à imprimer ou via une interface web (avec possibilités de gestion).

I.8. Catégories des distributeurs automatiques

I.8.1. Selon le format

Nous distinguons deux types de distributeurs :

I.8.1.1. Free Standing

C'est-à-dire les automates de type "armoire". Dans cette catégorie, nous trouvons les distributeurs de boissons chaudes, de boîtes/bouteilles, de confiserie, de glaces, etc.

I.8.1.2. Office Coffee Service (O.C.S)

Il s'agit des petits systèmes à café de bureau. Ils fonctionnent avec du café en grains, des capsules de café moulu (Expresso Point, Nespresso Professional).

I.8.2. Selon la tarification

Nous distinguons deux types de distributeurs :

I.8.2.1. Distributeur monoprix

Quel que soit le nombre de produits proposés, leur prix est identique. Les produits devront alors être d'une même famille et surtout d'un coût d'achat identique.

I.8.2.2. Distributeur multi-prix

Chaque produit proposé peut être tarifé individuellement. Les produits pourront alors être différents.

I.9. Principe de fonctionnement de certains distributeurs

De nos jours, il existe dans le marché, une dizaine de types de distributeurs automatiques. Dans cette partie, nous présenterons les distributeurs les plus répandus.

Un distributeur automatique, qu'il soit de boissons chaudes, de boissons fraîches, de snacks ou de confiseries, a la même fonction: distribuer de façon automatique un produit contre une somme d'argent ou un jeton. Pour arriver à ce même résultat, chaque type de distributeur a un fonctionnement différent. Nous présentons par la suite un aperçu de quelques distributeurs ainsi que leur principe de fonctionnement:

I.9.1. Distributeur automatique de boissons chaudes

I.9.1.1. Présentation

C'est le distributeur automatique le plus classique et le plus répandu. Son fonctionnement est simplifié par l'utilisation de dosettes automatiques ou manuelles. Il peut contenir diverses boissons chaudes tels que le café, le thé, la soupe, le chocolat chaud, etc.

De plus, le distributeur de boissons chaudes dédié aux entreprises connaît depuis toujours un grand succès auprès des employés et est devenu une machine indispensable dans n'importe quelle enceinte (voir Figure.I.4).

I.9.1.2. Principe de fonctionnement

En général, un distributeur automatique de boissons chaudes est composé de plusieurs parties:

- Des bacs pour stocker les ingrédients (le café en grain ou lyophilisé, le lait en poudre, le chocolat en poudre...);
- Des bols mélangeurs qui mélangent les produits et l'eau;
- Un monnayeur;
- Un bac de récupération pour le trop plein;
- Un réceptacle pour le marc de café usagé;
- Des filtres à eau pour la purifier;

- Une partie mécanique et électronique pour assurer la prise de commande, le rendu de monnaie, le démarrage de la préparation de boissons, etc.

Le fonctionnement d'un distributeur de boisson chaude est simple. Il suffit de sélectionner la boisson désirée parmi les différentes catégories disponibles et de payer ensuite la somme indiquée. Une fois le paiement inséré, un gobelet descend automatiquement sur le plateau, et la machine verse la dose indiquée et la boisson choisie, et cela après l'avoir préparé en passant par toutes les parties citées ci-dessus. Certaines machines permettent de doser soi-même la quantité de sucre.



Figure I.4: Distributeurs automatiques de boissons chaudes

I.9.2. Distributeur automatique de boissons fraîches

I.9.2.1. Présentation

Les appareils délivrant des boissons fraîches font partie intégrante de la vie moderne. Ce type de machine permet de profiter d'une pause fraîcheur et désaltérante. Le distributeur est équipé d'un système de réfrigération qui permet de conserver les boissons en toute circonstance. Très appréciés pour leur côté pratique et la diversité des produits, ils proposent une large gamme de boissons qui satisfont toutes les envies.

À l'instar des distributeurs de boissons chaudes, ce type de distributeur (voir Figure. I.5) et lui aussi très répandu au grand public, principalement lors de la période estivale.

I.9.2.2.Principe de fonctionnement

Un distributeur automatique de boissons fraîches est réfrigéré et comporte des compartiments verticaux dans lesquels sont rangées les boissons fraîches. Pour une question pratique, ces bacs contiennent le plus souvent des canettes qui risquent moins de se coincer. De plus, l'offre est plus variée en canettes qu'en bouteilles.



Figure I.5: Distributeurs automatiques de boissons fraîches

I.9.3. Distributeur automatique de snacks et de confiserie

I.9.3.1. Présentation

Un distributeur automatique de snacks offre aujourd'hui plus de 40 références différentes de collations et de bonbons, allant des chips au chocolat, les mini-sandwichs, les biscuits, les noix, chewing-gum et les bonbons à la menthe. Pour répondre aux besoins croissants des consommateurs, des machines à snacks proposent des produits alimentaires diversifiés en libre-service, pour qu'un distributeur automatique de snacks et de mini-sandwichs puisse avoir du succès, il faut impérativement proposer les produits qui plaisent aux utilisateurs.

I.9.3.2. Principe de fonctionnement

Le distributeur de snacks et de confiseries est un appareil réfrigéré dont le fonctionnement est identique à celui d'une armoire réfrigérante [3]. Il comporte plusieurs étagères horizontales équipées de spirales. Ces spirales servent à tenir les produits et tournent pour les libérer quand un achat est effectué à l'aide d'un ou plusieurs capteurs infrarouges de proximité. Une fois libéré par les spirales, le produit tombe dans un chariot qui le transporte jusqu'au réceptacle, le client peut donc récupérer le produit commandé. (voir Figure I.6).



Figure I.6: Distributeurs automatiques de snacks et confiserie

I.9.4. Distributeur automatique mixte ou combiné

I.9.4.1. Présentation

C'est la machine préférée des professionnels du commerce, le distributeur automatique mixte combine à la fois boissons et snacks, le tout dans la même machine, ce qui élimine le besoin d'installer deux contenants séparés.

Lorsqu'on parle alors de distributeur combiné. Les boissons, bouteilles ou cannettes, sont placées en bas de l'appareil afin d'éviter les chocs trop importants quand le produit est libéré et tombe dans la zone de récupération. Pour accueillir les boissons, le distributeur automatique mixte est équipé d'étagères plus résistantes en bas.

I.9.4.2. Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un distributeur automatique mixte est totalement identique à celui du distributeur de snacks, la seule différence réside dans la solidité et la résistance des étagères réservées aux boissons (voir Figure I.7)



Figure I.7: Distributeur automatique mixte ou combiné

I.9.5. Distributeur d'eau ou fontaine d'eau fraîche

I.9.5.1. Présentation

Une fontaine d'eau fraîche, également appelée fontaine à eau, refroidisseur d'eau ou distributeur d'eau, est un dispositif qui refroidit et distribue l'eau. Des gobelets sont également mis à disposition. Deux robinets distribuent l'eau réfrigérée et à température ambiante. Un distributeur d'eau est généralement fixé au mur et relié à un circuit d'approvisionnement en eau potable ou équipé d'un réservoir changeable. Ce type de réservoir est généralement en plastique, en forme de bouteille, et d'une contenance de 18,9 litres.

I.9.5.2.Principe de fonctionnement

Lorsque la bonbonne d'eau est placée sur la machine, son bouchon est percé pour permettre à l'eau de s'écouler sous l'effet de la gravité. En appuyant sur le robinet, l'utilisateur libère de l'air, ce qui va en retour initier la distribution de l'eau. L'air remplace alors l'espace vide dans la bonbonne d'eau. C'est pourquoi, lorsque vous utilisez ce type de fontaine à eau, de grosses bulles se forment dans la bonbonne.

Les fontaines à eau à bonbonne peuvent proposer plusieurs options d'eau: eau froide, eau gazeuse et eau chaude. C'est pour permettre de distribuer ces différents types d'eau qu'elles sont d'ailleurs branchées à une prise électrique sans quoi elles pourraient tout de même distribuer une eau tempérée. (voir Figure I.8)



Figure I.8: Distributeurs d'eau ou fontaines d'eau fraîche.

I.10. Développement et diversification des distributeurs automatiques

Au fil des années, et plus précisément depuis le début de 21^{ème} siècle, les distributeurs automatiques ne cessent de se développer et de se diversifier dans de multiples domaines alimentaires et non alimentaires, dans cette partie nous allons évoquer les nouvelles gammes de ces machines à distribution:

I.10.1. Distributeurs automatiques alimentaires

- **Distributeur automatique de pain:** Il permet de se procurer du pain et des baguettes sans avoir à se déplacer à la boulangerie. Le distributeur automatique de pain chaud peut distribuer cet aliment traditionnel sans la limite du temps. Le contenu de l'appareil est aussi divers que son emplacement: baguettes, pains de campagne, viennoiseries et pâtisseries (voir Figure I.9. (a)).
- **Distributeur automatique de pizzas:** des pizzas fraîchement préparées servies juste chaudes, à la part ou entières, dans un carton (voir Figure I.9. (b)).

- **Distributeur croquette et aliments pour animaux:** pour remplir soi-même sa boîte d'aliments pour chiens et chats lorsqu'on est pris de cours.
- **Distributeur fermier:** fromages fermiers, lait, charcuteries, œufs, produits régionaux, fruits et légumes du producteur, etc.



(a)



(b)

Figure I.9: Distributeurs automatiques; (a) de pain, (b) de pizza.

I.10.2. Distributeurs automatiques non alimentaires

- **Distributeur automatique de tickets de cinéma:** Il permet d'alléger les longues chaînes des téléspectateurs à la caisse.
- **Distributeur automatique d'accessoires de toilette:** brosse à dents, gel douche, shampoing.
- **Distributeur automatique de livres et jouets:** Il est placé généralement dans les endroits fréquentés par les enfants, près des plages et centres de loisirs, (voir Figure I.10).
- **Distributeurs de maquillage:** Rouge à lèvres, fard à joue, ligneur.etc.



Figure I.10: Distributeur automatique de jouets

I.11. Où peut-on trouver les distributeurs automatiques?

Il y a 4 principaux types d'endroits dans lesquels on peut trouver des distributeurs automatiques professionnels.

- **Dans les zones de passage et de transit**, dans lesquelles on est souvent pressé ou on peut avoir du temps à occuper. Il s'agit des aires d'autoroute, des parkings, des gares, ou des aéroports par exemples. Disponibles 24H/24 et 7J/7, ces appareils doivent donc fournir tout ce que les utilisateurs ont besoin, allant des denrées alimentaires aux produits High-Tech. Métros et aéroports sont autant d'endroits très fréquentés à des horaires variés et qui, dans l'idéal, proposeront des appareils innovants pour répondre aux besoins croissants des voyageurs.
- **Dans les zones d'attente de services**, pour patienter ou calmer une petite faim, voire déstresser. Il s'agit notamment de salles d'attente des hôpitaux, des administrations, des laboratoires, des centres de formation, etc.
- **Dans les zones commerçantes**: tels que les centres commerciaux, les rues piétonnes, devant les boutiques, etc. Les distributeurs automatiques représentent une bonne façon de maintenir l'offre commerciale et l'activité en dehors des heures d'ouverture: les clients ne trouveront jamais porte close !
- **Sur les lieux de travail des entreprises**: parce que les salariés n'ont pas toujours le temps de déjeuner ou peuvent avoir un petit creux de mi-journée: entreprises, tours d'affaires, cafétérias d'entreprises, etc. De plus, une simple machine à distribution, installée dans un coin des locaux de travail, favorise souvent la convivialité entre les employés, lesquels se réuniront autour pour discuter de leurs tâches respectives (voir Figure I.11).



Figure I.11: Convivialité entre employés autour d'un distributeur automatique

I.12. Impact d'un distributeur dans un lieu public

Pour avoir une idée sur l'impact d'un distributeur automatique dans une entreprise ou un lieu public nous avons pris comme exemple la machine de distribution mixte de notre institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle (IMSI), université Oran 2 et on a procédé à un sondage de dix questions sur un échantillon de 100 étudiantes et étudiants évoluant en Master 1 et Master 2.

I.12.1. Les questions du sondage

- Utilisez-vous le distributeur automatique ?
- Combien de fois par semaine utilisez-vous le distributeur automatique ?
- A quel moment de la journée vous vous rendez au distributeur ?
- Quels sont les produits que vous consommez le plus ?
- Préférez vous acheter du distributeur ou sortir de l'institut et acheter aux magasins à proximité ?
- Quel est votre budget hebdomadaire consacré à cette machine ?
- Pensez vous qu'il y a suffisamment de distributeurs automatiques au sein de l'institut ?
- Si vous avez répondu par 'oui' à la question précédente. Quel type de distributeur souhaitez vous ajoutez ?
- Il y'a 3 ans, un distributeur de café était disponible au niveau de l'institut. L'avez-vous souvent utilisé ?
- A la fin de ce sondage. Pensez vous qu'un distributeur automatique est indispensable dans une entreprise ou un lieu public ?

I.12.2. Analyses des résultats

- 89% des étudiants déclarent avoir déjà utilisé le distributeur automatique.
- 1 étudiant(e) sur 3 utilise au moins une fois le distributeur automatique de façon hebdomadaire.
- La majorité des étudiants avouent avoir un creux de ventre au milieu de l'après midi et se rendent donc au distributeur pour casser la croute.
- Les biscuits à base de chocolat et les canettes de soda sont les plus consommés par les étudiants.
- 8 étudiants sur 10 préfèrent acheter du distributeur automatique au lieu de se rendre aux magasins se trouvant à l'extérieur de l'institut.

- La moyenne budgétaire hebdomadaire de 100 étudiants est de 43 DA.
- 2 étudiants sur 3 pensent qu'il n'y a pas suffisamment de distributeur au sein de l'institut
- 72% des étudiants ayant pensé qu'il n'y a pas suffisamment de distributeurs au sein de l'institut souhaitent avoir un distributeur de sandwich et repas froids, tandis que 28% préfèrent la disponibilité d'un distributeur de café.
- 93% des étudiants se sont déjà servis du distributeur de café qui se trouvait au sein de l'institut.
- 9 étudiants sur 10 pensent qu'un distributeur automatique est indispensable dans une entreprise ou dans un lieu public.

I.12.3. Déduction

D'après les résultats obtenus grâce au sondage réalisé sur l'utilisation du distributeur automatique au sein de notre institut, nous avons conclu que cette machine est devenue indispensable au niveau des lieux publics. La moyenne du rapport hebdomadaire a montré que les revenus budgétaires du distributeur sont colossaux, c'est donc un bon moyen de rapporter de l'argent sans le moindre effort. Enfin nous pouvons désormais dire que le grand public s'est familiarisé avec le distributeur et que la majorité des tranches de la société s'en servent grâce à son service rapide, simple, proche et sécurisé.

I.13. Conclusion

La distribution automatique, est un marché en pleine expansion dans lequel les innovations ne cessent de croître. Les distributeurs quant à eux sont devenus indispensables dans la vie quotidienne de l'être humain.

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur les distributeurs automatiques, tout en justifiant les raisons qui nous ont motivés à choisir ce thème, et cela en mentionnant les multiples avantages des machines à distribution et en montrant l'impact des distributeurs dans une société grâce à un sondage réalisé sur un échantillon de cent étudiants de notre institut.

Le chapitre suivant sera consacré à détailler la conception du distributeur automatique en évoquant les composants et logiciels utilisés pour réaliser notre projet.



Chapitre II

Partie matériels et logiciels

II.1. Introduction

L'objectif de l'électronique est de créer des systèmes de plus en plus puissants, miniaturisés et autonomes, autrement appelés systèmes électroniques embarqués, tout en minimisant le coût d'étude et de production qui oblige la mise en œuvre d'autres technologies pour la simplification des schémas électroniques, ce qui facilite le traitement des systèmes plus complexes avec un bon rendement, performance et coût réduit.

Un système embarqué présente une intégration entre deux parties, logicielle et matérielle, qui sont conçues conjointement pour répondre à des fonctionnalités spécifiques. Ces dernières sont, pour la plus part des cas, des applications critiques.

Dans ce chapitre nous allons développer la notion de l'électronique embarquée utilisé dans notre projet et qui a la capacité d'unir la puissance de la programmation à la puissance de l'électronique. Pour cela, nous allons présenter les différents matériels et logiciels nécessaires pour la réalisation de notre projet de distribution automatique.



Figure : II.1-Principe des systèmes électroniques embarqués.

II.2.Partie Matériels

Dans cette partie, nous allons évoquer la carte programmable choisie, ainsi que les différents composants électroniques utilisés pour réaliser notre distributeur, ainsi que l'unité d'alimentation qui est indispensable pour alimenter notre système.

II.2.1. Choix de la carte programmable

Pour nos projets électroniques, nous avons souvent besoin d'une carte programmable. Cependant, parmi de centaines de cartes qui existent sur le marché, il est difficile de faire un choix adéquat. Ce choix doit être effectué selon notre projet et le cahier des charges proposé. Nous pouvons donc faire une étude comparative entre les principales plateformes de développement de ces cartes en tenant compte de leurs avantages, inconvénients, fonctionnalités, complexité ainsi que leurs coûts.

Grâce à leur grande variété et leur adaptation à certaines applications spécifiques, nous avons constaté que les cartes Arduino sont les microcontrôleurs les mieux adaptés à notre système de distributeur automatique, puisqu'elles sont suffisantes et leur rapport qualité-prix est abordable.

II.2.2. Pourquoi a-t-on choisi l'Arduino ?

Le choix de l'Arduino est justifié par plusieurs paramètres tels que :

- **Open Source et Open Hardware:** Possibilité d'utilisation du schéma d'origine et le modifier ensuite pour produire la carte et la vendre sans avoir à payer des droits d'auteur.
- **Tarifs extrêmement abordables:** Le schéma étant en libre accès, différentes entreprises produisent les cartes et les exposent au marché par un coût réduit.
- **Echanges nombreux au sein de la communauté Arduino:** Il existe maints forums et documentations consultables en ligne afin de pouvoir surmonter les difficultés rencontrées aux branchements ou à la programmation.
- **Multiplateforme:** Afin de programmer une carte Arduino, il faut la connecter à un ordinateur puis utiliser le logiciel Arduino (IDE) qui permet de programmer la carte. L'IDE est disponible sur Windows, Mac OSX et Linux, contrairement à d'autres microcontrôleurs.
- **Clarté de l'environnement de programmation:** Conçu pour des débutants, Arduino est très instinctif et donnera le goût à la programmation, il est d'ailleurs très facile de débiter sur Arduino.

II.2.3. Qu'est ce qu'un Arduino ?

Arduino est une plate-forme de prototypage open-source d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation [4].



Figure : II.2-Logo d'Arduino.

II.2.4. Qu'est ce qu'une carte Arduino ?

Le module Arduino est un circuit imprimé en matériel libre (plateforme de contrôle) dont les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre. Cette carte est équipée essentiellement d'un microcontrôleur, d'un port USB ainsi que des connecteurs d'entrées/sortie (plus ou moins nombreux selon les modèles) [5].

Le microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer et piloter des tâches très diverses.

La carte Arduino repose sur deux parties, le "Hardware" et le "Software" dont le "Hardware" est la carte électronique programmable, quant au "Software" c'est l'interface de programmation avec un langage spécifique basé sur les langages C et C++.

La carte Arduino est utilisée dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée (la domotique, le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles).

II.2.5. Les gammes de la carte Arduino

La carte Arduino désigne toute une gamme des cartes à des microprocesseurs. Afin de choisir celle qui convient le plus à notre projet, il est utile de donner les spécifications techniques aux différentes cartes. Nous citons quelques-uns par la suite, données par Figure.II.3.

- **Arduino Mega2560 Rev3**: Cette carte, donnée par Figure.II.3.(a), dispose de 16 entrées analogiques, de 15 canaux PWM et d'un matériel compatible avec les shields Arduino. La compatibilité logicielle avec Mega ne peut pas toujours être garantie. Le processeur est cadencé à 16 MHz et comprend 256 Ko de ROM, 8 Ko de RAM, 4 Ko

d'EEPROM et fonctionne à 5 V, ce qui facilite son utilisation avec la plupart des appareils électroniques conviviaux.

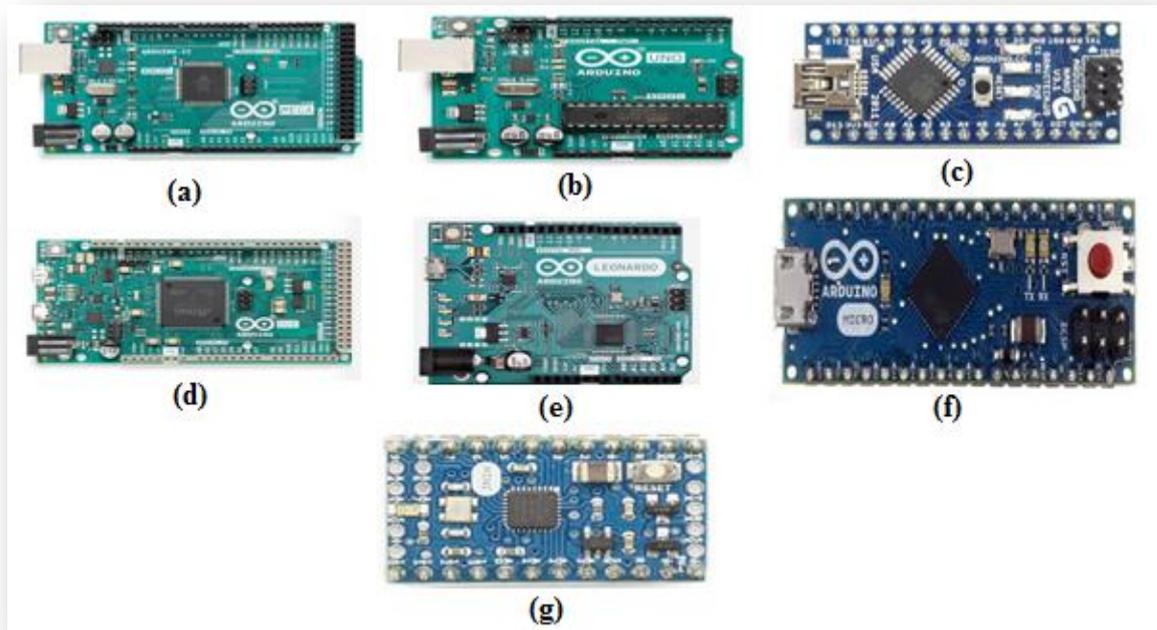


Figure : II.3- Les gammes de la carte Arduino.

- **Arduino UNO:** Cette carte, illustrée par Figure.II.3.(b), est sans doute l'Arduino le plus populaire. Il est alimenté par un processeur Atmega328 qui fonctionne à 16 MHz, comprend 32 Ko de mémoire programme, 1 Ko d'EEPROM, 2 Ko de RAM, 14 Entrée/ Sorties numériques, 6 entrées analogiques et un rail d'alimentation de 5V et 3,3V.
- **Arduino Nano:** Cette carte, donnée par Figure.II.3.(c), est essentiellement un Arduino UNO réduit. Le Nano est alimenté par un processeur Atmega328 fonctionnant à 16 MHz, comprend 32 Ko de mémoire programme, 1 Ko d'EEPROM, 2 Ko de RAM, 14 entrées-sorties numériques, 6 entrées analogiques et des rails d'alimentation 5V et 3,3V. Contrairement au système UNO, le Nano ne peut pas se connecter aux platines de prototypages. Les cartes Arduino Nano sont souvent l'option de carte Arduino la moins chère, ce qui les rend rentables pour les grands projets.
- **Arduino DUE:** Cette carte, donnée par Figure.II.3.(d), est l'une des cartes les plus grandes et la première carte Arduino à être alimentée par un processeur ARM. Alors que l'UNO et Nano fonctionnent à 5V, la DUO fonctionne en 3,3V – il est important de le noter, car une surtension endommagerait irrémédiablement la carte. Alimenté par un Cortex-M3 ATSAM3X8E cadencé à 84 MHz, le DUE dispose de 512 Ko de ROM

et de 96 Ko de RAM, de 54 broches d'entre/sortie numériques, de 12 canaux PWM, de 12 entrées analogiques et de 2 sorties analogiques.

- **Arduino Leonardo:** L'Arduino Leonardo, donné par Figure.II.3.(e), est une carte à microcontrôleur basée sur le composant ATmega32u4. Elle dispose de 20 entrées/sorties digitales (dont 7 peuvent être utilisées comme sorties PWM et 12 en tant qu'entrées analogiques), un oscillateur cristal 16 MHz , une connexion micro USB, un jack d'alimentation, un connecteur ICSP, et un bouton reset. Cette carte dispose aussi de tout le nécessaire pour supporter le microcontrôleur. Elle peut être connectée à un ordinateur à l'aide d'un câble USB et alimentée avec un adaptateur AC/DC ou une batterie pour démarrer.
- **Arduino Micro:** Cette carte, donnée par Figure.II.3.(f), est basée sur le microcontrôleur ATmega324, c'est une version compacte et réduite de l'Arduino Leonardo. Il dispose de 20 entrée/sorties numériques (dont 7 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 14 entrée analogiques, d'un oscillateur à quartz de 16 MHz , une connexion micro USB.
- **Arduino Mini:** Cette carte, donnée par Figure.II.3.(g), est basée sur le microcontrôleur ATmega328 en version 5.0, c'est une version compacte et réduite de l'Arduino. Il dispose de 14 entrées/sorties numériques (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 8 entrées analogiques dont 4 sont réparties sur les pins, d'un oscillateur à quartz de 16 MH, d'une connexion RS TTL, un connecteur ICSP, et un bouton de reset.

II.2.6.Arduino Mega 2560 Rev3

Parmi les types d'Arduino cités ci-dessus, nous avons opté pour une carte Arduino Mega 2560 Rev3. Cette carte présentera le cœur de notre projet.



Figure : II.4-Photo réelle de la carte Arduino MEGA2560 Rev3

II.2.6.1. Pourquoi Arduino Mega 2560 ?

Notre choix est justifié par la facilité de la conception et la mise en œuvre d'une telle carte. Cette dernière est qualifiée aussi par la simplification de la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant aux personnes intéressées plusieurs avantages telles que:

- **Espace mémoire:** la Méga 2560 possède 256 ko de mémoire flash, soit 8 fois plus d'espace mémoire que certaines cartes comme la carte UNO et Micro qui propose seulement 32ko. Puisque le code du programme de notre projet occupe beaucoup d'espace mémoire, la Mega 2560 est donc la solution idéale.
- **Connectivité USB:** la Mega 2560 est facilement raccordable à notre ordinateur via un câble USB A/B classique, tandis que d'autres cartes tel que la Micro nécessitera un câble Micro-USB.
- **Capacité SRAM:** Les cartes Arduino sont équipées de SRAM (mémoire vive statique). La Mega 2560 est celle qui dispose de la plus grande capacité SRAM avec 8 ko. Grâce à cette capacité supérieure, Arduino Mega 2560 dispose d'avantage d'espace pour créer et manipuler des variables en cours d'exécution.
- **Nombre d'entrées/sorties:** La MEGA est une carte composée de bien plus d'entrées/sorties que les autres cartes (16 analogiques et 54 digitales pouvant fournir jusqu'à 20mA) soit 70 entrées/sorties au total.
- **Connectivité avec les Shields:** Contrairement à la majorité des cartes, Arduino Mega 2560 a la possibilité de se connecter aux Shields, qui sont des cartes électroniques supplémentaires comme les afficheurs graphiques en couleur, GPS,...., etc.).

II.2.6.2. Spécifications techniques

Tableau. II.1 présentant les principales caractéristiques de la carte Arduino Mega 2560 Rev3.

Tableau. II.1. Caractéristiques techniques de la carte Arduino MEGA2560 Rev3[6]

Microcontrôleur	ATMEGA2560-16AU
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12 V
Broches d'E / S numériques	54 (D0-D53)
Broches d'E / S numériques PWM	15 (D2-D13; D44-D46)
Broches d'entrée analogique	16 (A0-A15)
Courant CC par broche d'E / S	20 mA
Courant CC pour broche 3,3 V	50 mA
Mémoire flash	256 Ko dont 8 Ko utilisés par le chargeur de démarrage
SRAM	8 Ko
EPROM	4 Ko
Vitesse de l'horloge	16 MHz
LED_BUILTIN	D13
Longueur	101,52 mm
Largeur	53,3 mm
Poids	37 g

II.2.6.3. Composants

Les composants de la carte Arduino représentées par Figure II.5 sont détaillés dans Tableau II.2.

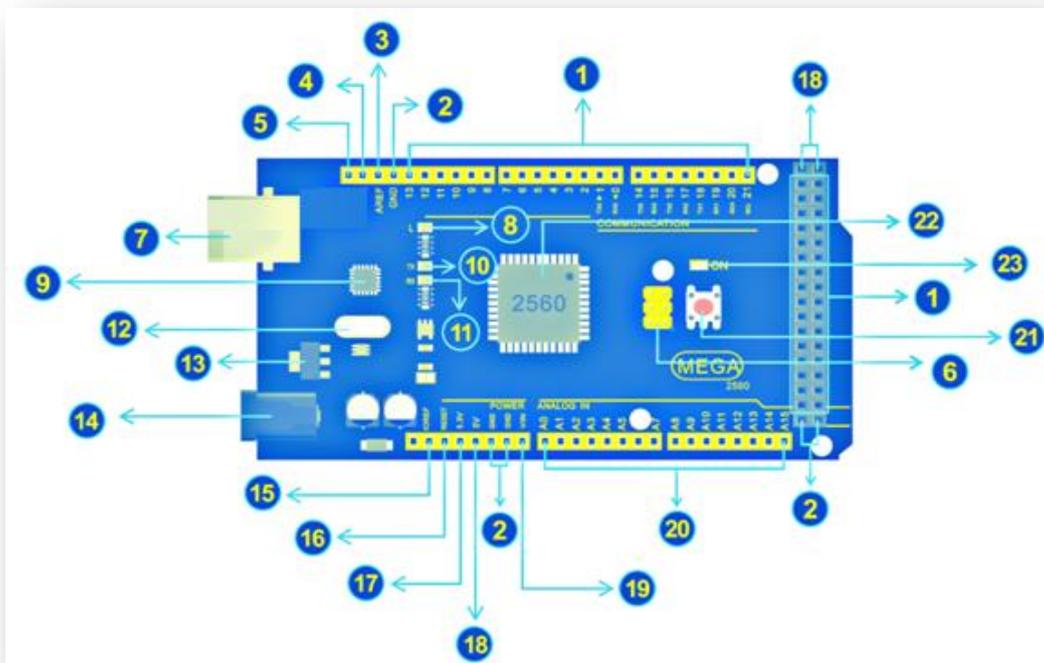


Figure : II.5- Composants de la carte Arduino

Tableau II.2. Définition des composants de la carte Arduino MEGA2560

Numéro du Composant(s)	Définition	Photo réelle du composant(s)
1	<p>E / S numériques Arduino MEGA dispose de 54 broches d'entrée / sortie numériques (dont 15 peuvent être utilisées comme sorties PWM). Ces broches peuvent être configurées comme broche d'entrée numérique pour lire la valeur logique (0 ou 1). Ou utilisé comme broche de sortie numérique pour piloter différents modules tels que LED, relais, etc.</p>	
2	<p>GND Broche de masse</p>	
3	<p>AREF C'est l'acronyme anglais de "référence analogique". Cette broche est parfois utilisée pour définir une tension de référence externe (entre 0 et 5 Volts) comme limite supérieure pour les broches d'entrée analogiques.</p>	
4	<p>SDA Broche de communication IIC</p>	
5	<p>SCL Broche de communication IIC</p>	
6	<p>ICSP (In Circuit Serial Programming) Facilite la réalisation et la communication avec des composants externes d'une manipulation a l'aide du protocole SPI (Serial Peripheral Interface).</p>	
7	<p>Port USB à deux actions - Alimenter la carte en énergie électrique (5V). -Téléverser le programme dans la carte.</p>	
8	<p>LED C8 C'est une LED intégrée pilotée par la broche numérique 13. Lorsque la broche est de valeur HIGH, la LED est allumée, lorsque la broche est LOW, elle est éteinte.</p>	
9	<p>ATMEGA 16U2-MU USB vers puce série, peut convertir le signal USB en signal de port série.</p>	

<p>10</p>	<p>LED TX À bord, on trouve l'étiquette: TX (transmission). Lorsque la carte Arduino communique via le port série, envoyons le message, le voyant TX clignote.</p>	
<p>11</p>	<p>LED RX À bord, on trouve l'étiquette: RX (réception). Lorsque la carte Arduino communique via le port série, recevons le message, le voyant RX clignote.</p>	
<p>12</p>	<p>Oscillateur à cristal L'Arduino calcule le temps en utilisant un oscillateur à cristal. Le nombre imprimé sur le dessus du cristal Arduino est 16.000H9H. Il indique que la fréquence est de 16 000 000 Hertz ou 16 MHz.</p>	
<p>13</p>	<p>Régulateur de tension Sert à contrôler la tension fournie à la carte Arduino, ainsi que stabiliser la tension CC utilisée par le processeur et d'autres composants. Convertissez une tension d'entrée externe DC7-12V en DC 5V, puis basculez DC 5V sur le processeur et d'autres composants.</p>	
<p>14</p>	<p>Prise d'alimentation CC La carte Arduino peut être fournie avec une alimentation externe DC7-12V à partir de la prise d'alimentation CC.</p>	
<p>15</p>	<p>IOREF Cette broche sur la carte fournit la référence de tension avec laquelle le microcontrôleur fonctionne. Un blindage correctement configuré peut lire la tension de la broche IOREF et sélectionner la source d'alimentation appropriée ou activer les convertisseurs de tension sur les sorties pour fonctionner avec le 5V ou 3,3V.</p>	
<p>16</p>	<p>RESET en-tête C'est un bouton externe sert à réinitialiser la carte.</p>	
<p>17</p>	<p>Broche d'alimentation 3V3 C'est une alimentation de 3.3 volts générée par le régulateur embarqué. La consommation maximale de courant est de 50 mA.</p>	
<p>18</p>	<p>Broche d'alimentation 5V Fournit une tension de sortie de 5 V</p>	
<p>19</p>	<p>Vin C'est une broche permettant l'alimentation d'Arduino depuis une source de tension externe DC7-12V.</p>	

<p>20</p>	<p>Broches analogiques La carte embarquée dispose de 16 entrées analogiques, étiquetées A0 à A15 permettant de brancher des capteurs et des détecteurs analogiques.</p>	
<p>21</p>	<p>Bouton de réinitialisation La carte Arduino peut être réinitialisée en utilisant le bouton RESET.</p>	
<p>22</p>	<p>Microcontrôleur - Le microcontrôleur utilisé sur cette carte d'Arduino est un microcontrôleur ATmega2560. C'est un microcontrôleur ATMEL. - Permet de stocker le programme et de l'exécuter. En effet c'est le cerveau de la carte.</p>	
<p>23</p>	<p>Indicateur LED d'alimentation C'est la mise sous tension de l'Arduino, la LED allumée signifie que la carte de circuit imprimé est correctement allumée. Si le voyant est éteint, la connexion est erronée.</p>	

II.3. Capteurs

II.3.1. Qu'est ce qu'un capteur ?

Un capteur réalise l'acquisition d'une grandeur physique (température, luminosité, présence, distance...) qu'il transforme en un signal de sortie logique (grandeur électrique), analogique ou numérique afin qu'il puisse être traité par la partie commande du système (actionneurs) [7].

II.3.2. Capteurs utilisés

Dans notre réalisation de distributeur automatique nous avons eu besoin que de deux capteurs. leur présentations, leur caractéristiques ainsi que leur branchements (réels et en utilisant logiciel Proteus) avec l'Arduino Mega 2560 sont détaillés ci-dessous.

II.3.2.1. Capteur IR de proximité FC-51

- **Présentation**

Le capteur de proximité FC-51, donné par Figure II.6 est un capteur muni d'une paire de tubes d'émission et de réception IR [8]. Le tube de transmission envoi une centaine de fréquences Infrarouge qui sera réfléchi lors de la détection des obstacles (surface réfléchissante) sur une plage allant de 2cm à 30cm et sur un angle de 35° et reçue par le tube récepteur, comme le montre Figure.II.7. Après le traitement avec le circuit du comparateur, la lumière verte est allumée et l'interface de sortie du signal émet un signal numérique (signal à faible tension). La distance de détection peut être ajustée avec le potentiomètre.

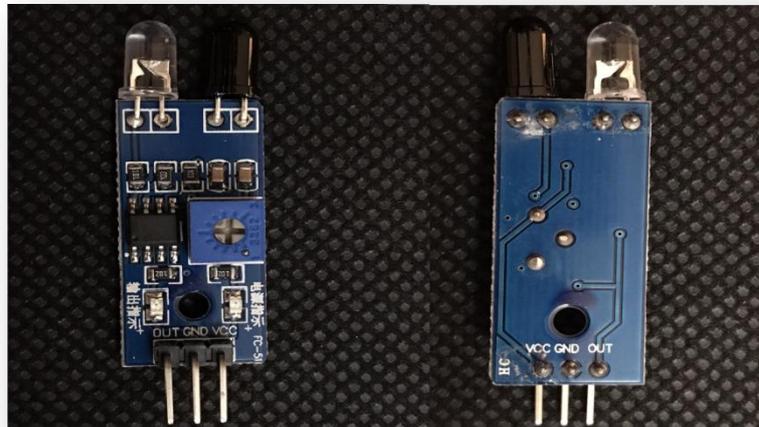


Figure : II.6-Photo réelle du capteur IR de proximité FC-51

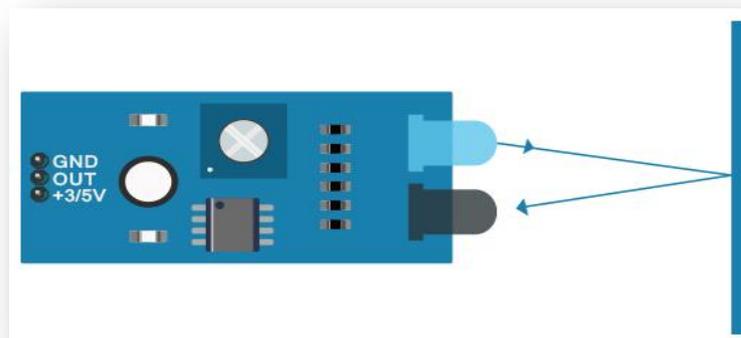


Figure : II.7-Fonctionnement du capteur IR de proximité FC-51

- **Caractéristiques**

Tableau II.3 donne les principales caractéristiques du capteur IR de proximité FC-51.

Tableau II.3. Caractéristiques du Capteur IR de proximité FC-51

Tension de fonctionnement	3,3 ~ 5 V.
Plage de détection	2 ~ 30 cm.
Angle de détection	35°.
Câblage	VCC-VCC ; GND-GND ; OUT-IO
Dimensions	4 x 1,5 cm.
Poids	environ 3 g.

• Branchement

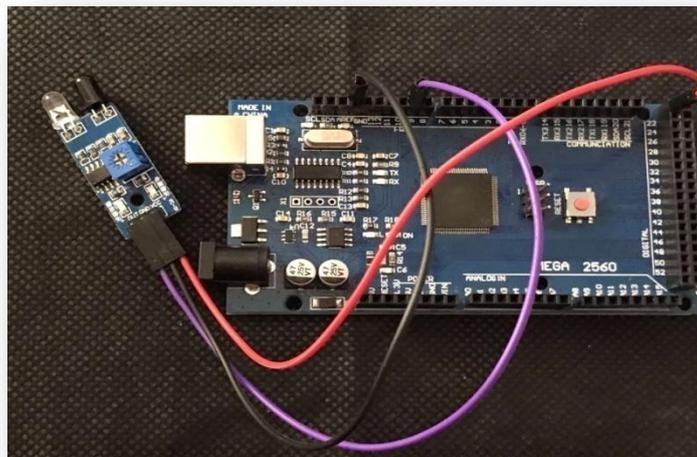


Figure : II.8-Branchement réel du capteur IR de proximité FC-51

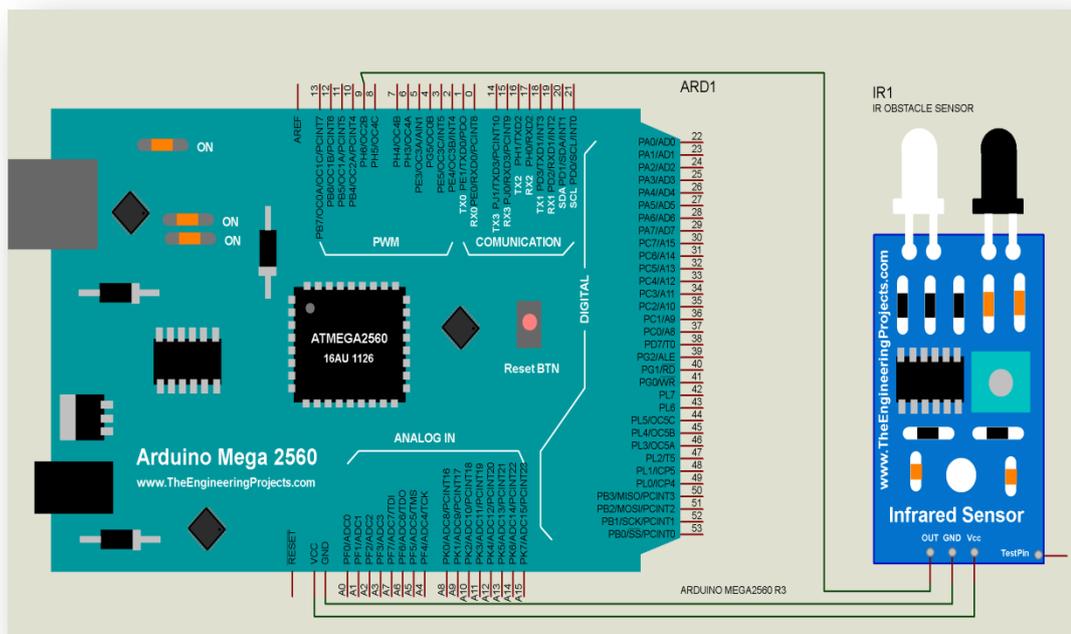


Figure : II.9-Branchement du capteur IR sous Proteus de proximité FC-51



Figure : II.10-Branchement PCB du capteur IR de proximité FC-51

II.3.2.2. Micro Switch

- **Présentation**

Un interrupteur miniature à action brusque également déposé et fréquemment connu sous le nom de micro-interrupteur ou bien micro-switch (voir Figure.II.11), est un interrupteur électrique qui est actionné par très peu de force physique, grâce à l'utilisation d'un mécanisme de point de basculement, parfois appelé mécanisme «over-center». Ce mécanisme permet la détection des fins de course et donc la continuité du déroulement des étapes d'un projet.

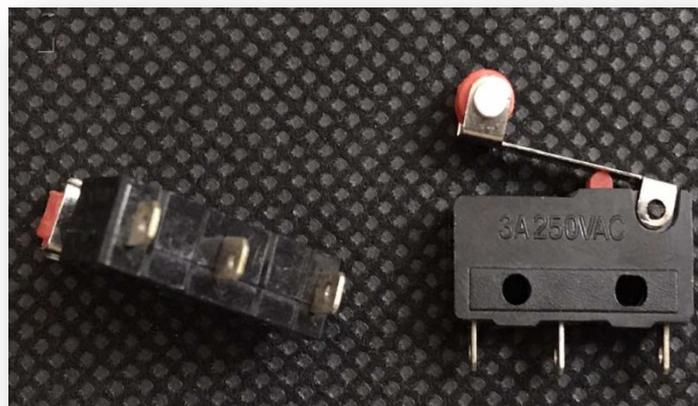


Figure : II.11-Photo réelle du Micro switch

- **Caractéristiques**

Tableau II.4 donne les principales caractéristiques du Micro switch.

Tableau II.4. Caractéristiques du Micro switch

Contact	3A250VAC
Commutateurs	Unipolaire
Materiel	Plastique et metal
Centres de fixation	9.5 mm
Trou de fixation	2.35 mm
Dimensions	13.00mm x 5.50mm x 10.00mm
Poids	5g

- Branchement

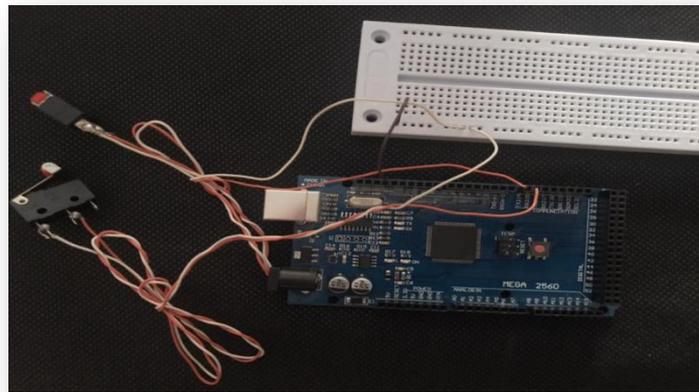


Figure : II.12-Branchement réel du Micro Switch

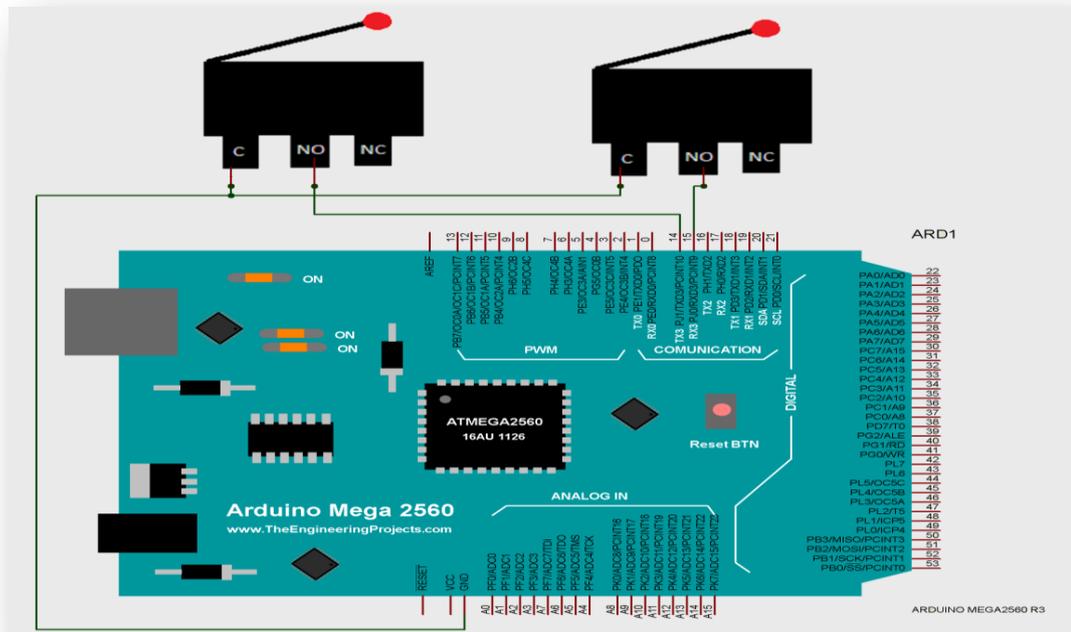


Figure : II.13-Branchement du Micro Switch sous Proteus





Figure : II.15-Photo réelle du Servomoteur MG995 360 degrés (à rotation continue)

- **Caractéristiques**

Tableau II.5 donne les principales caractéristiques du servomoteur MG995 360 degrés.

Tableau II.5. Caractéristiques du Servomoteur MG995 360 degrés (à rotation continue)

Tension d'opération	4.8 – 7.2Volts
Vitesse d'utilisation	0,20 sec / 60 ° (4.8V sans charge) 0,16 sec / 60 ° (6.0V sans charge)
Couple d'arrêt	130,5 oz-pouces (9,40 kg-cm) à 4,8 V 152,8 oz-pouces (11,00 kg-cm)à 6V
Type d'engrenage	tous les engrenages en métal
Fil de connecteur	Heavy Duty, 11,81 « (300 mm)
Dimension	40mm x 19mm x 43mm
Poids	55 g
Angle de rotation	360 degrés

- **Branchement**

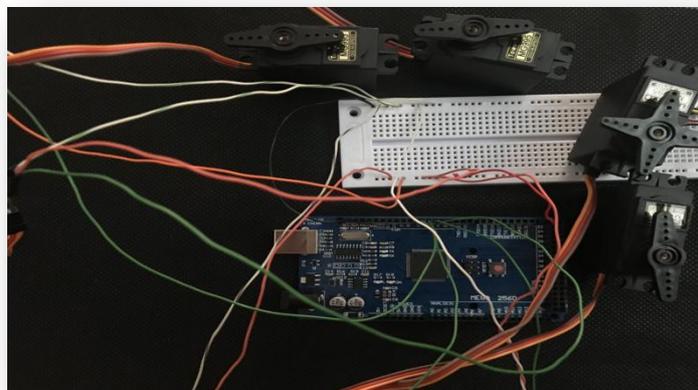


Figure : II.16-Branchement réel du Servomoteur MG995

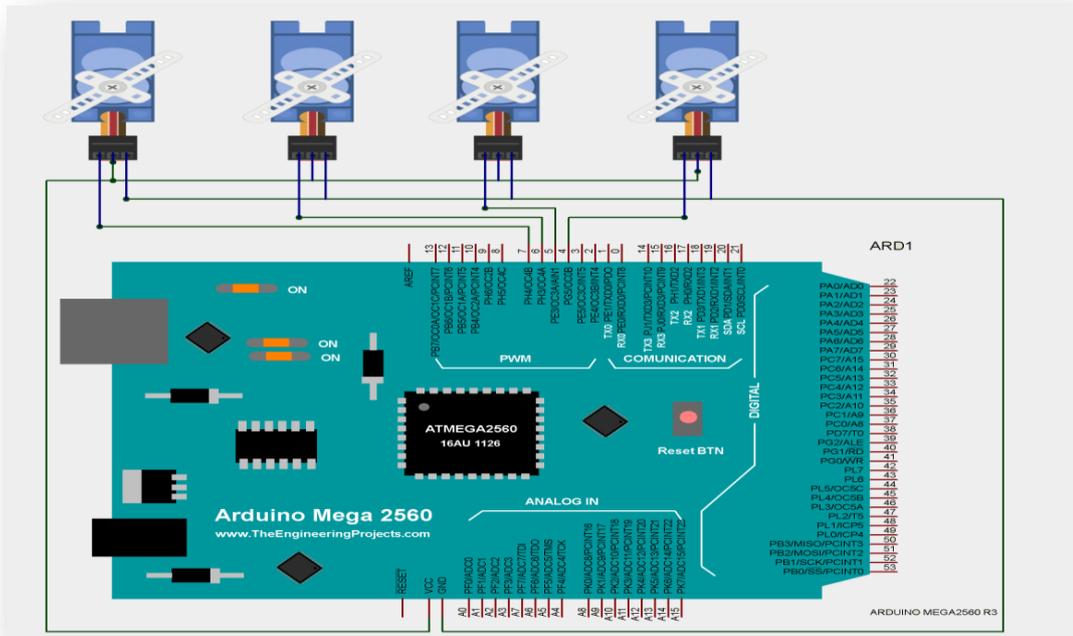


Figure : II.17-Branchement du Servomoteur MG995 sous Proteus

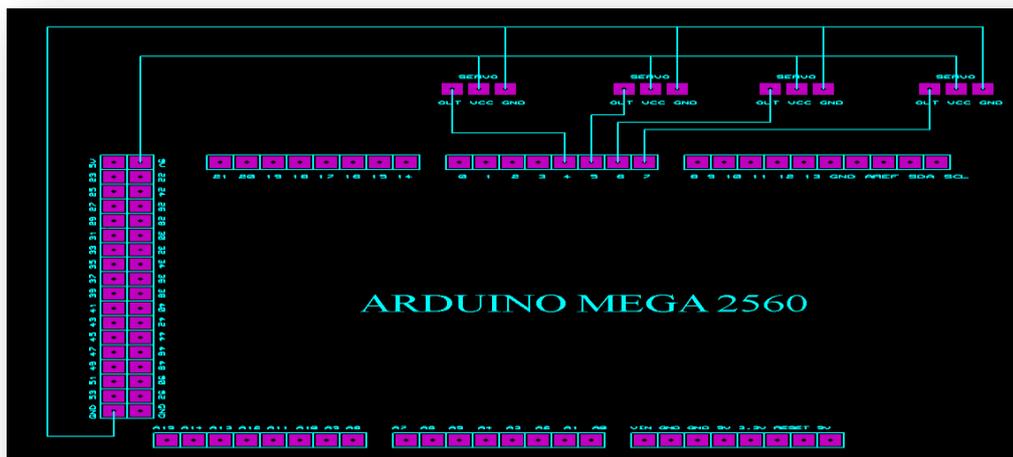


Figure : II.18-Branchement PCB du Servomoteur MG995

II.4.2.2. Module d'alimentation abaisseur DC-DC LM2596HVS et l'alimentation 12V/2A

- **Présentation**

Un convertisseur DC-DC est un dispositif électronique de puissance qui accepte une tension d'entrée continue et fournit également une tension de sortie continue. Le module abaisseur DC-DC LM2596 est un convertisseur qui donne en sortie une tension plus petite que celle de l'entrée. Ici, le régulateur de tension à découpage LM2596, illustré par Figure II.19, est utilisé pour réguler la tension. Ce régulateur est un circuit intégré monolithique (un seul bloc) parfaitement adapté à la conception simple et pratique d'un régulateur à découpage abaisseur (convertisseur abaisseur), son

efficacité est nettement supérieure à celle des régulateurs linéaires à trois bornes populaires.



Figure : II.19-Photo réelle du Module d'alimentation abaisseur DC-DC LM2596HVS

- **Caractéristiques du Module d'alimentation abaisseur DC-DC LM2596HVS**

Tableau. II.6.Caractéristiques du Module d'alimentation abaisseur DC-DC LM2596HVS

Tension d'entrée	4,5V-48V
Tension de sortie	3V-40V
Courant d'entrée	3A(Maximum)
Efficacité de conversion	92%(la plus élevé)
Ondulation de sortie	-30mV
Fréquence de commutation	150 KHz
Dimensions	43*20.5*12.5mm
Poids	13g

- **Remarque**

Comme nous l'avons souligné lors de la partie présentation, le convertisseur abaisseur de tension réduit la tension d'entrée d'une alimentation afin que la tension de sortie soit dans les normes et n'endommage pas les modules utilisés. Nous avons donc utilisé une alimentation 12V/2A donné par Figure.II.20.

- **Caractéristiques du transformateur 12V/2A**

- ✓ Tension d'entrée : AC 110 ~ 240V 50/60Hz .
- ✓ Câble courant alternatif :Plug UE
- ✓ Tension de sortie :DC 12V
- ✓ Courant de sortie: 0 ~ 2A
- ✓ Poids :100g.



Figure : II.20-Photo réelle du transformateur 12V/2A

- Branchement

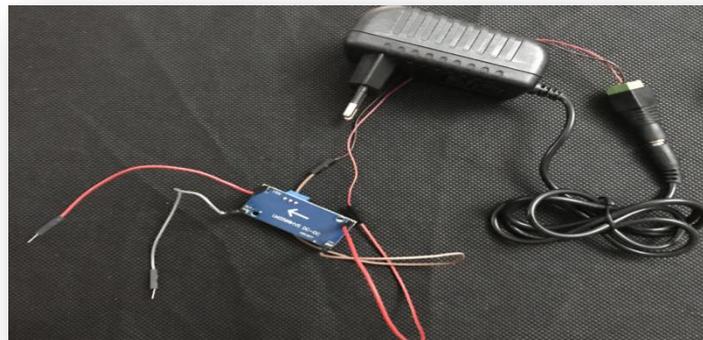


Figure : II.21-Branchement réel de l'abaisseur et du transformateur

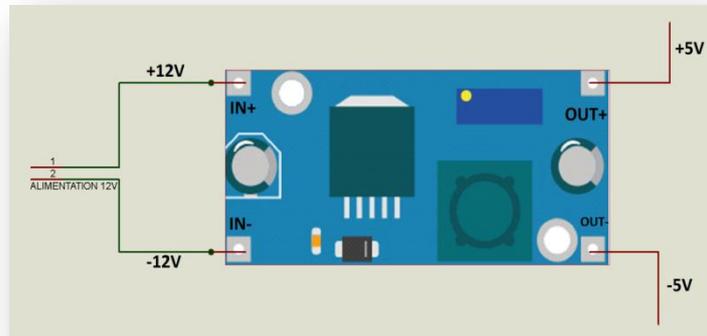


Figure : II.22-Branchement de l'abaisseur et du transformateur sous Proteus

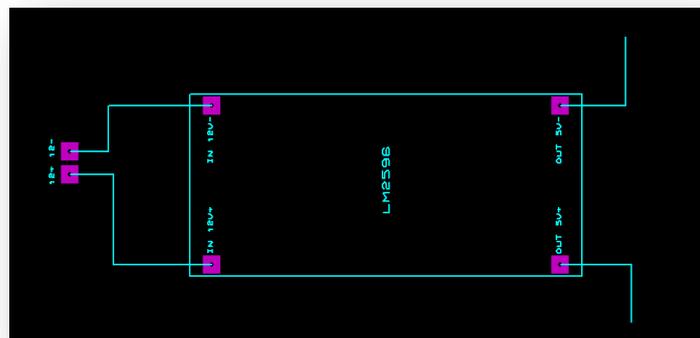


Figure : II.23-Branchement PCB de l'abaisseur et du transformateur

II.4.2.3. Moteur pas à pas NEMA17 et le driver A4988

Nous avons regroupé ces deux modules ensemble car le branchement du NEMA17 dépend de celui de l'interface driver A4988.

- **Présentation du moteur NEMA17**

Un moteur pas à pas est un moteur électrique à courant continu sans balai qui divise une rotation complète en un certain nombre de pas égaux. La position du moteur peut alors être commandée pour se déplacer et se maintenir à l'une de ces étapes sans aucun capteur de rétroaction (un contrôleur en boucle ouverte), tant que le moteur est soigneusement dimensionné pour l'application. Il s'agit d'un moteur pas à pas biphasé; qui se compose de deux bobines. Les pôles de ces bobines sont dans l'ordre (1A et 2A, 1B et 2B). Ces derniers fonctionnent avec un système binaire (0 → 0V et 1 → 12V) qui assure la rotation d'un pas à chaque décalage binaire d'une manière successive, à gauche ou à droite selon le sens horaire ou le sens contraire.



Figure : II.24-Photo réelle du Moteur pas à pas NEMA17

- **Caractéristiques du moteur NEMA17**

Tableau II.7. Caractéristiques du Moteur pas à pas NEMA17

Phases	2
Angle de pas	1,8 ± 5% degré / phase
Tension	4,2 V CC
Courant	1,2 A / phase
Résistance	8,8 ± 10% Ω / phase
Inductance	6,0 mH ± 20% (1 kHz 1 V eff.)
Style de plomb	AWG26 UL1007
Couple de maintien	40 N.cm min
Couple de détente	2,6 N.cm max
résistance d'isolement	100MΩ Min (DC 500V)
Classe d'isolation	B (130 ° C)
Couple de rotor	57 g.cm2
Longueur du câble	70cm
Dimensions	39.00mm x 39.00mm x 36.00mm
Poids	160g

- **Présentation du driver A4988**

Le driver A4988, donné par Figure.II.25, est un pilote de moteur micropas complet avec traducteur intégré pour une utilisation facile. Il est conçu pour faire fonctionner des moteurs pas à pas bipolaires (Dans notre cas le NEMA17 donnée par Figure.II.24) en modes plein, demi, quart, huitième et seizième pas, avec une capacité d'entraînement de sortie allant jusqu'à 35 V et ± 2 A. Le A4988 comprend un temps d'arrêt fixe régulateur de courant qui a la capacité de fonctionner en modes de décroissance lente ou mixte.



Figure : II.25-Photo réelle du Driver A4988

- **Caractéristiques du driver A4988**

Tableau II.8.Caractéristiques du Driver A4988

Max. Tension de fonctionnement	35 V
Min. Tension de fonctionnement	8V
Max. Courant par phase	2A
Résolution Microstep	Pas complet, 1/2 pas, 1/4 pas, 1/8 et 1/16 pas
Protection contre la tension inverse	Non
Dimensions	20.00mm x 15.00mm x 15.00mm
Poids	10g

- **Branchement**

Nous avons utilisé un abaisseur de tension LM2596 (voir Figure.II.26) car les différents composants sur le schéma ont besoin de deux tensions différentes:

✓ 5V pour les interfaces Driver A4988.

12V pour les moteurs NEMA pas a pas.

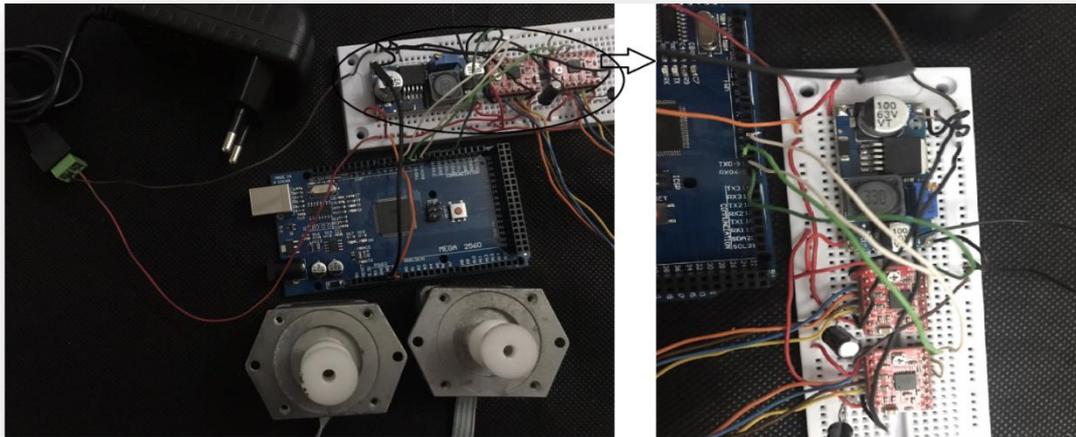


Figure : II.26- Branchement réel du Nema et du driver A4988.

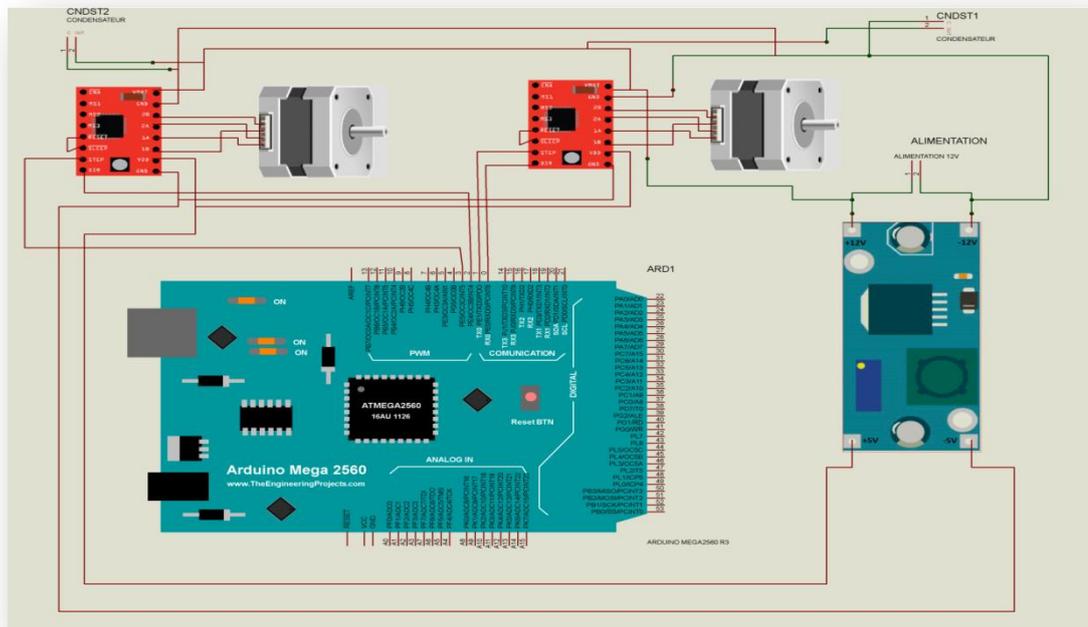


Figure : II.27-Branchement du Nema et du driver sous Proteus

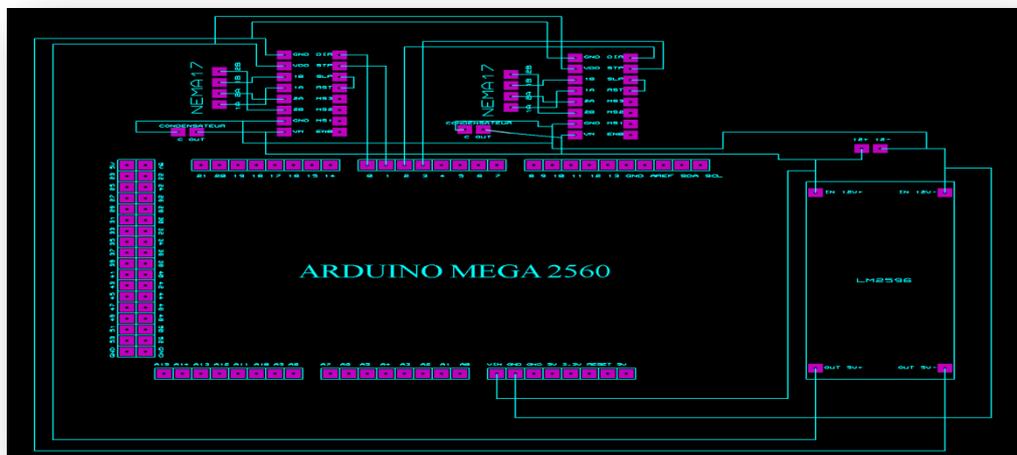


Figure : II.28-Branchement PCB du Nema et du driver

II.4.2.4. Afficheur LCD 16*2

- **Présentation**

LCD est l'abréviation du terme anglais "Liquid Crystal Display" qui signifie en français "Écran à cristaux liquides" d'où afficheur LCD.

L'afficheur LCD 16*2 est un dispositif d'affichage de données d'un usage général dans le monde électronique de type alphanumérique. C'est en particulier une interface visuelle entre un système (projet) et l'homme (utilisateur). Son rôle est de transmettre les informations utiles d'un système à un utilisateur. Il affichera donc des données susceptibles d'être exploitées par l'utilisateur d'un système[10].

Les afficheurs à cristaux liquides utilisent la propriété de modulation de lumière des cristaux liquides. Les écrans à cristaux liquides sont composés de deux couches de polariseurs, avec des directions de polarisation perpendiculaire, prenant en sandwich deux plaques de verres entre lesquelles sont placés les cristaux liquides. Sur les plaques de verre se trouve une matrice d'électrodes pour chaque pixel. Une tension appliquée entre les électrodes d'un pixel entraîne un changement d'orientation des molécules et donc la transparence du pixel qui peut alors laisser, ou non, passer la lumière du rétro éclairage.

- **Les pins de l'afficheur LCD 16*2** (voir Figure.II.29)



*Figure : II.29-Photo réelle de l'afficheur LCD 16*2*

- ✓ **Eclairage de l'écran:** l'**Anode (A)** est utilisé pour le retro-éclairage '5V' et la **Cathode (K)** pour la masse 'GND'.

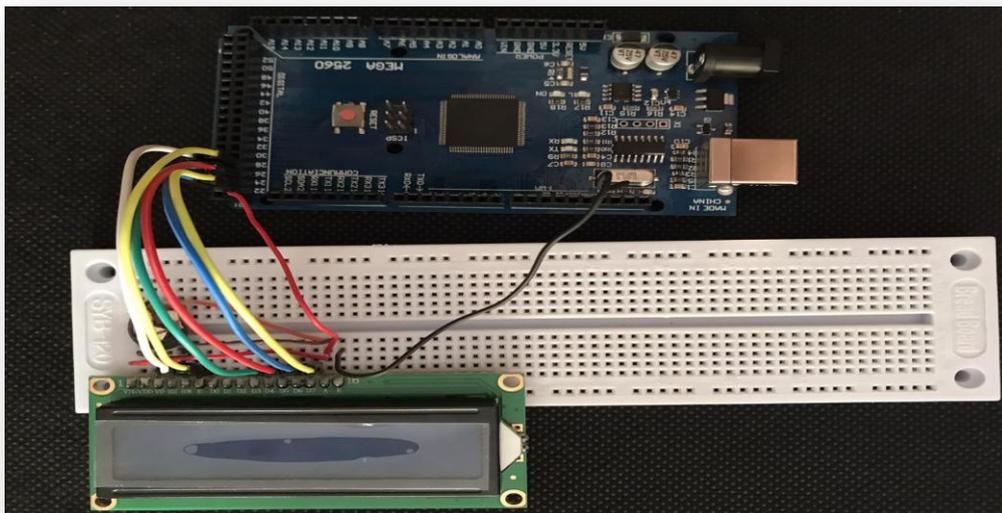
- ✓ **L'alimentation : VDD.**
- ✓ **La masse : VSS .**
- ✓ **Lecture et écriture: RW.**
- ✓ **Réglage du contraste:** le pin **V0** est connecté à un potentiomètre qui assure le réglage de la différence d'intensité lumineuse (contraste).
- ✓ **Registre commande ou donnée:** le pin **RS**.
- ✓ **Entrée de validation:** le pin **E**.
- ✓ **Bits de donnée: D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6 et D7.**

- **Caractéristiques**

*Tableau.II.9. Caractéristiques d'un Afficheur LCD 16*2*

Tension de fonctionnement	5V
Possibilité d'affichage	2 lignes X 16 caractères
Type LCM	Caractères
Utilisation	les photocopieurs, les télécopieurs, les imprimantes laser, les équipements de test industriel, les équipements de réseau tels que les routeurs et les dispositifs de stockage
Taille de la zone de visualisation	64.5mm x 16mm.
Dimensions	80mm x 36mm x 12mm
Poids	30g

- **Branchement**



*Figure : II.30-Branchement réel de l'afficheur LCD 16*2*

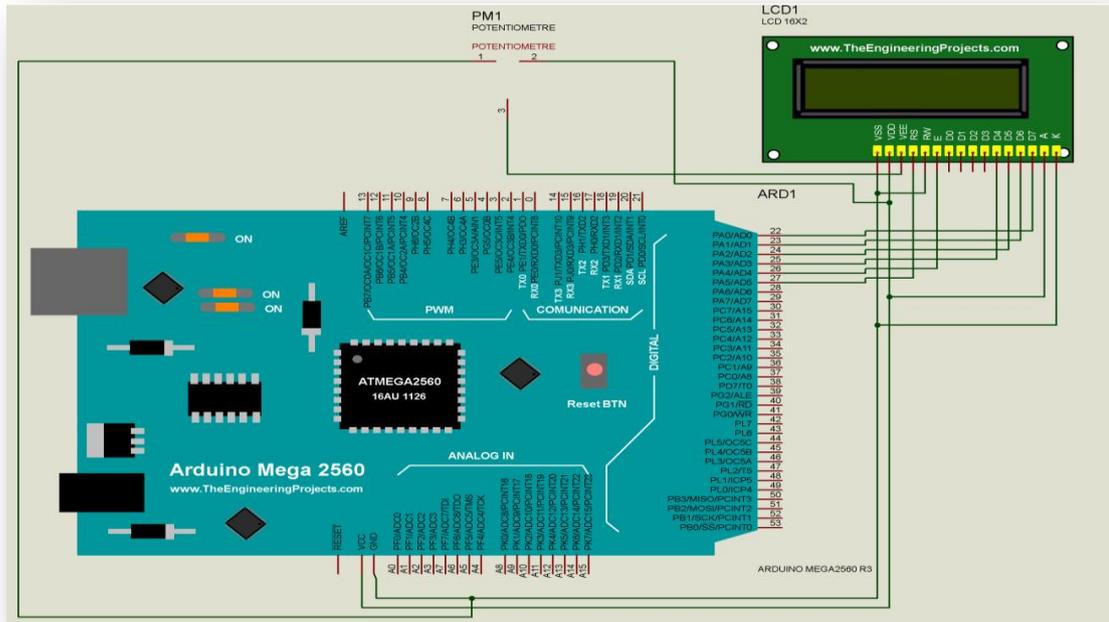


Figure : II.31-Branchement de l'afficheur LCD 16*2 sous Proteus

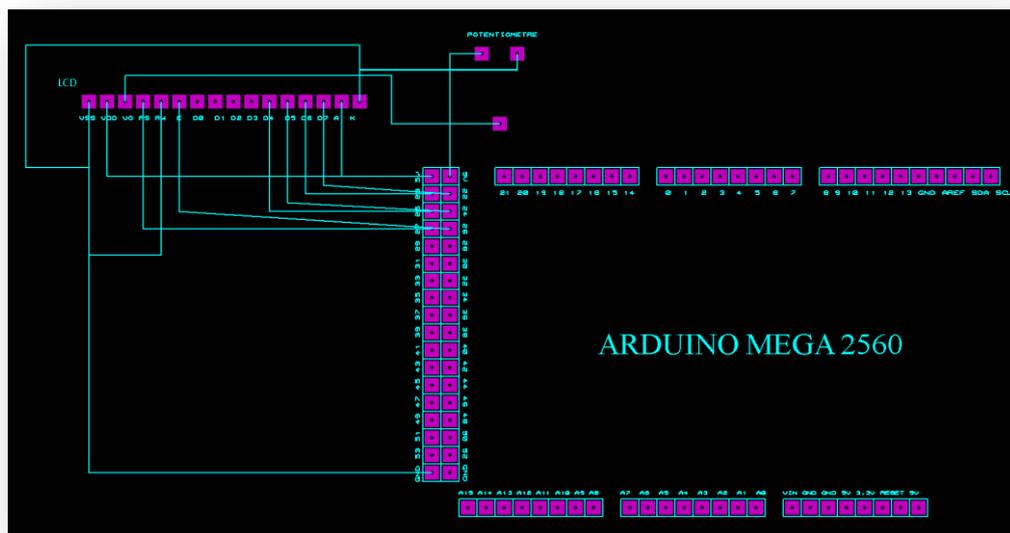


Figure : II.32-Branchement de l'afficheur LCD 16*2 sous Proteus

II.4.2.5.Le module carte SD et Speaker

- **Présentation de la carte SD**

Le module carte SD est utilisé principalement pour sauvegarder des fichiers et des données de grande taille (enregistrer des mesures ou écrire ou lire des fichiers, etc.). L'utilisation de ce module est indispensable dans notre cas, puisque la mémoire flash de l'Arduino est limitée.

Dans notre projet, nous avons utilisé le module carte SD, donnée par Figure.II.33, pour enregistrer des fichiers vocaux à l'aide d'un synthétiseur vocal pour ensuite les lire par l'intermédiaire d'un amplificateur sonore (dont la présentation est ci-dessous) après l'avoir programmé sur l'Arduino IDE en se basant sur le protocole SPI (Serial Peripheral Interface) qui représente la seule bibliothèque de communication entre l'Arduino et la carte SD.

Le module carte SD présente 8 broches doublées pour permettre d'établir la connexion, 4 connexions pour l'alimentation (5V, 3.3V et 2 pins GND) et 4 pour établir la liaison SPI (CS, MISO, MOSI et SCK) plus le support de Micro carte SD:

- ✓ **5V** et **3.3V** pour l'alimentation du module.
- ✓ 2 pins **GND** la masse du module.
- ✓ **CS (ChipSelect)** pour activer la communication (sélection de puce signal de broche).
- ✓ **MISO (Master Input, Slave Output)** broche de transmission équivalente à la borne TX d'un port série comme sortie du module.
- ✓ **MOSI (Master Output, Slave Input)** broche de réception équivalente à la borne RX d'un port série comme entrée du module.
- ✓ **SCK (Clock)** horloge permettant de synchroniser la communication.



Figure : II.33-Photo réelle de la carte SD.

- **Caractéristiques de la carte SD**

Tableau II.10- Caractéristiques de la carte SD

Support Micro SD Card	(<= 2G)
Carte Micro SDHC	(<= 32G)
Interface de communication	un standard SPI interface
Alimentation	3.5V et 5.5V
Trous de positionnement	4 M2 Vis trou de positionnement diamètre de 2.2mm
Taille	4.1 x 2.4cm

- **Présentation du Speaker Pioneer Tweeter TS-T50 (Haut-parleur)**

Un haut-parleur est un transducteur électromécanique destiné à produire des sons à partir d'un signal électrique. Dans notre cas le signal provient de l'Arduino, ce dernier est connecté avec une carte SD contenant des fichiers vocaux qui seront lus par l'intermédiaire du speaker donné par Figure.II.34.

Le Speaker est connecté aussi à un transistor BD139. Ce transistor est un dispositif technique permettant d'amplifier et augmenter l'intensité un signal électrique audio, il est de type NPN basse tension, et est utilisé pour les amplificateurs et les drivers audio.

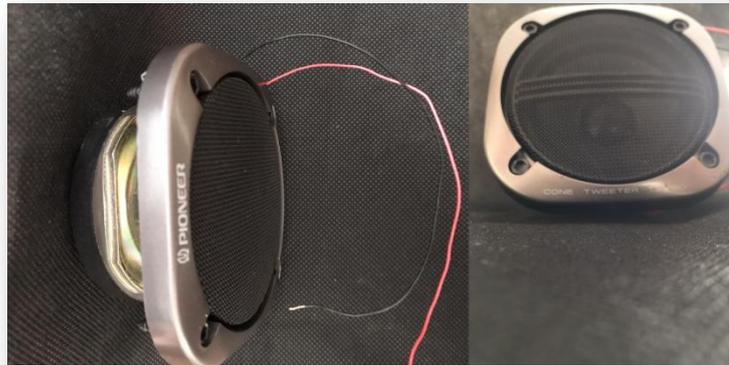


Figure : II.34-Photo réelle du speaker

- **Caractéristiques du Speaker Pioneer Tweeter TS-T50**

Tableau II.11- Caractéristiques du speaker Pioneer

Puissance maximale	150 W
Puissance d'entrée nominale	50 Watt
Réponse de fréquences	≥ 400 Hz
Impédance	6 ohm
Poids	180g

- **Branchement**

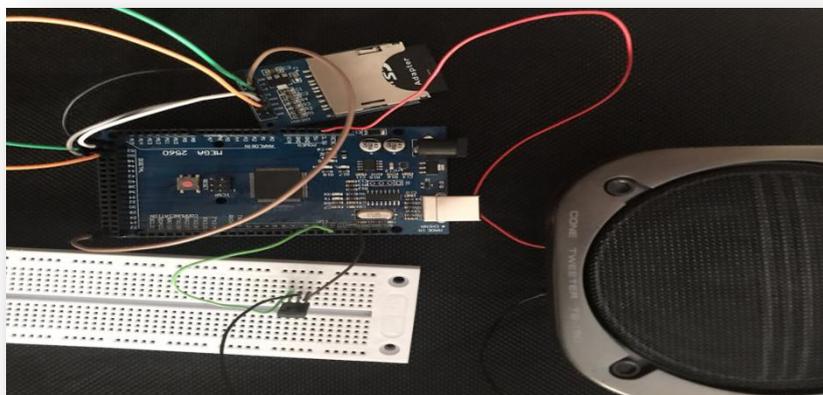


Figure : II.35-Branchement réel de la carte SD et du speaker

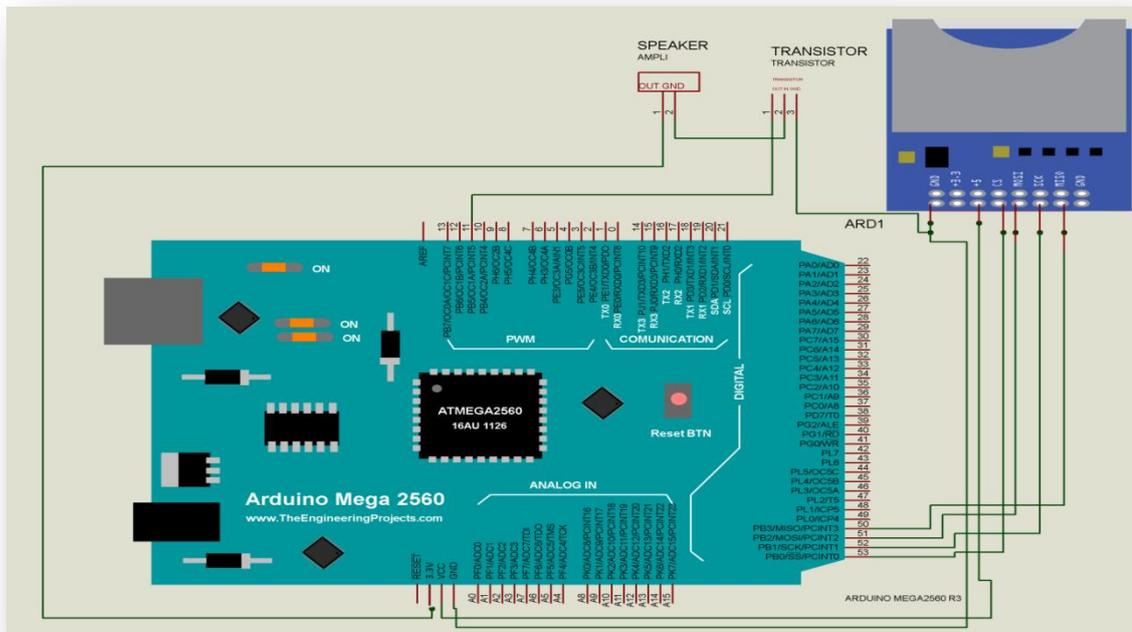


Figure : II.36-Branchement de la carte SD et du speaker sous Proteus

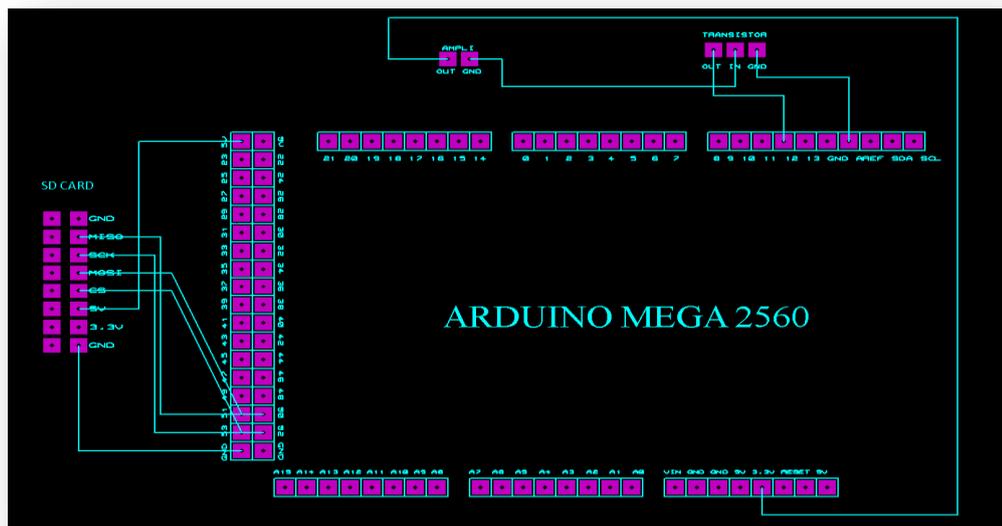


Figure : II.37-Branchement PCB de la carte SD et du speaker

II.4.2.6. Bouton poussoir

- **Présentation**

C'est un interrupteur temporaire, sitôt relâché, le bouton poussoir revient à sa position de base (initiale), contrairement au commutateur qui peut avoir deux positions stables ou plus. C'est un interrupteur (au sens large, ce terme inclus les poussoirs) qui va nous fournir énormément de possibilités dans le modélisme. C'est un composant peu onéreux qui pourra donc servir dans de multiples cas tel que notre projet (voir Figure.II.38).



Figure : II.38-Photo réelle des Boutons poussoirs

- **Caractéristiques**

Tableau. II.12-Caractéristiques du Bouton poussoir

Tension	6 ampères à 125 volts CA 3 ampères à 250 volts CA
Courant	3A
Trou d'installation	16mm
La resistance d'isolement	100 MOhms
Formulaire de contact	SPST
Fonction de commutation	ÉTEINT, ALLUMÉ
Poids	64g

- **Branchement**

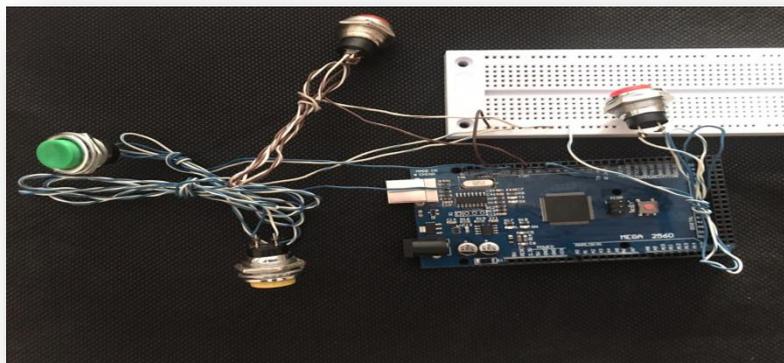


Figure : II.39-Branchement réel du Bouton poussoir

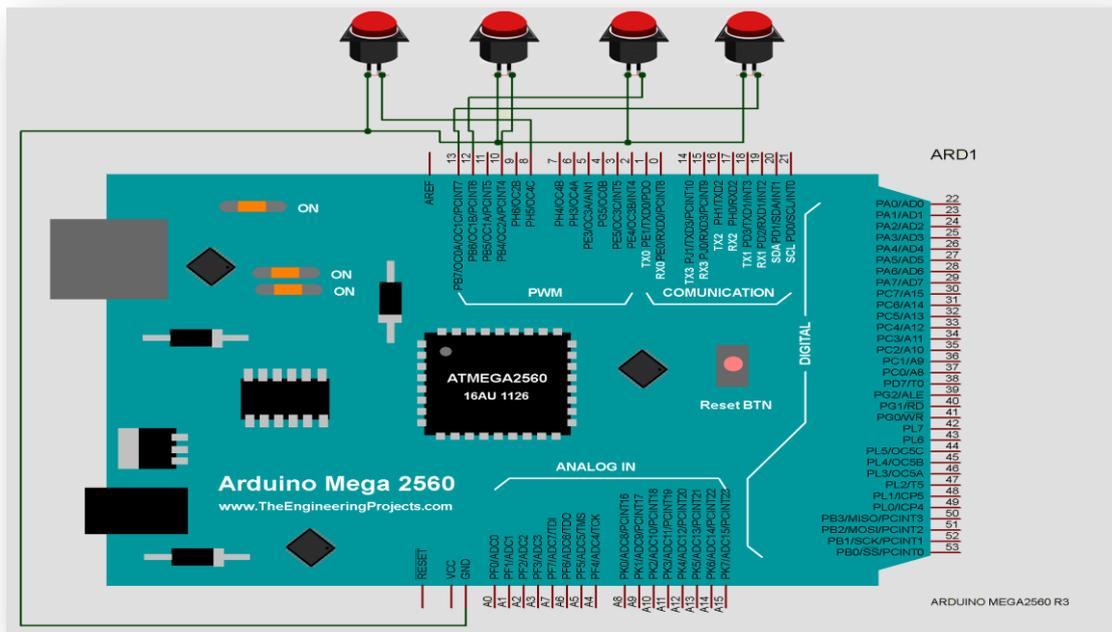


Figure : II.40-Branchement du Bouton poussoir sous Proteus



Figure : II.41-Branchement PCB du Bouton poussoir

II.5. Partie logiciel

II.5.1. Logiciel Arduino

II.5.1.1. Qu'est-ce que le logiciel Arduino ?

Les créateurs de l'Arduino ont développé un logiciel pour que la programmation des cartes Arduino soit visuelle, simple et complète à la fois. C'est ce que l'on appelle une IDE, qui

signifie Integrated Development Environment ou Environnement de Développement Intégré en français (donc EDI) écrit en langage JAVA.

L'IDE Arduino est le logiciel qui permet de programmer les cartes Arduino.

L'IDE affiche une fenêtre graphique qui contient un éditeur de texte et tous les outils nécessaires à l'activité de programmation. Nous pouvons donc saisir notre programme, l'enregistrer, le compiler, le vérifier, le transférer sur une carte Arduino.



Figure : II.42-Logo du l'IDE de l'Arduino

II.5.1.2. Langage de programmation Arduino

Le langage Arduino est basé sur le C/C++. Le langage de programmation d'Arduino est en effet une implémentation de Wiring (une plateforme open source similaire de physical computing qui proposait elle-même une bibliothèque appelée Wiring qui simplifie les opérations d'entrée/sortie). Un programme Arduino est aussi appelé un sketch.

II.5.1.3. Structure d'un programme Arduino

- Prise en compte des instructions de la partie déclarative
- Exécution de la partie configuration (fonction **setup()**),
- Exécution de la boucle sans fin (fonction **loop()**): le code compris dans la boucle sans fin est exécuté indéfiniment.

II.5.1.3.1. Interface du logiciel

Les programmes Arduino sont structurés sous un schéma sketch qui contient deux blocs de fonctions obligatoires setup/loop.

La fonction « setup » est une fonction d'initialisation de la carte, exécuté une fois; elle est utilisée au début du programme après les déclarations pour initialisation, démarrage des bibliothèques, modification du paramétrage des broches.

La fonction « loop » est une fonction principale exécutée indéfiniment en boucle.

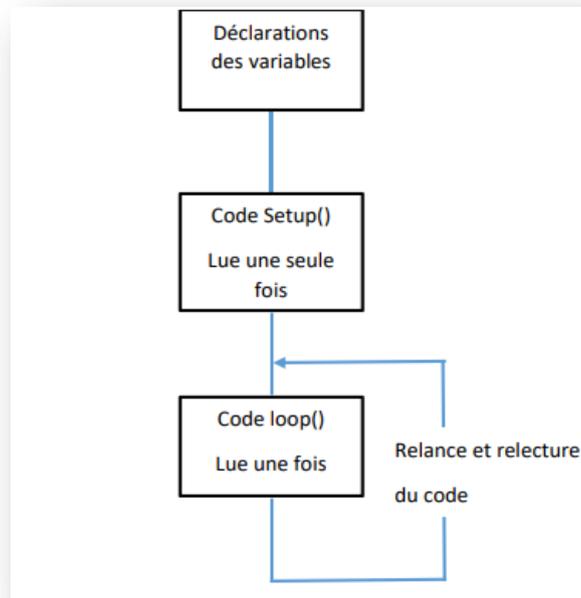


Figure : II.43-Les étapes d'un programme Arduino

II.5.1.3.2.Les étapes pour exécuter un programme dans IDE de l'Arduino

- **Etape 1:** Ouvrir le logiciel Arduino

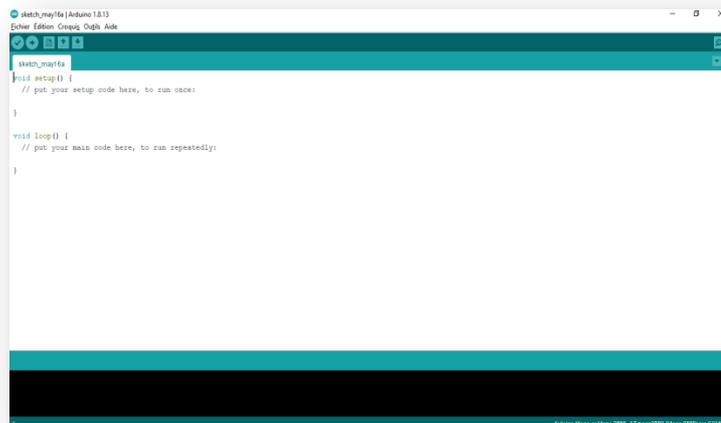


Figure : II.44-Fenêtre d'édition de programme

- **Etape 2:** Choisir le type de carte en sélectionnant Outils > Type de carte >Arduino Mega ou Arduino Mega 2560.

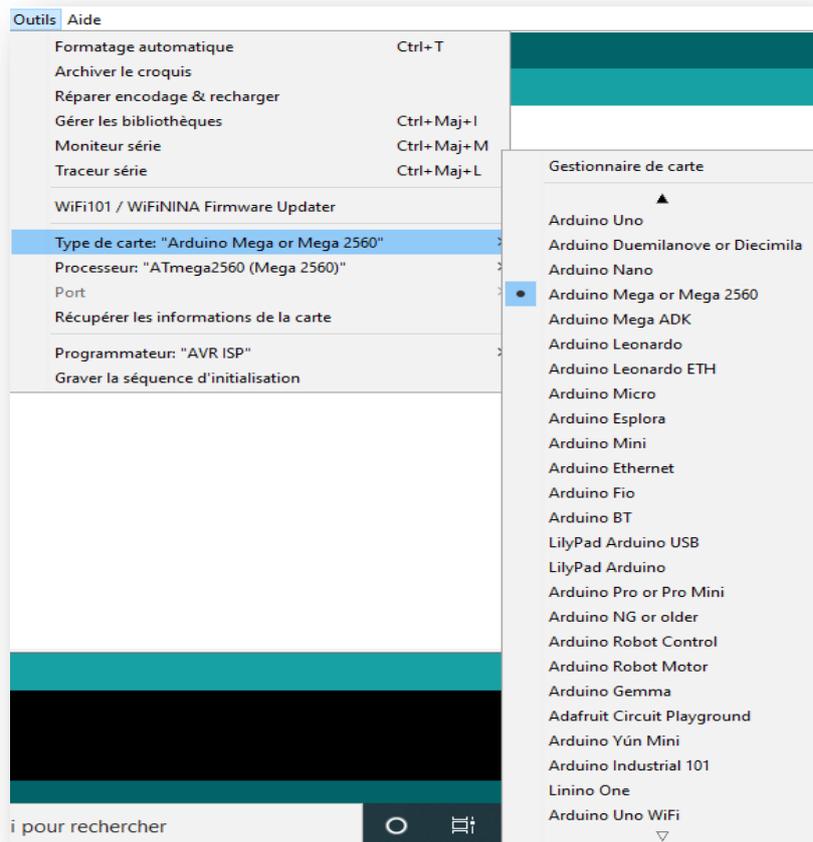


Figure : II.45-Type de la carte Arduino

- **Etape 3:** connecter la carte en faisant Outils > Port > COM

Quand le port est grisé le programme ne peut pas être téléverser vers la carte Arduino.

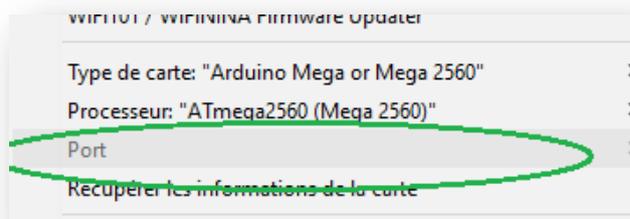


Figure : II.46-Problème de la sélection du port

Et un message d'erreur est affiché comme le montre Figure.II.47.



Figure : II.47-Console d'affichage des messages de compilation

Pour régler ce problème il suffit de mettre à jour les pilotes dans la fenêtre gestionnaire des périphériques après avoir connecté le fil USB avec le port en question (COM5 dans notre cas)

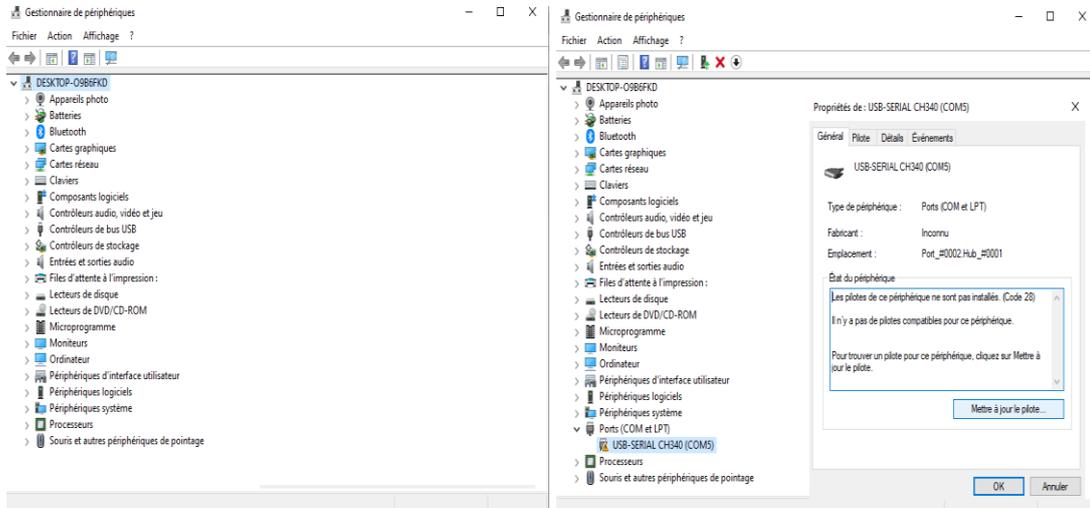


Figure : II.48-Configuration du port

Le port est maintenant disponible et le programme peut être téléverser sans erreur

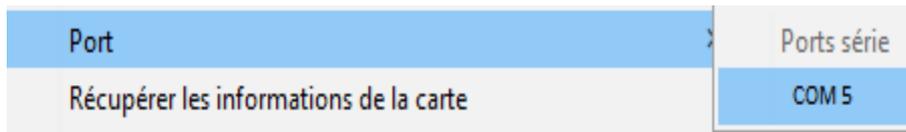


Figure : II.49-Choix du port

- **Etape 4:** Ecrire le programme, le sauvegarder et l'exécuter



Figure : II.50-Barre d'outils Arduino

- **Etape 5:** Téléverser le programme dans la carte Arduino via la connexion USB

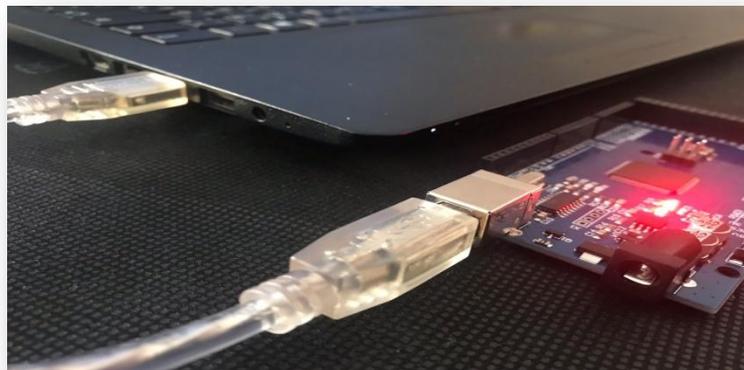


Figure : II.51-Photo réel du téléversement du programme vers la carte Arduino

II.5.1.3.3. Rôles des instructions de la barre de commande

Les différentes instructions de la barre de commande du logiciel Arduino sont expliquées par Figure.II.52.

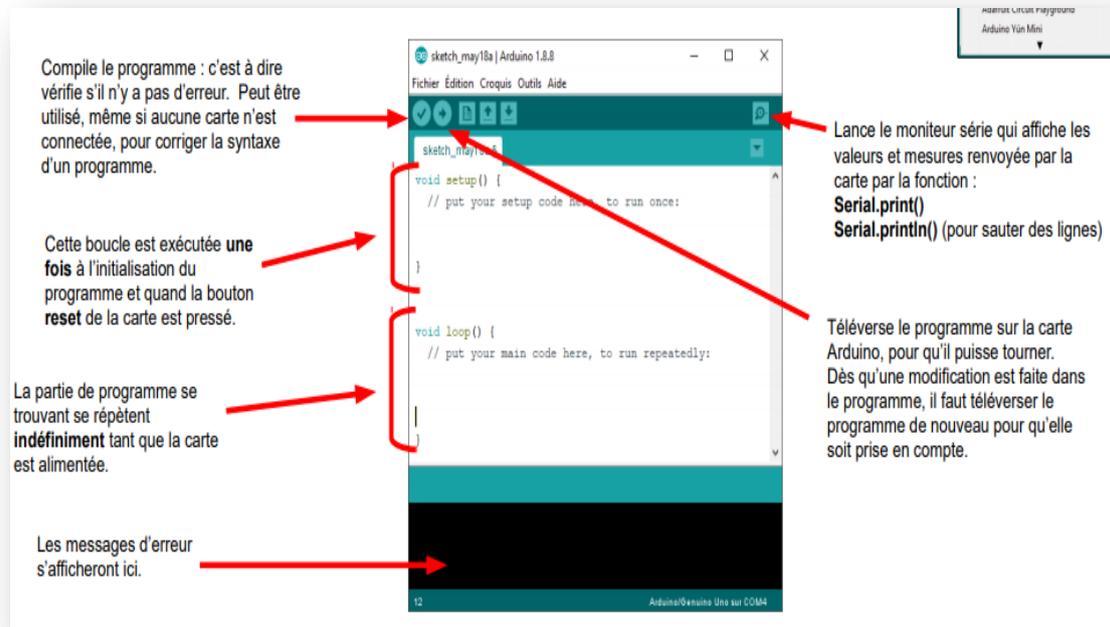


Figure : II.52-Rôles des instructions de la barre de commande

II.5.1.3.4. Les différentes règles à respecter pour une exécution correcte

- Le logiciel demande de sauvegarder le programme dans un dossier qui porte le même nom à la première compilation.
- Les majuscules et minuscules sont prises en compte dans les fonctions et les variables.
- La plupart des lignes se termine par un point virgule;
- Les blocs, boucles et fonctions sont encadrés par des accolades { }.
- Toutes les variables doivent être déclarées (nom et type).
- Les commentaires sont définis par // en début de ligne. Les blocs de commentaires par /* au début et */ à la fin.

II.5.2. Logiciel Proteus

II.5.2.1. Qu'est-ce que le logiciel Proteus ?

Le logiciel Proteus, est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronics dont les logiciels incluent dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle: ISIS, ARES, que nous avons utilisés dans ce projet [11].

Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation l'utilisent. Proteus possède plusieurs avantages parmi lesquelles, nous citons :

- Pack contenant des logiciels facile et rapide à comprendre et à utiliser.
- Le support technique est performant.
- L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet

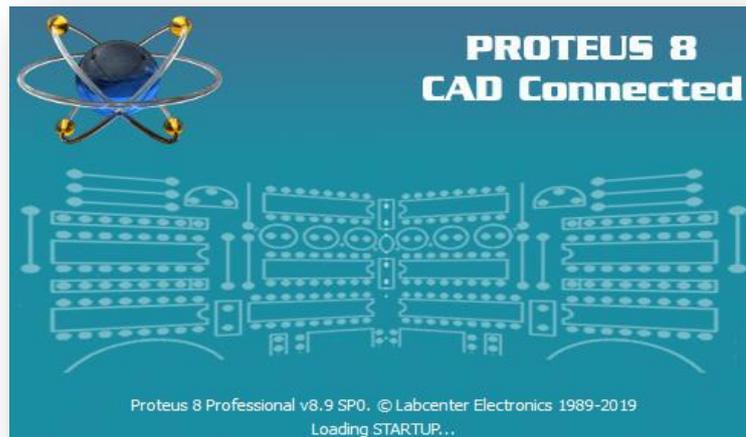


Figure : II.54-Logo de Proteus

II.5.2.2. Logiciel ISIS Proteus

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, ce logiciel permet également de simuler ces schémas. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations, car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.

II.5.2.3. Logiciel ARES Proteus

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut être importé facilement sur ARES pour réaliser le schéma PCB de la carte électronique, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement.

II.5.3. Logiciel AUTOMGEN

La société française IRAI a créé et développé un logiciel appelé AUTOMGEN (AUTO: Automatisation, GEN: Général). Un logiciel standard qui peut piloter une gamme assez importante des automates [12].



Figure. II.55-Logo de l' Automgen8

AUTOMGEN est un logiciel de conception d'application d'automatisme. Il permet de programmer des systèmes pilotés par des automates programmables industriels, microprocesseurs et ordinateurs équipé de cartes d'entrée-sortie.

Il peut fonctionner avec plusieurs outils de représentation graphiques tell que Grafcet, Logigramme, Ladder, Organigramme... etc.

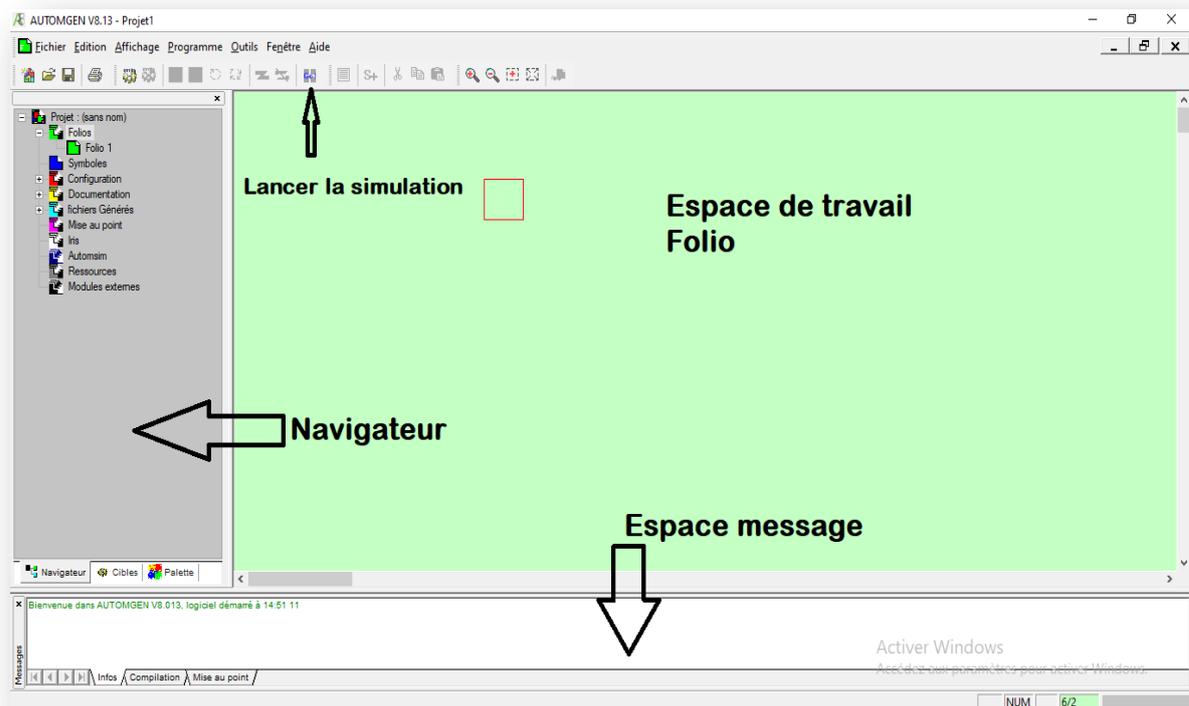


Figure : II.56-Fenêtre principale du logiciel Automgen

II.6.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une étude théorique de notre projet. Tout d'abord nous avons présenté la carte Arduino qui constitue le cœur de notre réalisation ainsi que les différents composants électroniques que nous avons utilisé. Ces composants sont ensuite classé en deux parties, capteurs et actionneurs, en expliquant leurs principes de fonctionnement et en donnant leur caractéristiques et le branchement avec la carte Arduino Mega2560.

Nous avons enfin, présenté les logiciels adoptés dans ce travail à savoir IDE Arduino, Proteus et Automgen.

Les informations acquises dans ce chapitre seront pris en compte dans la réalisation pratique du distributeur automatique qui sera expliquée dans le prochain chapitre.



Chapitre III

**Conception et réalisation
pratique**

III.1.Introduction

Après avoir exposé quelques généralités sur la machine à distribution et présenter les deux parties théoriques pour la réalisation de notre projet à savoir parties matériels et logiciels, nous allons enfin aborder la réalisation pratique du distributeur automatique.

Cependant, en ingénierie, la méthode d'analyse et de la conception d'un procédé reste une étape préliminaire qui doit être effectuée en premier lieu avant d'entamer la pratique. Cette phase de conception sert à répertorier les résultats attendus, en termes de fonctionnalités, de performance, de robustesse, de maintenance et de sécurité.

Au cours de ce chapitre nous allons donc :

- Mentionner les objectifs du projet, ses besoins fonctionnels et non fonctionnels ainsi que les fonctionnalités offertes par le système.
- Tester les différents composants en effectuant leurs branchements avec la carte Arduino Mega 2560 Rev3.
- Expliquer les différents blocs du code Arduino correspondant au fonctionnement de la machine à distribution.
- Concevoir une carte électronique imprimée spécialement pour notre projet en utilisant le logiciel Proteus.
- Expliquer les différentes étapes de la fabrication de la maquette du distributeur.
- Installer le circuit imprimé, l'Arduino, les capteurs et les actionneurs dans la maquette et réaliser les différents branchements
- Vérifier enfin les performances de ce projet en effectuant des tests.

III.2. Analyse des besoins du système

Cette partie va servir à poser les bases du recueil des besoins de notre distributeur automatique.

Afin de pouvoir clarifier les besoins des utilisateurs de notre machine, nous allons définir les acteurs du système ainsi que les besoins fonctionnels et les besoins non fonctionnels. Ces trois paramètres seront détaillés dans le but de développer un système cohérent et complet. Cette partie est jugée très importante puisque elle permet de recenser les fonctionnalités du système de distribution.

III.2.1. Identifier les acteurs

Un acteur représente une personne, un matériel ou un logiciel qui interagit directement avec le système en question.

- **L'utilisateur:** c'est le premier acteur.

Dans ce cas l'utilisateur varie selon l'emplacement du distributeur. Si ce dernier est exposé dans un lieu public, il peut être utilisé par n'importe quelle personne. Par contre, si le distributeur est placé dans une entreprise ou dans un établissement scolaire, l'utilisateur devient donc une personne ayant un lien avec les enceintes citées (employé, client, élève, etc.).

- **Le programmeur:**

Le distributeur automatique fonctionne grâce à une interface de programmation mise en œuvre par le concepteur de la machine. Ce concepteur présente le deuxième acteur du système puisqu'il possède tous les droits d'accès pour interagir avec le processus de fonctionnement en cas d'une modification ou d'une amélioration du système.

III.2.2. Besoins fonctionnels et besoins non fonctionnels

III.2.2.1. Besoins fonctionnels

Dans cette section, nous représentons l'ensemble des besoins fonctionnels auxquels devrait répondre notre distributeur automatique.

Le système proposé concernant la conception de notre machine se résume en quatre actions majeures :

- **Validation du paiement** à l'aide d'un détecteur de proximité.
- **Décharge du produit sélectionné** grâce à des boutons interconnectés aux cases contenant les produits.
- **Récupération du produit** grâce à une trajectoire défini du chariot.
- **Initialiser le système** à chaque fin de boucle pour éviter le blocage du processus.

III.2.2.2. Besoins non fonctionnels

Dans notre système, on a défini les besoins fonctionnels qui sont indispensables pour le bon fonctionnement de notre processus. Il existe d'autres besoins non fonctionnels qui sont exprimés en matière de performance et de puissance. Dans notre projet nous pouvons citer :

- Performance et rapidité de la délivrance du produit
- Utilisation simple
- Interface qui donne envie aux clients d'utiliser le distributeur
- Maintenabilité (facilité d'analyse et de modification)

III.3.Principe de fonctionnement du distributeur automatique

Pour pouvoir faire la conception et la réalisation d'un système. Il est indispensable de bien étudier son principe de fonctionnement, et de pouvoir comprendre le lien entre les composants électroniques et les étapes du processus.

Dans notre cas, nous commencerons d'abord par mentionner les principales étapes qui assureront au distributeur automatique de remplir sa fonction d'usage. Puis, on enchainera par la création d'un diagramme et d'un Grafcet. Cela permettra de faciliter la compréhension du système afin d'avoir une idée claire et précise sur le principe de fonctionnement de la machine à distribution.

III.3.1. Principales étapes du processus de fonctionnement du distributeur

Le distributeur automatique que nous avons réalisé comporte deux étagères horizontales (voir Figure III.61) et chaque étagère contient deux cases équipées de spirales. Ces dernières servent à tenir les produits et tournent pour les libérer quand un achat est effectué à l'aide d'un capteurs de proximités. Une fois libéré par les spirales, le produit tombe dans un chariot qui le transporte jusqu'au réceptacle, le client peut donc récupérer le produit commandé.

Nous pouvons résumer donc les différentes étapes qui caractérisent le fonctionnement du distributeur selon les points suivants:

- Allumage du distributeur automatique
- Validation des conditions initiales
- Détection d'une pièce après l'avoir insérer
- Appui sur un bouton afin de sélectionner un produit
- Déplacement du chariot vers la case contenant le produit commandé
- Décharge du produit correspondant à la sélection à l'intérieur du chariot
- Récupération du produit après retour du chariot
- Initialisation du système

III.3.2. Diagramme et Grafcet correspondants au processus

Pour mieux comprendre le principe de fonctionnement du distributeur automatique, nous avons procédé par une schématisation des étapes du processus.

Pour cela, nous allons réalisé un Grafcet, donné par Figure III.1, permettant d'expliquer avec détails, chaque étape mentionné lors de la partie précédente. Le Grafcet a été déterminé en utilisant le logiciel Automgen8.

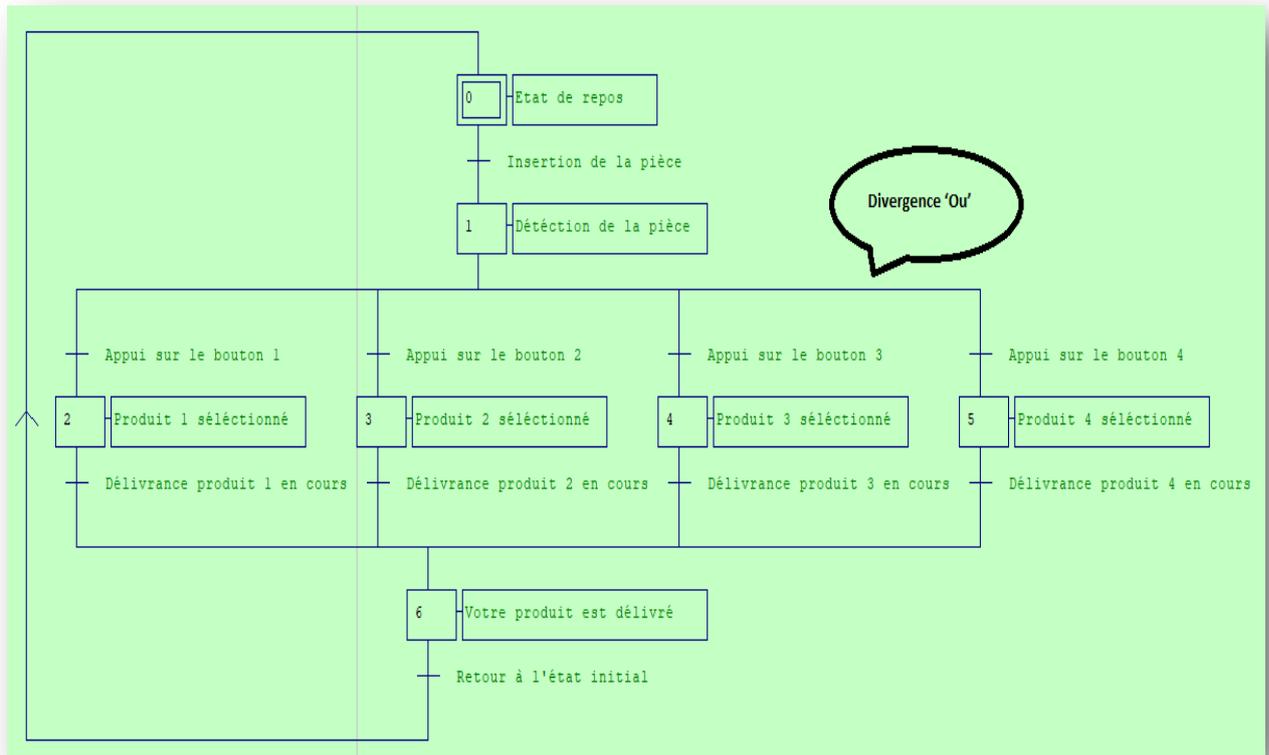


Figure III.1: Grafset du distributeur sous le logiciel Automgen8

Nous avons réalisé aussi un diagramme d'activité simple contenant les différentes actions et transitions du système (voir Figure III.2).

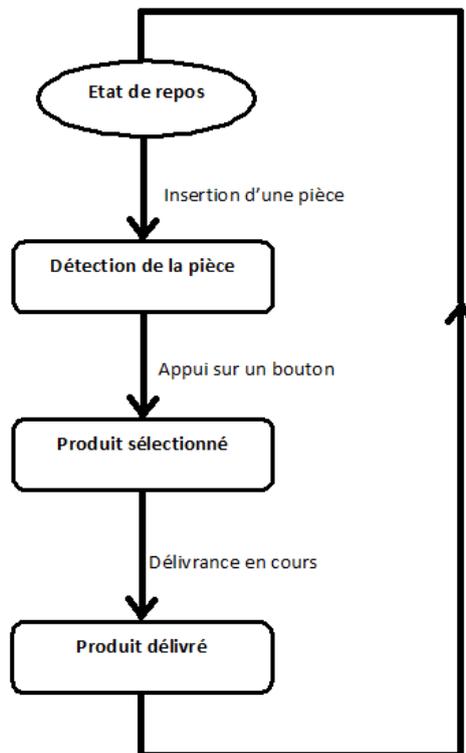


Figure III.2: Diagramme d'activité du distributeur

III.4. Programme de fonctionnement du distributeur

Dans cette partie nous allons présenter le programme, qui pilote le fonctionnement du distributeur, écrit et téléverser sur la carte Arduino Mega REV3 2560. Pour cela nous allons procéder étape par étape et chaque étape est liée à un sous programme correspondant.

Il est important de préciser que nous avons procédé par une programmation en bloc, c'est-à-dire que nous avons écrit, en premier lieu, un programme pour chaque composant. Puis, nous avons fait l'assemblage de tous les blocs pour obtenir le programme intégral correspondant au distributeur.

Les étapes et les sous programmes sont expliqués et détaillés dans les parties qui suivent.

III.4.1. Allumage du distributeur automatique

Une fois la prise branché, le distributeur automatique est alimenté par une tension de 12V ce qui provoque l'allumage du système. C'est la première étape.

Les composants concernés dans cette étape, sont l'afficheur LCD et la carte SD. Nous avons donc programmé le message "Insérer une pièce" pour qu'il soit affiché sur le LCD et lu par l'amplificateur sur la boucle sans fin 'loop'. Les programmes correspondants à cette étape sont les suivants:

- **Programme de déclaration de l'afficheur LCD**

```
#include <LiquidCrystal.h> // inclure la bibliothèque LCD
LiquidCrystal lcd(27, 26, 25, 24, 23, 22); // Pins LCD: (rs, enable, d4, d5, d6, d7)

void setup() {
  lcd.begin(16, 2); // Initialise l'interface avec l'écran LCD, et spécifie les dimensions (largeur et hauteur) de l'affichage
}
```

- **Programme de déclaration du module SD**

```
#include <pcmConfig.h>
#include <pcmRF.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <TMRpcm.h>

TMRpcm tmrpcm;
int vol;
int music;
void setup() {
  tmrpcm.speakerPin = 11; //Le speaker est connecté au pin 11.
  Serial.begin(9600); //Initialiser le serial port.
  if (!SD.begin(53))
  {
    Serial.println("SD fail");
    return; //Retour.
  }
  tmrpcm.setVolume(vol);
  tmrpcm.play("music.wav");
}
```

La déclaration du module SD se fait en passant par les mêmes étapes que celles du LCD.

- **Programme d'affichage et de lecture du message "Insérer une pièce"**

Le message lu par la carte SD est enregistré sous un fichier WAV et sous un nom précis. Il est important de préciser que le fichier sonore est sauvegardé à partir d'un synthétiseur vocal en ligne.

```
void loop() {  
  // Afficher "Insérer une pièce" sur LCD  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("Insérer une pièce!");  
  //Lire "Insérer une pièce" par le speaker  
  tmrpcm.setVolume(2);  
  tmrpcm.play("20.wav");  
}
```

Remarque : l'inclusion des bibliothèques et la déclaration des variables ne se fait qu'une seule fois.

III.4.2.Insertion de la pièce

La deuxième étape est d'insérer une pièce. Cette dernière est détectée par un capteur de proximité IR. Aucune bibliothèque de capteur IR n'est disponible sur l'IDE Arduino, Donc ce composant doit être déclaré dans la partie correspondante selon les programmes suivants:

- **Déclaration du capteur de proximité IR:** il est considéré comme entrée

```
#define coinDetector 9
```

- **Configuration du capteur de proximité IR**

```
pinMode(coinDetector, INPUT);
```

- **Détection de la pièce par le capteur IR**

```
// Attendre que la pièce soit détectée  
while (true) {  
  if (digitalRead(coinDetector) == LOW) {  
    break;  
  }  
}
```

III.4.3. Choix du produit

Le choix du produit se fait grâce à quatre boutons, déclarés sur la partie correspondante selon les programmes suivants:

- **Déclaration des boutons**

```
#define button1 13
#define button2 12
#define button3 11
#define button4 10
int buttonPressed;
```

- **Configuration des boutons:** qui sont considérés comme entrées

```
pinMode(button1, INPUT_PULLUP);
pinMode(button2, INPUT_PULLUP);
pinMode(button3, INPUT_PULLUP);
pinMode(button4, INPUT_PULLUP);
```

- **Affichage et lecture d'un message pour sélectionner le produit**

Une fois la pièce détectée, le message ‘Sélectionnez votre produit en appuyant sur le bouton 1, 2,3 ou 4’ est affiché sur le LCD et lu par l’intermédiaire du speaker.

```
// Attendre que la pièce soit détectée
while (true) {
  if (digitalRead(coinDetector) == LOW) {
    break;
  }
}

delay(10);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Sélectionnez votre produit en appuyant sur le bouton");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" 1, 2, 3 ou 4");
tmrpcm.setVolume(2);
tmrpcm.play("21.wav");
```

III.4.4. Récupération du produit.

Une fois l’un des quatre boutons est appuyé, le chariot se déplace jusqu’à la case du produit choisi grâce à un ou deux moteurs pas à pas.

Le premier moteur permet au chariot de se déplacer verticalement soit de bas en haut ou de haut vers le bas. Quant au deuxième permet le déplacement du chariot horizontalement soit de gauche à droite ou le contraire. La direction et le pas des moteurs sont définis sur la partie déclarative selon les programmes suivants:

- **Déclaration de la direction et le pas des moteurs**

```
#define dirPinVertical 0
#define stepPinVertical 1
#define dirPinHorizontal 2
#define stepPinHorizontal 3
```

- **Configuration de la direction et le pas des moteurs:** qui sont considérés comme sortie.

```
pinMode(dirPinVertical, OUTPUT);
pinMode(stepPinVertical, OUTPUT);
pinMode(dirPinHorizontal, OUTPUT);
pinMode(stepPinHorizontal, OUTPUT);
```

- **Création des blocs personnalisés:** pour les quatre déplacements possibles des moteurs.

```
// == Fonctions personnalisées ==
void moveUp (int steps) {
  digitalWrite(dirPinVertical, LOW);
  for (int x = 0; x < steps; x++) {
    digitalWrite(stepPinVertical, HIGH);
    delayMicroseconds(300);
    digitalWrite(stepPinVertical, LOW);
    delayMicroseconds(300);
  }
}
void moveDown (int steps) {
  digitalWrite(dirPinVertical, HIGH);
  for (int x = 0; x < steps; x++) {
    digitalWrite(stepPinVertical, HIGH);
    delayMicroseconds(300);
    digitalWrite(stepPinVertical, LOW);
    delayMicroseconds(300);
  }
}

void moveLeft (int steps) {
  digitalWrite(dirPinHorizontal, HIGH);
  for (int x = 0; x < steps; x++) {
    digitalWrite(stepPinHorizontal, HIGH);
    delayMicroseconds(300);
    digitalWrite(stepPinHorizontal, LOW);
    delayMicroseconds(300);
  }
}
void moveRight (int steps) {
  digitalWrite(dirPinHorizontal, LOW);
  for (int x = 0; x < steps; x++) {
    digitalWrite(stepPinHorizontal, HIGH);
    delayMicroseconds(300);
    digitalWrite(stepPinHorizontal, LOW);
    delayMicroseconds(300);
  }
}
```

- **Déclaration des servomoteurs:** Quand le chariot se déplace jusqu'à la case contenant le produit commandé, un servomoteur à rotation continu accomplit un tour complet

pour que le produit tombe à l'intérieur du chariot. Le servomoteur est défini grâce à la bibliothèque suivante:

```
#include <Servo.h>
Servo servol, servo2, servo3, servo4;
servol.attach(4);
servo2.attach(5);
servo3.attach(6);
servo4.attach(7);
```

- **Choix d'un produit:** Il faut préciser que tout au cours des étapes correspondantes à la récupération du produit le message "Votre produit est en cours de distribution" est affiché sur le LCD et lu par le speaker. Le sous programme correspondant à la récupération du produit est le suivant:

```
// Attendre que le bouton soit appuyé
while (true) {
  if (digitalRead(button1) == LOW) {
    buttonPressed = 1;
    break;
  }
  if (digitalRead(button2) == LOW) {
    buttonPressed = 2;
    break;
  }
  if (digitalRead(button3) == LOW) {
    buttonPressed = 3;
    break;
  }
  if (digitalRead(button4) == LOW) {
    buttonPressed = 4;
    break;
  }
}
```

- **Affichage et lecture du message "Votre produit est en cours de distribution"**

```
// Afficher et lire "votre produit est en cours de distribution"
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("votre produit est en cours de distribution");
tmrpcm.setVolume(2);
tmrpcm.play("22.wav");
```

- Déplacement du chariot et déchargement de l'élément sélectionné

```
// En fonction du bouton enfoncé, déplacez le chariot vers cette position et déchargez l'élément sélectionné
switch (buttonPressed) {
  case 1:
    // Déplacer le chariot vers la case 1
    moveUp ( 4900 ) ; // Déplacement vers le haut de 4900 pas
    delay(200);
    moveLeft(1700); // Déplacement vers la gauche de 1700 pas
    delay(300);
    // Tourner l'hélice, décharger le produit sélectionné
    servol.writeMicroseconds(2000); // faire pivoter
    delay(950);
    servol.writeMicroseconds(1500); // arrêter
    delay(500);
    // Remettre le conteneur en position de départ
    moveRight(1700);
    delay(200);
    moveDown(4900);
    break;
```

```
case 2:
  // Déplacer le chariot vers la case 2
  moveUp(4900);
  delay(200);
  // Tourner l'hélice, décharger le produit sélectionné
  servo2.writeMicroseconds(2000); // faire pivoter
  delay(950);
  servo2.writeMicroseconds(1500); // arrêter
  delay(500);
  moveDown(4900);
  break;
case 3:
  // Déplacer le chariot vers la case 3
  moveUp(2200);
  delay(200);
  moveLeft(1700);
  delay(300);
  // Tourner l'hélice, décharger le produit sélectionné
  servo3.writeMicroseconds(2000); // faire pivoter
  delay(950);
  servo3.writeMicroseconds(1500); // arrêter
  delay(500);
  // Remettre le conteneur en position de départ
  moveRight(1700);
  delay(200);
  moveDown(2200);
  break;
case 4:
  // Déplacer le chariot vers la case 4
  moveUp(2200); // Déplacement vertical de 2200 pas
  delay(200);
  // Tourner l'hélice, décharger le produit sélectionné
  servo4.writeMicroseconds(2000); // faire pivoter
  delay(950);
  servo4.writeMicroseconds(1500); // arrêter
  delay(500);
  moveDown(2200);
  break;
}
```

III.4.5. Définir l'état initial

Une fois le produit déchargé dans le chariot, ce dernier retourne à sa position initiale grâce à des détecteurs de fins de courses définis sur la partie déclarative et considérés comme entrées sur la fonction 'setup'. Les programmes correspondantes à cette étape sont les suivants.

- **Déclaration et configuration des micro-switch**

```
#define microSwitchV 15
#define microSwitchH 14
```

```
pinMode(microSwitchV, INPUT_PULLUP);
pinMode(microSwitchH, INPUT_PULLUP);
```

- **Déplacement du chariot:** l'instruction qui sert à définir l'état initial après la détection des micro switches est donnée dans la partie configuration comme suit

```
// Position de départ verticale
digitalWrite(dirPinVertical, HIGH); // Définit le moteur pour qu'il se déplace dans une direction particulière
while (true) {
  if (digitalRead(microSwitchV) == LOW) { // Si le micro-interrupteur est enfoncé, déplacez le chariot un peu vers le haut et quittez la boucle while
    moveUp(70);
    break;
  }
  // Déplacer le support vers le haut jusqu'à ce que le micro-interrupteur soit enfoncé
  digitalWrite(stepPinVertical, HIGH);
  delayMicroseconds(300);
  digitalWrite(stepPinVertical, LOW);
  delayMicroseconds(300);
}

// Position de départ horizontale
digitalWrite(dirPinHorizontal, LOW);
while (true) {
  if (digitalRead(microSwitchH) == LOW) {
    moveLeft(350);
    break;
  }
  digitalWrite(stepPinHorizontal, HIGH);
  delayMicroseconds(300);
  digitalWrite(stepPinHorizontal, LOW);
  delayMicroseconds(300);
}
```

- **Affichage et lecture du message "Votre produit est délivré"**

Il est important de préciser qu'une fois le chariot est à l'état initial, le message "Votre produit est délivré" est affiché sur le LCD et lu par le speaker. Après un temps déterminé de 2000 ms le premier message "Insérer une pièce" réapparaît de nouveau et le système est donc initialisé.

```
lcd.clear(); // Efface l'affichage
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Votre produit est délivré");
delay(2000);
tmrpcm.setVolume(2);
tmrpcm.play("23.wav");
}
```

III.5. Test de branchement

Lors du chapitre II, nous avons évoqué le branchement de chaque composant avec la carte Arduino Mega 2560 Rev3. Nous avons fait aussi des schémas électriques correspondants en utilisant le logiciel Proteus, et cela afin de spécifier les pins de la carte Arduino ainsi que ceux des éléments électroniques qui doivent être branchés.

Nous avons ensuite, au cours de ce chapitre (voir ci-dessus) réalisé et expliqué le programme du système de distribution automatique par l'intermédiaire du logiciel IDE Arduino.

En se basant sur ces deux parties pour faire le test de branchement intégral de tous les composants électroniques avec la carte Arduino Mega 2560 Rev3. Pour cela, nous avons utilisé une plaque d'essai, des jumpers ainsi que des fils scoubidou (voir Figure III.3).

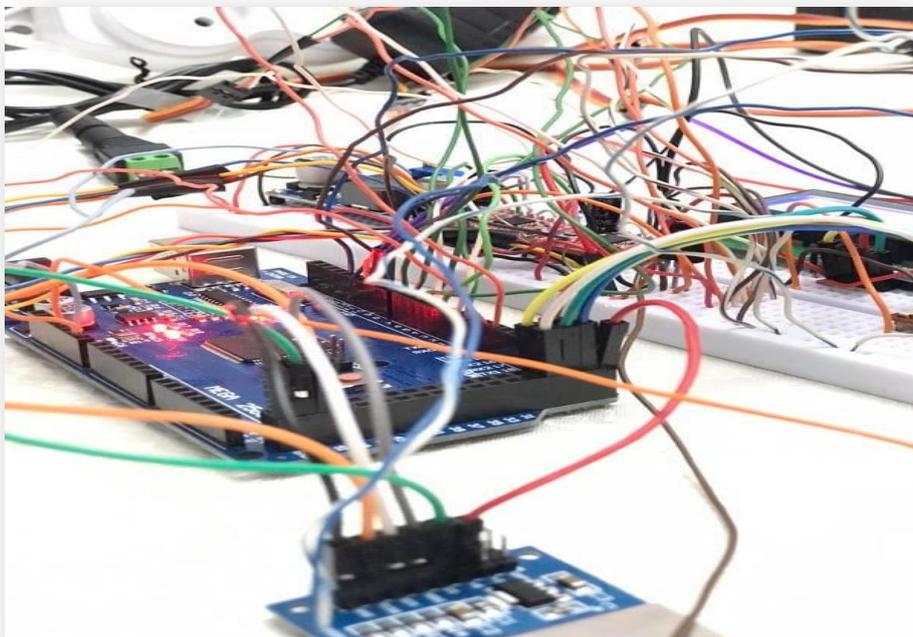


Figure III.3: Photo réelle du branchement

Le résultat des tests s'est avéré satisfaisant et toutes les étapes ont été accomplies correctement, puisque:

- La carte Arduino s'est allumé;
- Le capteur de proximité IR a détecté le mouvement d'un objet;
- Le LCD et l'amplificateur ont affiché et lu les messages au bon moment;
- Les servomoteurs ont pivoté après appui sur les boutons correspondants;
- Les poulies des moteurs ont effectué les pas programmés et qui doivent être réalisé après avoir cliquer sur les détecteurs de fin de courses.

Nous pouvons dire que le test branchement en utilisant une plaque d'essai a très bien fonctionné. Cependant, et comme le montre Figure III.3, le seul inconvénient est la fragilité du branchement des scoubidous. En effet, le moindre mouvement affecte leur branchage et donc menace le bon fonctionnement du processus. Utiliser une plaque d'essai pour la réalisation finale représente un risque énorme. Pour remédier à ce problème, Nous avons décidé de remplacer la plaque d'essai par un circuit imprimé qui sera détaillé dans le prochain paragraphe.

III.6.Circuit imprimé

Le circuit imprimé est un support, en général une plaque, permettant de maintenir et de relier un ensemble de composants électroniques entre eux, dans le but de réaliser un circuit électronique complexe. On le désigne aussi par le terme de carte électronique. Cette dernière est composée de trois couches distinctes dont la première est une résine sensible aux rayonnements ultra-violets, la deuxième est une fine couche de cuivre et la troisième est constituée d'une substance isolante à la chaleur.

Dans ce projet, nous avons conçu notre circuit imprimé en utilisant le logiciel Proteus. Les étapes de la réalisation de cette plaque électronique sont données dans les parties qui suivent.

III.6.1.Créations des composants sur Proteus

Le circuit imprimé doit parfaitement correspondre aux dimensions de chaque composant et de la carte Arduino Mega. Pour cela, nous avons créé d'abord tous les éléments électroniques de notre système.

Afin d'expliquer les étapes à suivre pour la création d'un composant électronique sur Proteus, nous allons prendre comme exemple l'élaboration du driver A4988 qui doit être comme suit:

- **Etape 1:** On ouvre le logiciel Proteus 8.9 puis on clique sur ‘*New Project*’ et on nomme le projet ‘**Pack-A4988**’ (voir Figure III.4).

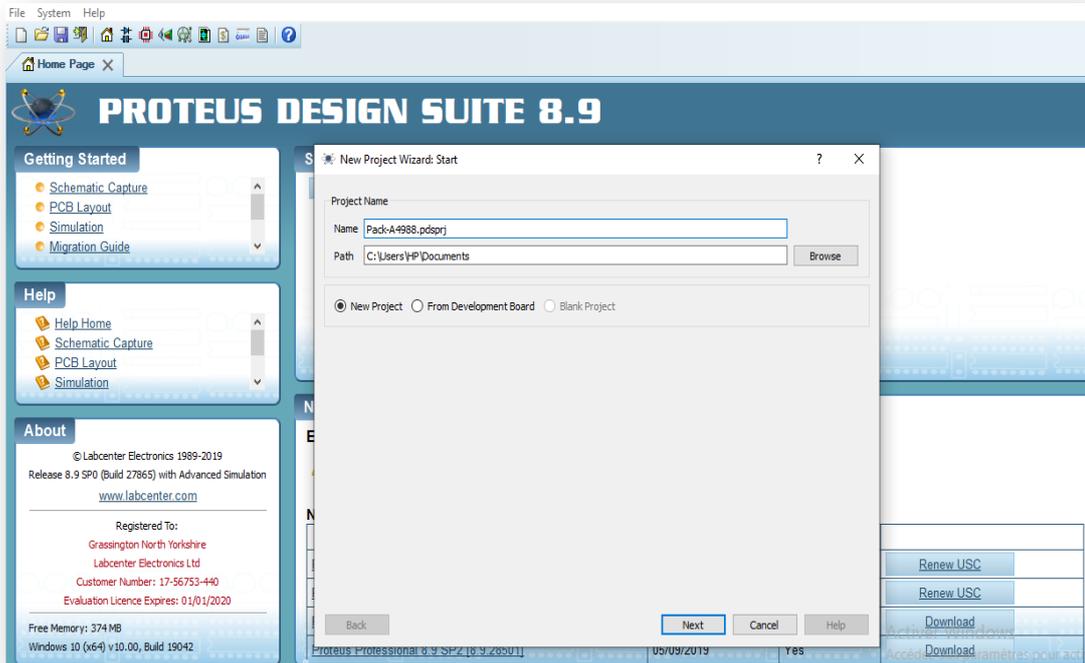


Figure III.4: Fenêtre du logiciel Proteus

- **Etape 2:** on ouvre la fenêtre ‘*ISIS*’ (Schematic capture) du logiciel Proteus pour créer le driver. Ce dernier contient 8 broches de chaque coté, nous ajoutons donc à partir de l’onglet ‘*Pick devices*’ le package ‘**Conn-Sil 8**’ qu’on sélectionne deux fois et qu’on place symétriquement grâce à l’option ‘*X-Mirror*’ (voir Figure III.5 et Figure III.6).

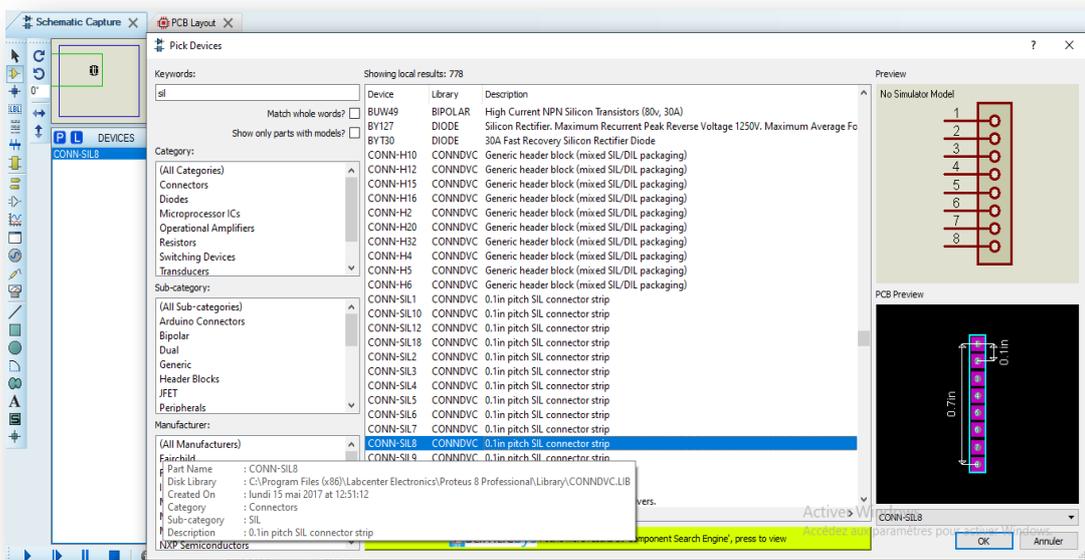


Figure III.5: Choix du composant sur ISIS

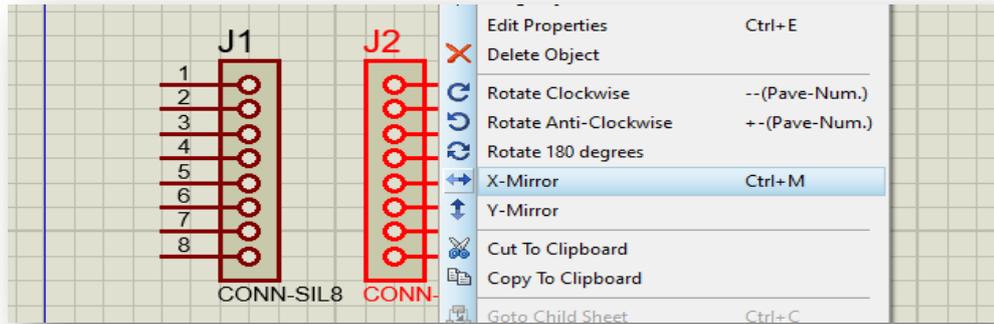


Figure III.6: Création de la symétrie du bloc

- **Etape 3:** On décompose les deux blocs pour enlever les boîtiers et les cercles synonyme de pins, puis on supprime leurs désignations. Après cela, on crée un boîtier pour assembler les deux packs comme le montre Figure III.7.

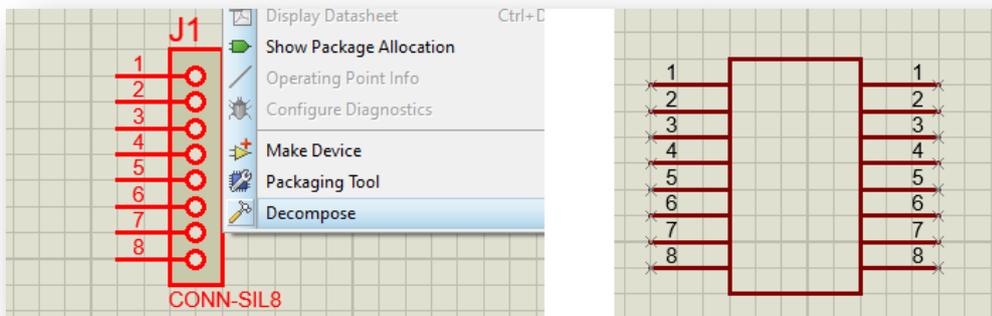


Figure III.7: Décomposition des blocs

- **Etape 4:** On continue, en associant chaque numéro au pin correspondant par un double clic sur les broches (voir Figure III.8. (a)), puis on écrit le nom de chaque pin à l'intérieur du boîtier ainsi que le nom du composant (voir Figure III.8. (b)).

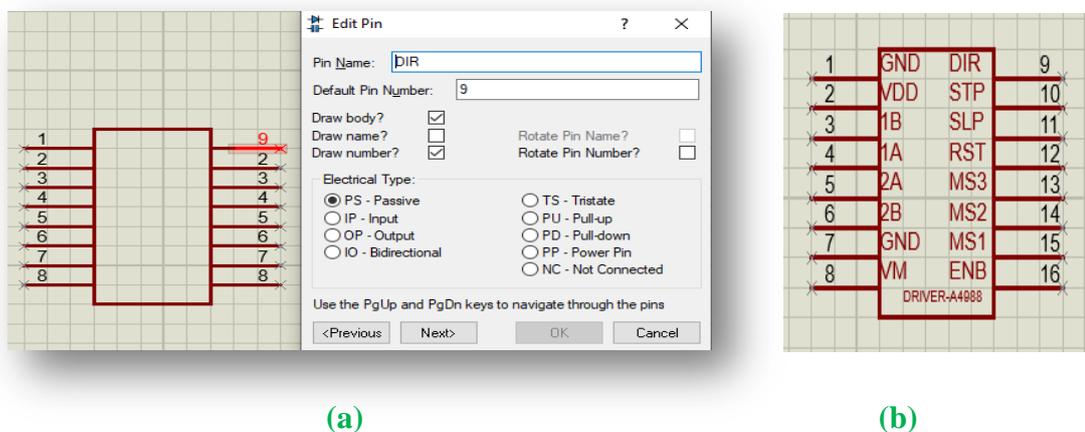


Figure III.8: Création finale du composant sur ISIS, (a) Nomination des pins, (b) driver final

- **Etape 5:** Après avoir fait la réalisation du driver sur “ISIS” on passe à “ARES” (PCB layout). La création du composant driver sur “ARES” se fait en suivant les mêmes étapes que celles utilisées pour le créer sur “ISIS”. On sélectionne donc deux packs de 8 broches et on les décompose (voir Figure III.9).

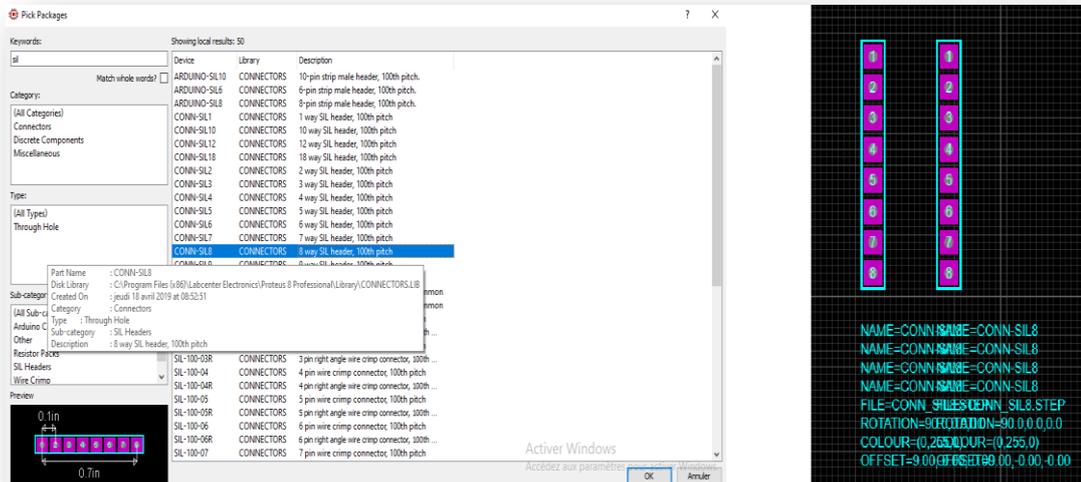


Figure III.9: Création du composant sur ARES (PCB layout)

- **Etape 6:** il est important de respecter les dimensions réelles dans “Ares”, la distance entre le 1^{er} et le 8^{ème} pin est de 0.7 Inch, celle entre les pins opposés est de 0.3 inch. Il faut donc vérifier les distances entre les pins grâce à l’onglet “Dimension mode” comme le montre Figure III.10.

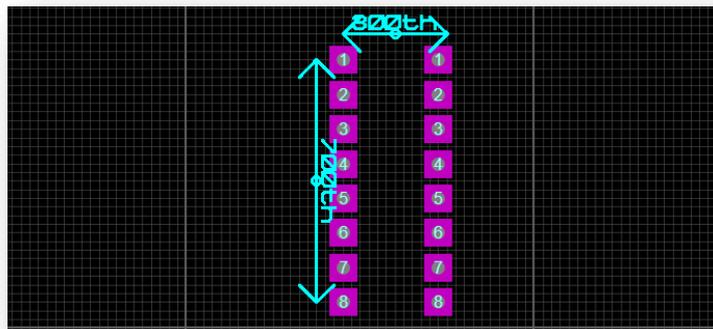


Figure III.10: Vérification des distances

- **Etape 7:** Il est impératif d’associer les mêmes pins sur “ARES” que ceux déclarés sur “ISIS”. Puis, on mentionne les noms correspondants à chaque pin.

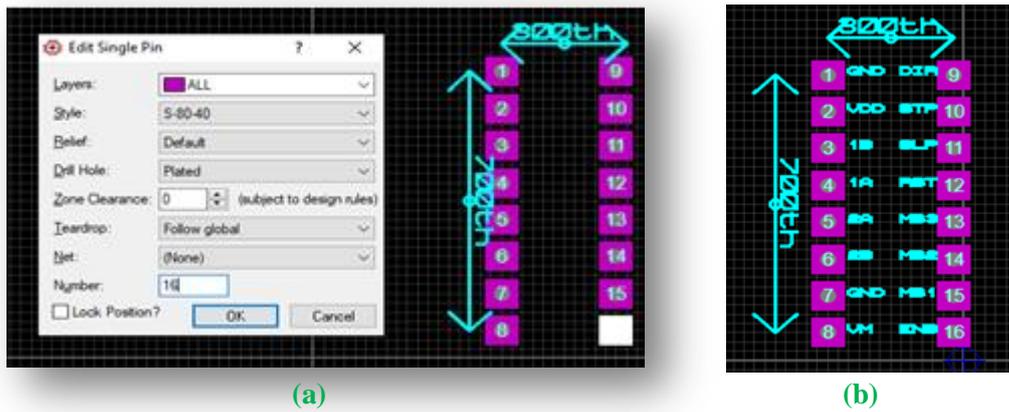


Figure III.11: Création finale du composant sur ARES, (a) Nomination des pins ,(b) Produit final

- **Etape 8:** le composant final doit être inséré dans la librairie de Proteus. Pour cela, on sélectionne le driver sur "ARES" et on clique sur "Make device" (voir Figure III.12).

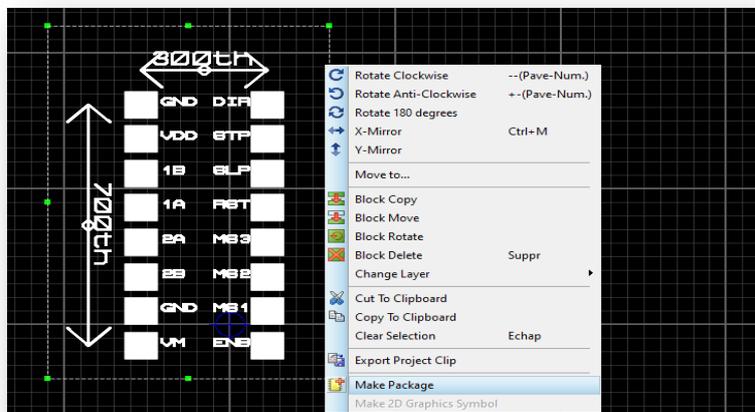


Figure III.12: Insertion du composant dans la librairie Proteus

- **Etape 9:** Sur la fenêtre "Make Package", on donne le nom "PACK-A4988" à notre driver. On le classe sur une nouvelle catégorie qu'on nommera "Projet distributeur automatique". Puis, on le considère comme "interface" sur le "Package_Type"

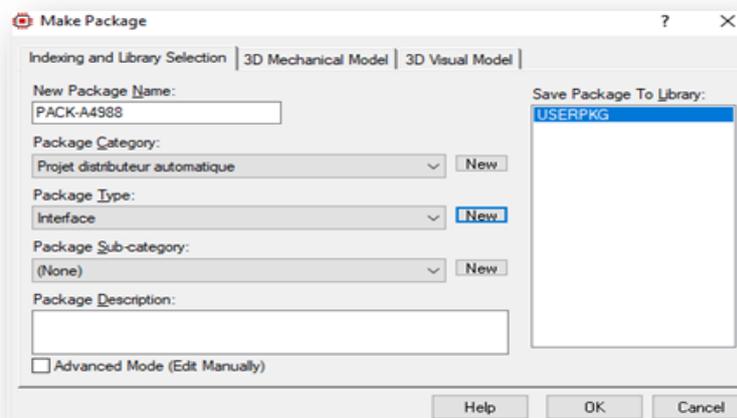


Figure III.13: Classification dans une nouvelle catégorie

- **Etape 10:** Une fois les informations sont validées, on retourne à la fenêtre "ISIS" pour sélectionner le composant en cliquant sur "Make device" comme suit:

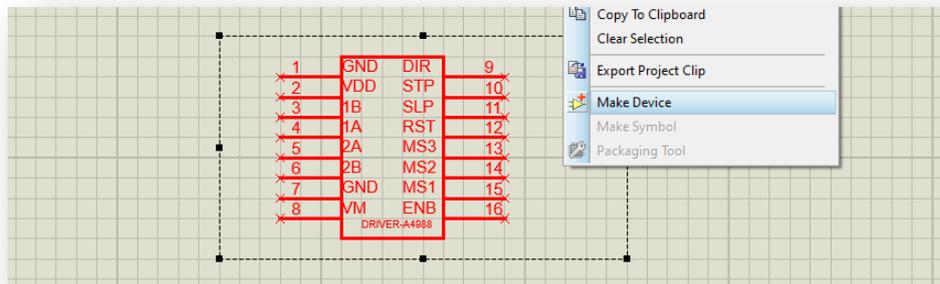


Figure III.14: Création d'un package

Sur la fenêtre "Make device", on attribue au composant le nom "PACK-A4988", soit le même nom qu'on lui a attribué sur "ARES", pour qu'il y ait correspondance.

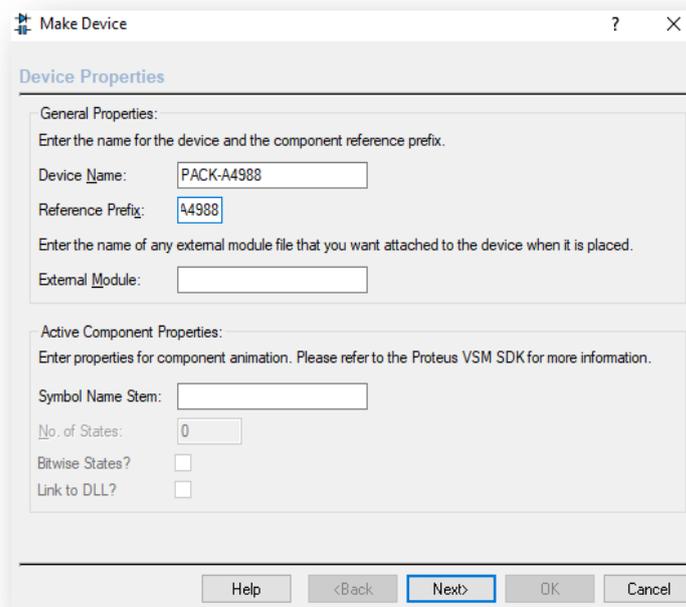


Figure III.15: Attribution d'un nom au composant

On enchaîne, en appuyant sur le bouton "Next", puis sur "Add/Edit". Ensuite, la fenêtre "Package device" apparaît. C'est ici qu'on valide l'utilisation de la librairie "ARES" en appuyant sur "Add".

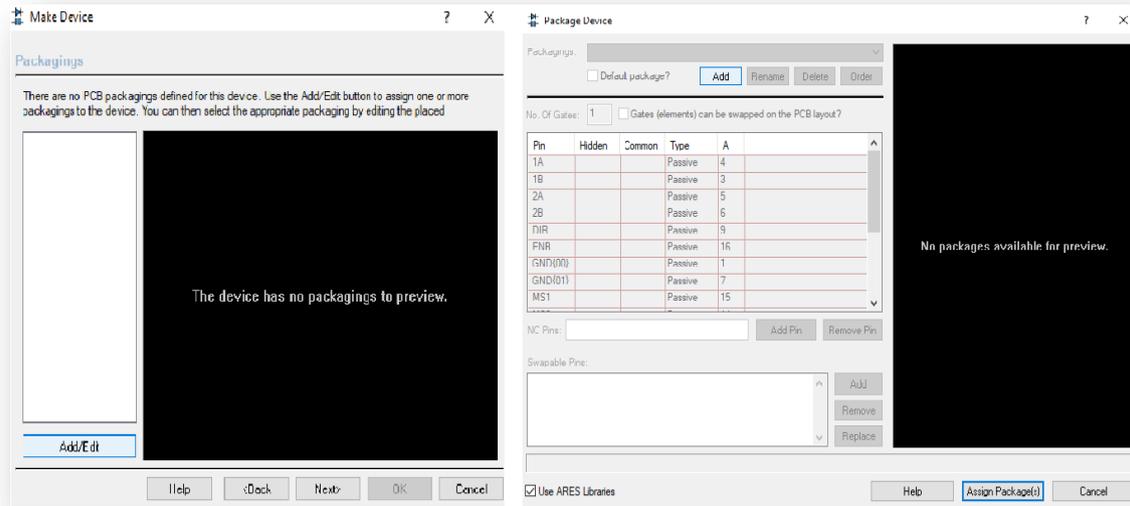


Figure III.16: Validation de la librairie sur ARES

On continue en recherchant notre composant sur la fenêtre "Pick package", une fois le composant trouvé on le sélectionne.

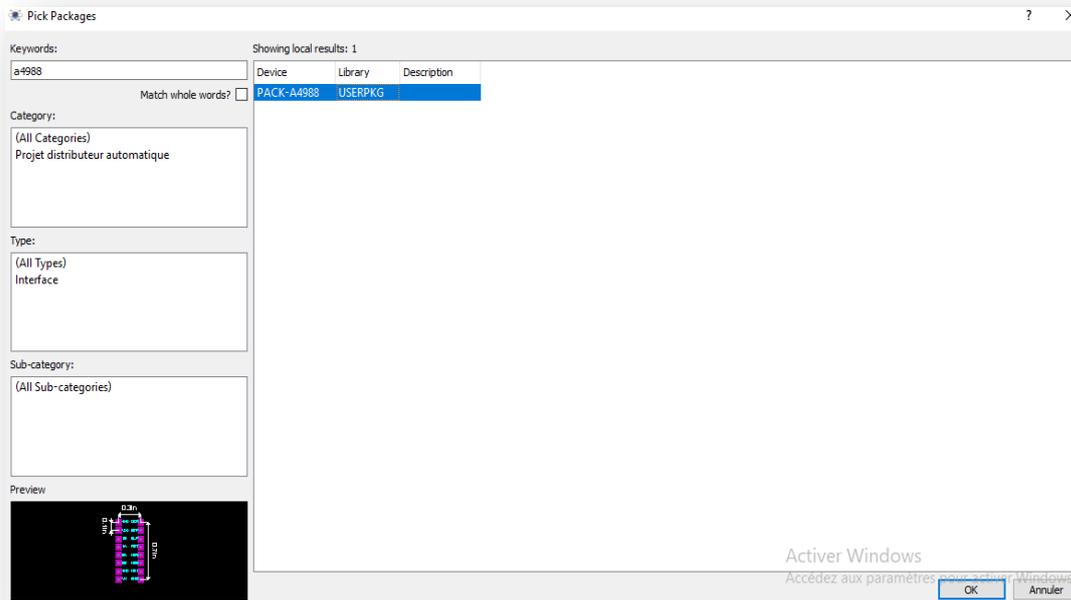


Figure III.17: Recherche du nouveau composant.

Les détails du composant sélectionné apparaissent sur la fenêtre "Package device" suivante:

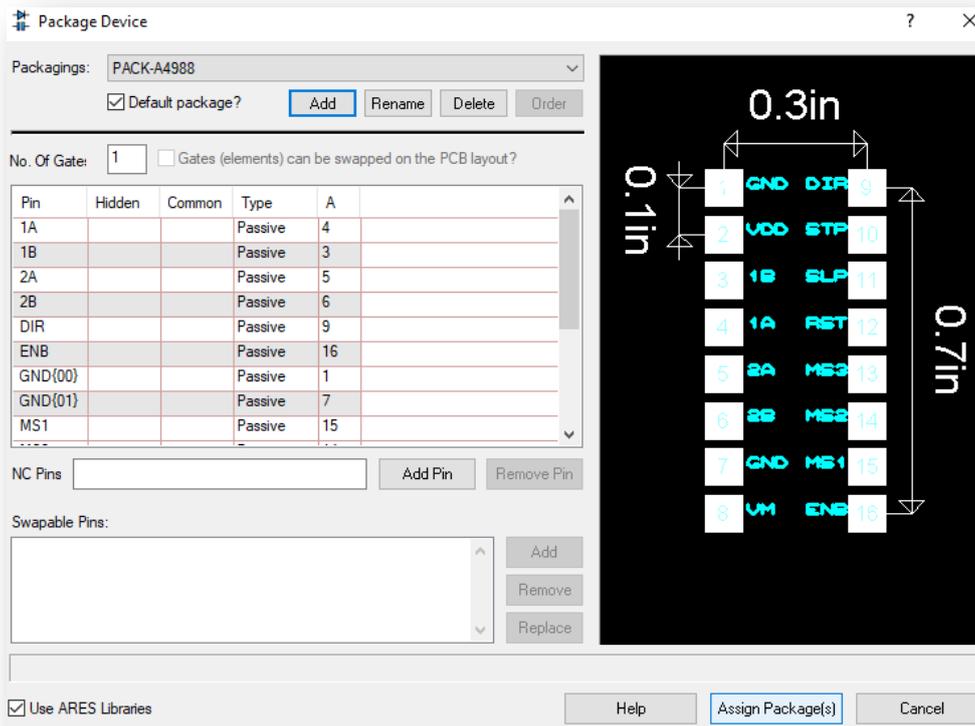


Figure III.18: Vérification des normes du composant

- **Etape 11:** la dernière étape de la création d'un composant sur Proteus, est son insertion sur la librairie "ISIS" puis l'appui sur le bouton "OK" signifiant le sauvegarde de la création de l'élément électronique.

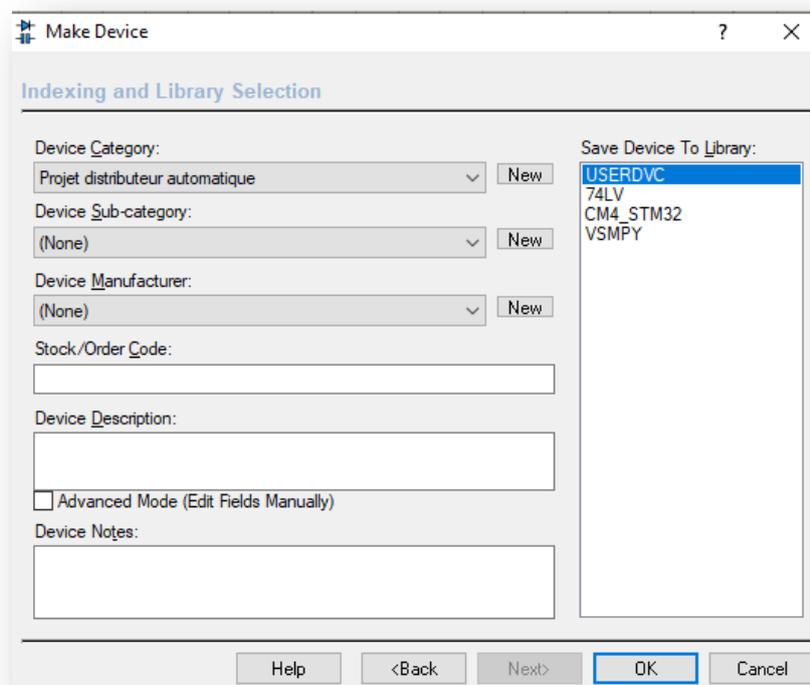


Figure III.19: Insertion et sauvegarde du composant sur la librairie "ISIS"

III.6.2. Conception du PCB

Une fois tous les composants sont créés, on passe à la conception du PCB sur le logiciel Proteus. Pour cela, on sélectionne d'abord tous les éléments électroniques qu'on a créés et sont stockés dans la librairie "ISIS" comme le montre Figure III. 20.

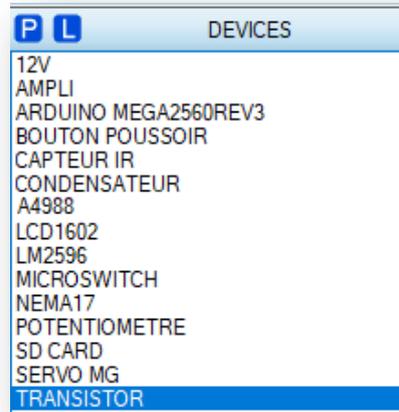


Figure III.20: Sélection des composants

Après avoir sélectionné l'ensemble des composants, on les situe sur la feuille de création "ISIS" puis on procède au branchement de chaque composant avec la carte Arduino. Ce branchement est illustré par Figure III.21.

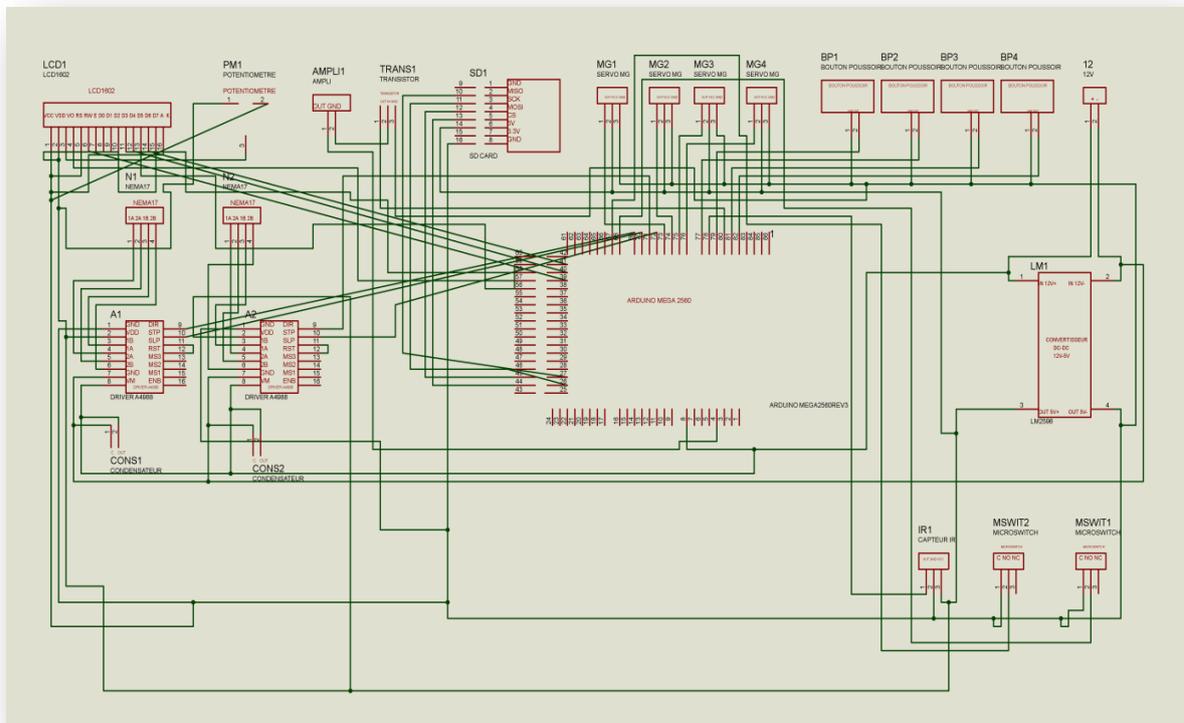


Figure III.21: Branchement des composants sur ISIS

Une fois le branchement terminé sur "ISIS", on passe à "ARES". Sur la fenêtre "Components", on retrouve tous les composants qu'on a placé sur "ISIS", ainsi que le nombre de fois que chaque élément électrique a été utilisé comme le montre Figure III. 22.



Figure III.22: Fenêtre "Componentes"

On sélectionne ensuite chaque composant à partir de la fenêtre "Components", et on les place méticuleusement sur l'espace de travail de "ARES". L'emplacement et la distance entre les composants doit être bien étudié, car le circuit réalisé sur "ARES" est celui qui va être imprimé. Il est important aussi de réduire l'espace, pour que la carte ne soit pas grande.

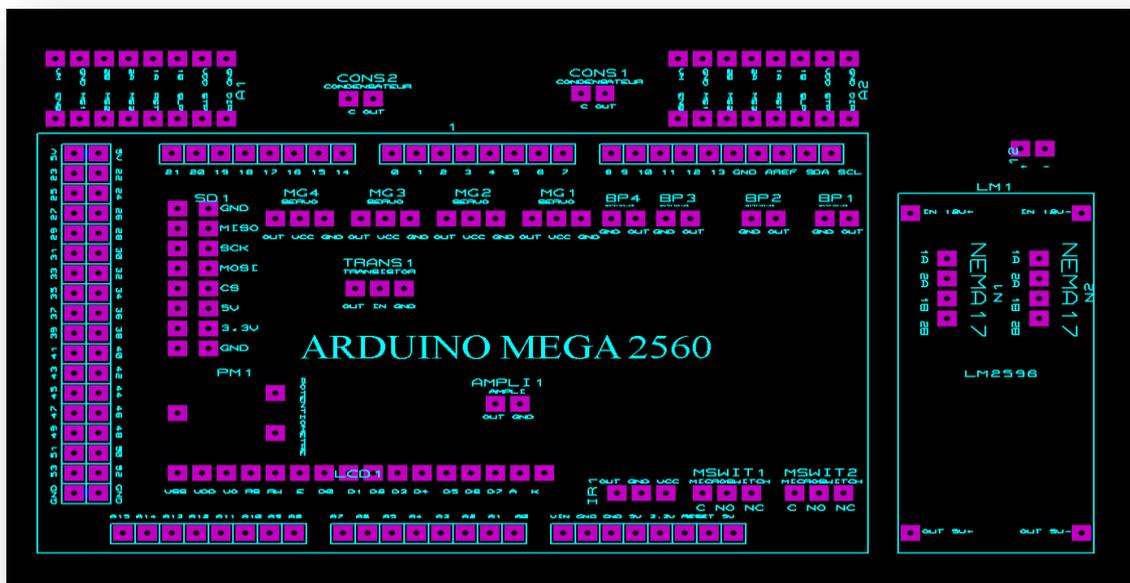


Figure III.23: Branchement des composants sur ARES

Après avoir situé chaque composant sur le PCB, on procède au branchement qui sera effectué automatiquement selon celui réalisé sur "ISIS". Pour cela on encadre le circuit grâce

à l'onglet "Board edge" pour préciser la zone de travail. Puis on définira les diamètres de chaque via et les dimensions de chaque fil sur la fenêtre "Desing rule manager" donnée par Figure III. 24.

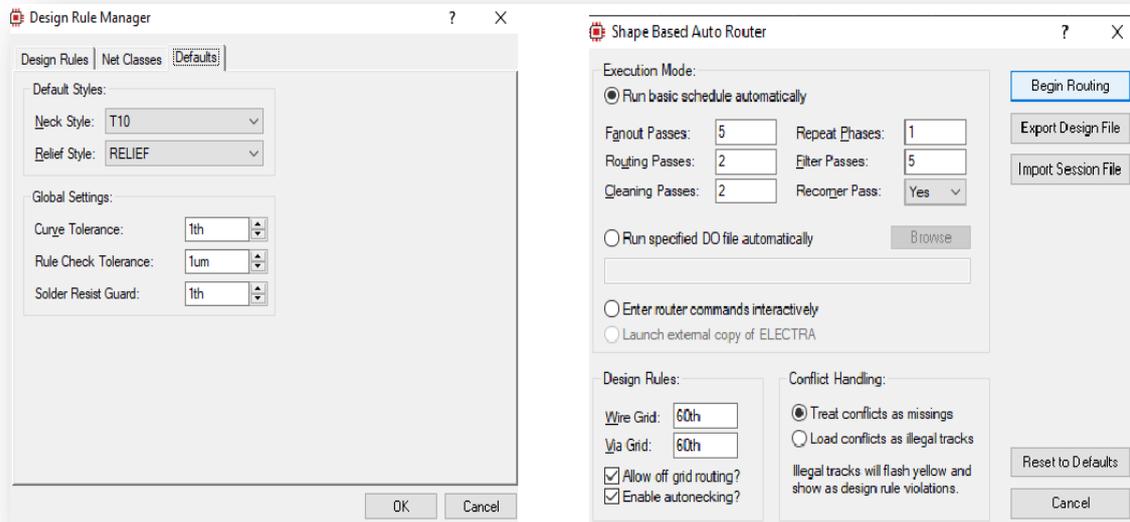


Figure III.24: Fenêtre "Desing rule manager"

Enfin, on lance le routage automatique, en ouvrant la fenêtre "Shape based auto router", puis en appuyant sur le bouton "Begin routing". Le résultat du branchement, schématisé par Figure III. 25, est parfait et aucune erreur n'a été déclarée.

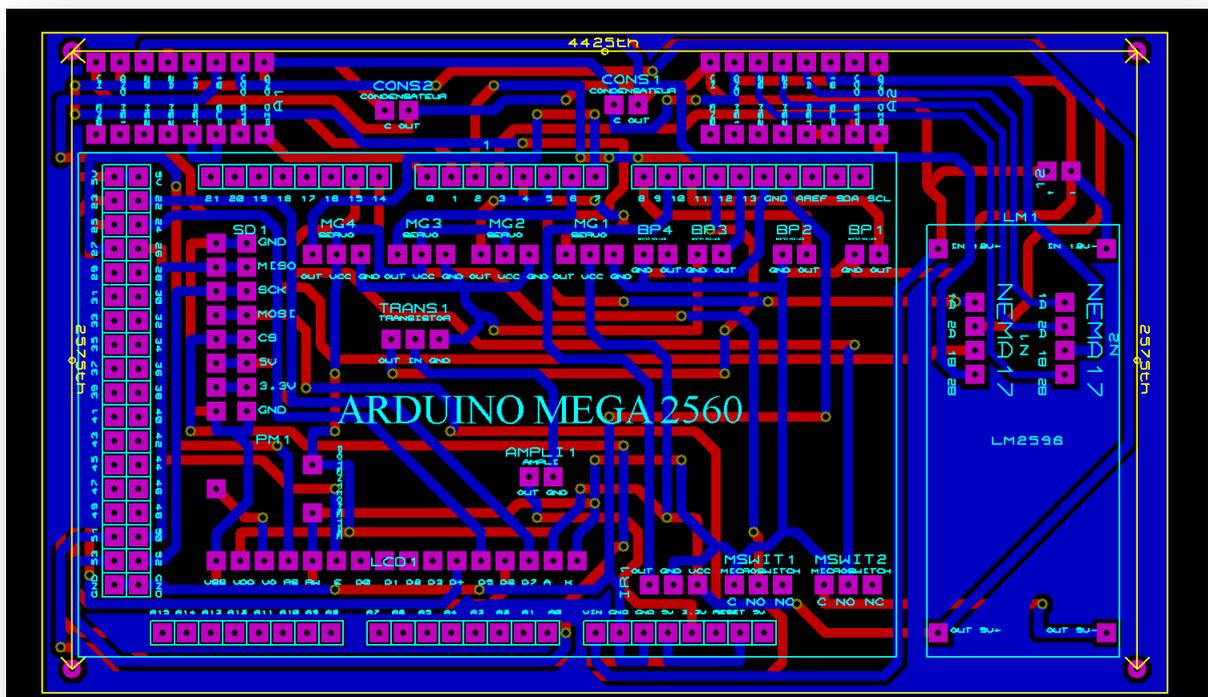


Figure III.25: Le routage automatique

III.6.3. Carte électronique

Une fois le schéma électronique réalisé sur ‘‘ISIS’’ et ‘‘ARES’’. On peut visualiser la carte électronique sur Proteus en appuyant sur l’onglet ‘‘3D visualizer’’. Et cela, pour avoir un aperçu sur le circuit qui va être imprimé, et pour pouvoir corriger une éventuelle erreur de branchement si elle existe (voir Figure III. 26).

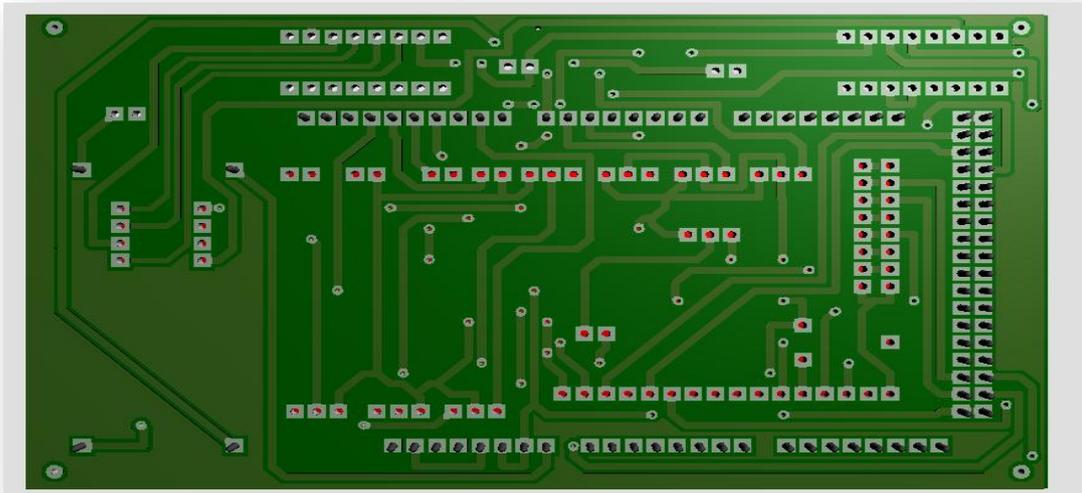


Figure III.26: Carte électronique en 3D

Après avoir fini la conception du schéma électronique dédié au distributeur automatique, on passe à la partie pratique, c'est à dire à l'impression de la carte électronique dans une entreprise spécialisée dans le domaine des circuits imprimés.



Figure III.27: La face avant du circuit électronique

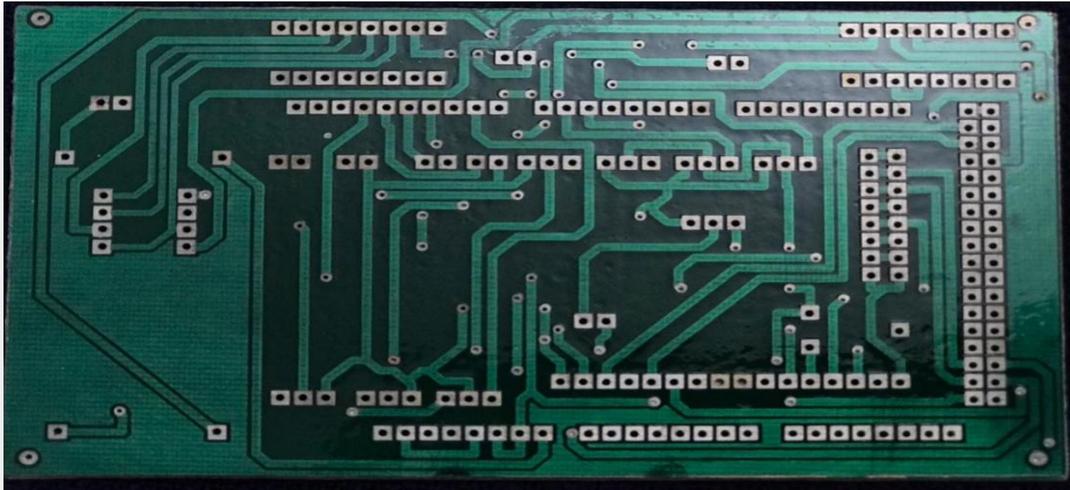


Figure III.28: La face arrière du circuit électronique

Les étapes de l'impression de la plaque en question sont ; la production du typon, l'insolation, la révélation, la gravure, le nettoyage, le perçage, l'étamage et enfin le soudage des composants [13].

Le circuit imprimé a été conçu en double face (face avant donné par Figure III.27 et face arrière donné par Figure III. 28) à cause du grand nombre de composants et des dimensions de la carte. Le résultat de la réalisation du circuit s'est avéré correct et acceptable.

III.7. Construction et mécanisme du distributeur automatique

Dans cette partie nous allons entamer la réalisation du distributeur automatique basé sur la carte de programmation Arduino. On va donc expliquer et montrer tout le processus de construction, à partir de la découpe et de l'assemblage du panneau multiplis à la connexion des composants électroniques dans la maquette, tout en évoquant les matériaux utilisés ainsi que les contraintes trouvées.

III.7.1. Matériaux et outils utilisés

Pour la fabrication de la maquette du distributeur, nous avons utilisé les matériaux et les outils suivants:

- Une feuille contreplaqué multiplis.
- Deux Planches en bois.
- Des baguettes en aluminium.
- Deux tubes en aluminium.
- Une courroie striée

- Des roulements.
- Un fil métallique
- Un fer plat
- Des vis, écrous et rondelles.
- Une meule électrique et un disque bois.
- Une visseuse.
- Un pistolet à colle.
- Une Perceuse
- Un sert joint
- Un niveau
- Une scie



Figure III.29: Photo réelle des outils utilisés

III.7.1.1. Contraintes

L'une des grandes difficultés rencontrées lors de la réalisation du distributeur automatique est l'indisponibilité des courroies à petites dents et de longues tailles ainsi que des poulies identiques à ceux des Nema17. En effet, toutes les courroies dentées correspondantes au pignon se trouvant au dessus de l'axe des moteurs pas à pas, n'ont pas la longueur requise pour assurer le fonctionnement du système. D'autre part, les poulies sont eux aussi indisponibles sur le marché.

Après mure réflexion, on a pensé à régler ce problème en inversant la dépendance entre la courroie et la poulie. Pour cela, on a commencé par un achat d'une courroie plate striée, donné par Figure III.3, de transmission et de puissance' de 6 dents d'une longueur supérieure à celle requise. Cette courroie a été ensuite coupée méticuleusement en deux grâce à une lame tranchante, obtenant donc deux courroies de 3 dents. Le résultat s'est avéré très satisfaisant, puisque grâce à cette méthode on a obtenu une courroie verticale et une autre horizontale aux normes souhaitées.

Il est important de préciser qu'on a choisi ce type de courroie pour ses multiples avantages. Effectivement, cette dernière est très silencieuse et est utilisée pour assurer une grande vitesse (80 à 100 m/s).



Figure III.30: Photo réelle de la courroie plate striée

Comme on l'a déjà précisé, il est impossible de trouver sur le marché des poulies correspondantes aux courroies. Pour cela, on a pensé à les fabriquer chez un tourneur. Ce dernier, a d'abord enlevé les pignons des deux moteurs pas à pas grâce à une machine de fraisage. Il a ensuite pris les dimensions des courroies pour que les diamètres des quatre poulies qu'il les a réalisées soient adaptés (voir Figure III.31).



Figure III.31: Photo réelle du changement de poulie, (a) Avant modification, (b) Après modification

III.7.2. Découpe et assemblage de la feuille multiplis

III.7.2.1. Pourquoi la feuille multiplis?

On a choisi ce type de contreplaqué, donné par Figure III.31, car il est disponible en grandes dimensions, solide, assez facile à travailler et décoratif après finition. Le contreplaqué multiplis sert à tous les travaux de menuiserie courante. Il peut être scié, percé et assemblé. Il tient bien les clous et les vis.

Après avoir fait des calculs de mesures approximatifs, on a acheté un panneau multiplis de 8mm d'épaisseur et de 250cm*150cm de dimension.



Figure III.32: Photo réelle de la feuille multiplis

III.7.2.2. Découpe de la feuille multiplis

Le découpage de la feuille multiplis a été fait avec l'aide d'un menuisier en utilisant une meuleuse électrique et un disque en bois. Il est important de préciser que cette machine est dangereuse, il faut donc être prudent lors de son utilisation.



Figure III.33: Photo réelle de la découpe de la feuille multiplis

On a commencé par faire le découpage du multiplis en 6 morceaux (voir Figure III.34), de dimension 45cm*45cm chacune. Ces morceaux formeront la carcasse de notre distributeur automatique. L'un de ces morceaux représente la façade du distributeur, il sera taillé en dernier.



Figure III.34: Photo réelle des morceaux de carcasse

Une tranche de multiplis de dimensions 45cm*30cm a été taillée. Un autre morceau de dimensions 20cm*20cm est ôté de cette tranche créant un vide significatif de vitrine pour les 4 produits (voir Figure III.35).



Figure III.35: Photo réelle de la vitrine

Les 4 Produits sont placés dans 4 cases. Pour réaliser ces cases on a découpé 8 petits morceaux de 20cm*20cm. Les 4 cases sont placés sur deux étagères de dimensions 20cm*45cm (voir Figure III.36).



Figure III.36: Photo réelle des étagères

III.7.2.3. Assemblage

Après avoir effectué le découpage des pièces, on passe à la partie assemblage.

Les morceaux de la carcasse sont assemblés grâce à des baguettes en aluminium. Ces baguettes sont taillées pour relier deux pièces de la carcasse ou pour être utilisées comme support (voir Figure III.37).



Figure III.37 : Photo réelle du découpe d'une baguette en aluminium

Les baguettes sont fixées par des vis pour serrer les pièces assemblées grâce à une visseuse électrique sans fil (voir Figure III.38).



Figure III.38: Photo réelle de la fixation des pièces

Une fois ces pièces de la carcasse sont assemblées, on place la vitrine, les étagères ainsi que les cases où on va mettre les produits (voir Figure III.39).



Figure III.39: Photo réelle de l'assemblage

III.7.3. Mécanisme des rails pour le chariot

À ce stade de la réalisation, on va entamer la fabrication du système de rail pour le déplacement du chariot. Pour cela, on a utilisé des tubes en aluminium donnés par Figure III.40. Le diamètre des trois tubes pour le rail horizontal est de 17 mm qu'on coupe avec la meuleuse électrique pour avoir une longueur de 31cm, tandis que pour le rail vertical le diamètre des trois tubes est de 18 mm et la longueur est de 44 cm.



Figure III.40: Photo réelle des tubes avant le découpage

Sur des planches de bois massif de 20 mm d'épaisseur, on a fait des trous compatibles aux diamètres des tubes à l'aide d'une perceuse où on les a fixés, comme le montre Figure III.41.



Figure III.41: Photo réelle des rails

Afin de fabriquer les curseurs qui permettront au chariot de glisser sur le tube et donc se déplacer, on a utilisé une planche de bois de dimensions 18mm*18 mm sur laquelle on a fait des trous de 8 mm de diamètre.



Figure III.42: Photo réelle des curseurs

On a inséré ensuite des tiges filetées de 8 mm dans ces trous et à l'aide de rondelles et d'écrous, on a sécurisé des roulements de 20 mm. Quant au curseur horizontal, on a utilisé la même méthode avec le même diamètre extérieur.

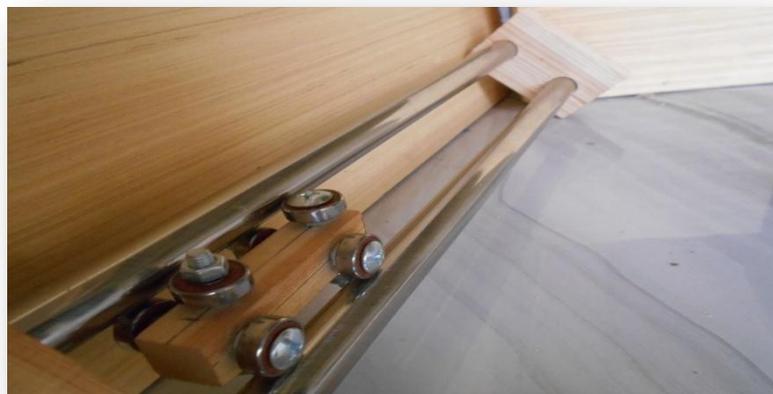


Figure III.43: Photo réelle du système de rail

Afin de confirmer si les dimensions du curseur sont adaptées à celles de l'espace entre les rails, on l'a inséré entre ces derniers et on a remarqué qu'il y a un jeu entre certains roulements et les deux tubes, ce qui montre Figure III.43.

Pour régler ce problème on a dû réduire l'espace entre les deux rails, pour cela on a procédé par faire des trous au niveau des tubes de façon perpendiculaire à l'aide d'une perceuse (voir Figure III.44).



Figure III.44: Photo réelle du perçage des tubes

Après avoir fait des trous et vérifier qu'ils sont au même niveau, on a fixé les deux rails de tubes plus près l'un de l'autre, et cela grâce à une tige filetée. Après cela, les curseurs n'étaient plus desserrés et ils fonctionnaient correctement.



Figure III.45: Photo réelle d'ajustement des rails

Nous avons ajouté ensuite un boulon de 5 mm sur le côté gauche des rails, sur lequel on va fixer une poulie pour la courroie de distribution horizontale, ainsi que deux autres roulements qui glisseront sur le rail vertical gauche (voir Figure III.46).

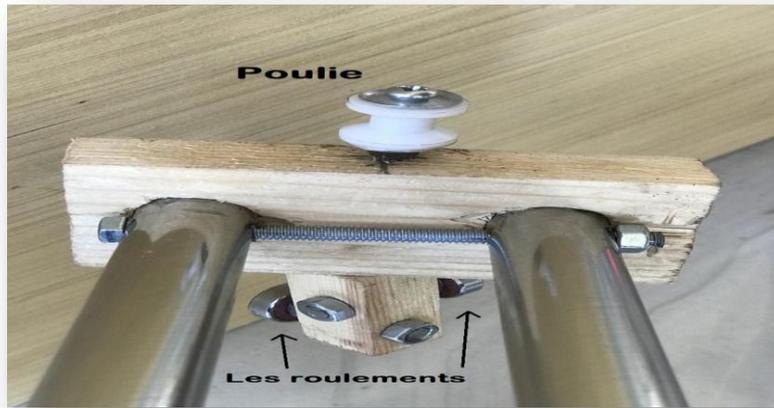


Figure: III.46: Photo réelle de la fixation de la poulie et des roulements

De l'autre côté droit du rail, on doit attacher le moteur pas à pas pour qu'il assure le mouvement horizontal. Pour cela, on a d'abord fixé le Nema17 sur une tôle. Cette dernière a été percée pour faire un trou correspondant à l'axe du moteur et deux autres trous pour que le Nema 17 soit fixé (voir Figure III.47).



Figure III.47: Photo réelle du support du moteur horizontal

Après avoir attaché le moteur pas a pas sur la tôle, on a fixé tout cet assemblage sur le curseur vertical à l'aide d'une colle à bois et d'un seul vis en utilisant une visseuse sans fil.

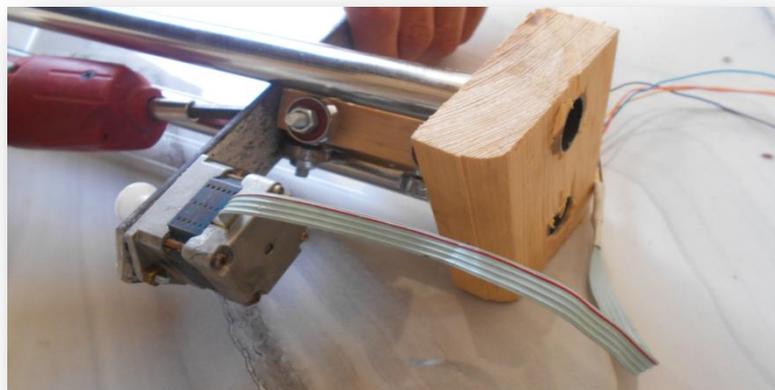


Figure III.48: Photo réelle de la fixation du moteur sur le curseur vertical

Une fois les deux rails réalisés, on a inséré le système vertical et horizontal à l'aide des vis, des boulons et des supports solides conçus à partir d'une tôle comme le montre Figure III.49.



Figure III.49: Photo réelle d'insertion des systèmes des rails

Afin de pouvoir fabriquer le chariot avec des dimensions précises, on a effectué plusieurs mesures pour savoir la distance exacte entre la vitrine et la porte avant ainsi que celle entre les cases contenant les produits et l'espace vide.

Il est nécessaire de préciser que le chariot a été conçu par des morceaux de bois récupéré chez un menuisier (voir Figure III. 50).

Les deux pièces de côtés du chariot ont été fabriquées de telle sorte que le curseur soit compatible avec eux lors de l'assemblage.



Figure III.50: Photo réelle du chariot

On a assemblé ensuite le chariot et le curseur horizontal en utilisant une colle à bois et des vis. On a procédé ensuite à l'assemblage du système de rails (voir Figure III.51).



Figure III.51: Photo réelle de l'assemblage du chariot et le système des rails horizontal

Puis, on a inséré l'assemblage entre les rails verticaux et on les a également fixés en place. On a continué avec l'installation de la courroie de distribution horizontale et verticale. Pour cela, on a mesuré la longueur dont on a besoin, on l'a coupée à la bonne taille et on l'a fixée au curseur à l'aide d'une attache à boulon. En ce qui concerne le curseur vertical, on a fixé le moteur pas à pas sur le dessous de la machine à l'aide d'un morceau de multiplis et de quelques boulons. En haut, on a attaché la poulie et de la même manière installé la courroie de distribution (voir Figure III.52) .

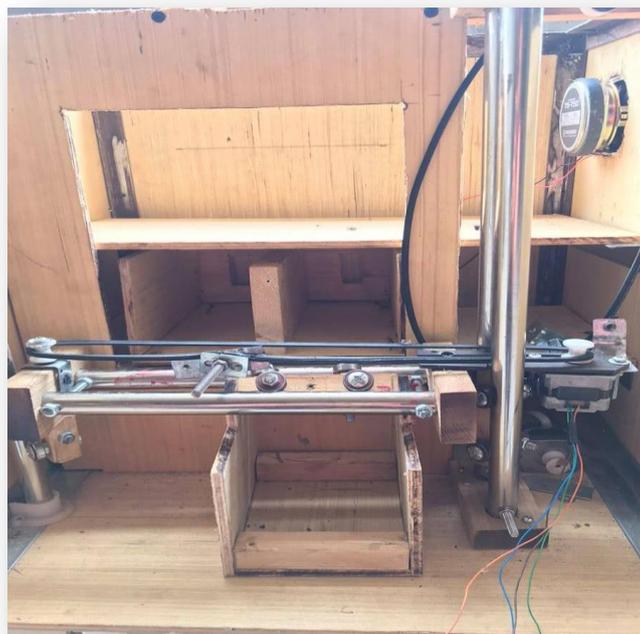


Figure III.52: Photo réelle de l'installation des courroies

La courroie du rail vertical a été finalement remplacée par une tige filetée trapézoïdale avec un accouplement entre le moteur et la tige (voir Figure III.53). Ce changement a eu lieu, car la courroie n'était pas aussi solide afin de pouvoir soulever le système horizontal.



Figure III.53: Photo réelle de la tige filetée trapézoïdale

III.7.4. Déchargement des produits

Après avoir fabriqué le système de rail. On est passé au système de déchargement des produits. Pour cela, on a fabriqué quatre ressorts à partir d'un fil métallique de 3 mm en l'enroulant autour d'une bombe de peinture de 5 cm de diamètre comme le montre Figure III.54.



Figure III.54: Photo réelle des ressorts

Après cela, on a fait des petites cases correspondantes aux quatre servomoteurs. Pour, enfin les accrochés aux quatre ressorts.



Figure III.55: Photo réelle des cases avec les places des servomoteurs

III.7.5. Façade

Après avoir terminé avec le mécanisme à l'intérieur de notre distributeur. On a procédé à la fabrication du panneau avant qui représente la façade de la machine à distribution, et qui doit être attirant pour donner un côté plus esthétique au distributeur. Pour cela on a fait d'abord des ouvertures sur la plaque de bois (voir Figure III.56). La plus grande représente la vitrine, celle de droite sera dédiée à l'afficheur et aux boutons. Quant à celle qui se trouve en bas, elle a été conçue pour récupérer le produit du chariot.



Figure III.56: Photo réelle de la façade

On a fabriqué ensuite une plaque en aluminium donnée par Figure III.57, puis on a fait des trous pour les quatre boutons, l'afficheur LCD, ainsi qu'une petite ouverture pour pouvoir insérer les pièces.



Figure III.57: Photo réelle de la plaque de commande

Enfin, nous avons fixé la plaque en aluminium par quatre vis. Puis, on a accroché le panneau avant à l'aide de deux paumelles qu'on a placé sur le côté droit.



Figure III.58: Photo réelle d'installation de la façade

III.8. Réalisation finale

Une fois la maquette réalisé on a couvert le distributeur par des plaques en aluminium. On a ensuite fixé des cornières aux bordures de ces plaques (voir Figure III.59).



Figure III.59: Photo réelle du distributeur éteint



Figure III.60: Photo réelle du distributeur vue de dessus

On a enchainé par accrocher des LEDs pour illuminer les cases des produits et on a enfin accroché un panneau de plexiglas correspondant à l'ouverture de la vitrine (voir Figure III.61)



Figure III.61: Photo réelle du distributeur allumé



Figure III.62: Photo réelle des LED à l'intérieur du distributeur



Figure III.63: Photo réelle du distributeur allumé sous un autre angle

A l'intérieur de la machine à distribution, on a placé nos composants électroniques et la carte Arduino et on les a branchés au circuit imprimé qu'on a réalisé. Nous exposons par la suite quelques photos représentatives.



Figure III.64: Photos réelles des composants à l'intérieur du distributeur sous différents angles.

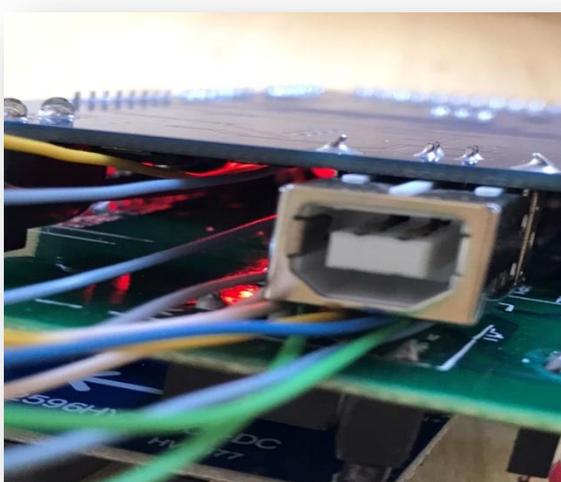
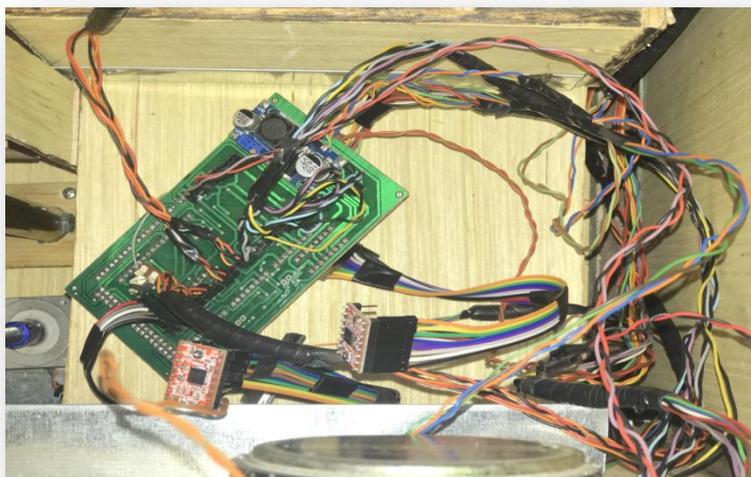


Figure : III.65: Photos réelles du branchement du circuit imprimé avec la carte Arduino et des composants sous différents angles.

III.9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons élaboré une feuille de route pour la conception de notre distributeur automatique. Pour cela, nous avons commencé par faire une analyse de nos besoins ainsi qu'un diagramme explicatif qui a pour but de nous clarifier le principe de fonctionnement du distributeur.

Puis, nous avons exposé toutes les étapes à suivre afin de réaliser notre machine en commençant par la fabrication de la maquette, en expliquant ensuite le câblage de multiples circuits jusqu'à la mise en marche du distributeur. Nous avons argumenté ces étapes en présentant des photos réelles prises lors de la fabrication de cette machine.

Les tests réalisés sur notre distributeur aboutissent à des résultats adéquats. Cela montre que le cahier des charges que nous avons proposé est atteint.

Lors de la partie pratique, nous avons été confrontés à de multiples contraintes et imprévus dûs à l'indisponibilité du matériel et de certains composants sur le marché. De ce fait, le mécanisme du distributeur a été modifié à maintes reprises.



*Conclusion générale et
perspectives*

Conclusion et perspectives

Depuis maintenant plusieurs années, les distributeurs automatiques sont devenus de plus en plus présents dans nos vies quotidiennes. Ces derniers améliorent le mode de vie et assurent la disponibilité de différents produits tout au long de la journée et à n'importe quel lieu. En effet, les machines à distribution automatique se sont diversifiées et permettent de gagner un temps précieux aux clients.

Dans ce cadre, nous avons fabriqué un distributeur automatique doté d'un mécanisme complexe réalisé en se basant sur la carte Arduino Mega 2560 Rev3 qui représente le cerveau de notre réalisation.

La réalisation matérielle et logicielle de ce projet suivie d'une phase de validation et de tests ont donné des résultats attendus et satisfont notre cahier des charges.

Nous sommes unanimes pour dire que ce projet nous a permis de nous amuser grâce à la manipulation de nouveaux matériels et logiciels, tout en acquérant de meilleures connaissances dans plusieurs domaines, à savoir: l'électronique en manipulant Arduino et les différents composants et en créant une carte électronique, l'informatique ainsi que l'automatique en utilisant plusieurs logiciels et en développant des programmes.

Ce projet nous a fait découvrir aussi un secteur que nous ne connaissions pas vraiment et qui nous a intéressé de plus en plus au fur et à mesure que nous approfondissions nos recherches. Cela nous a permis de recueillir des informations techniques et des explications nécessaires à la compréhension du principe de fonctionnement de certaine technologie.

Il est certain que notre projet est loin d'être terminé. Comme perspectives, nous souhaitons l'améliorer et l'enrichir avec des technologies encore plus modernes et lui apporter plus de fonctionnalités pour qu'on puisse l'exposer au grand public; parmi les expectatives pour notre projet nous citons :

- Agrandir le distributeur et multiplier les cases pour avoir un maximum de produits.
- Ajouter un système monnayeur. Ce dernier assurera la reconnaissance des pièces et le rendement de la monnaie.
- Doter le distributeur d'un système qui permettra de conserver les produits à une certaine température.



Annexes

Annexe A

Microcontrôleur ATMEGA2560-16AU

La puce utilisée dans l'Arduino Mega 2560 est le microcontrôleur ATmega2560 qui est un microcontrôleur ATME1 de la famille AVR 8 bits et de hautes performances et faible consommation, ce microcontrôleur dispose de:

- **FLASH** : 256 Kb pour stocker le code.
- **SRAM** : 8Kb.
- **EEPROM** : 4Kb (qui peuvent être lus et écrits avec la bibliothèque EEPROM).
- **Digital I/O** : 11 Ports Port A (PA7...PA0), Port B (PB7...PB0), Port C (PC7...PC0), Port D (PD7...PD0), Port E (PE7...PE0), Port F (PF7...PF0), Port G (PG5...PG0), Port H (PH7...PH0), Port J (PJ7...PJ0), Port K (PK7...PK0), Port L (PL7...PL0) donc 86 broches en tout d'E/S.
- **Gestion des interruptions** : 2 (interrup 0), 3 (interrup 1), 18 (interrup 5), 19 (interrup 4), 20 (interrup 3), et 21 (interrup 2).
- **Série**: émission/réception série des données série TTL via les broches 0 (RX) et 1 (TX), 19 (RX) et 18 (TX), 17 (RX) et 16 (TX), 15 (RX) et 14 (TX).
- **PWM** : 2 à 13 et 44 à 46. Fournit une sortie PWM 8 bits.
- **SPI** : 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (CS). Ces broches prennent en charge la communication SPI à l'aide de la bibliothèque SPI.
- **LED** : Il y a une LED intégrée connectée à la broche numérique 13.
- **Gestion de bus I2C (TWI Two Wire Interface)** : 20 (SDA) et 21 (SCL). Prise en charge de la communication TWI à l'aide de la bibliothèque Wire.
- **AREF** : Tension de référence pour les entrées analogiques.
- **Reset** : réinitialiser le microcontrôleur.

Tableau. A Des broches Arduino Mega 2560

N° broche	Nom de la Broche	Nom de la broche mappée
1	PG5 (OC0)	Digital pin 4 (PWM)
2	PE0 (RXD0/PCINT8)	Digital pin 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Digital pin 1 (TX0)
4	PE2 (XCK0/AIN0)	
5	PE3 (OC3A/AIN1)	Digital pin 5 (PWM)
6	PE4 (OC3B/INT4)	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 (OC3C/INT5)	Digital pin 3 (PWM)
8	PE6 (T3/INT6)	
9	PE7 (CLKO/ICP3/INT7)	
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 (RXD2)	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Digital pin 16 (TX2)

14	PH2 (XCK2)	
15	PH3 (OC4A)	Digital pin 6 (PWM)
16	PH4 (OC4B)	Digital pin 7 (PWM)
17	PH5 (OC4C)	Digital pin 8 (PWM)
18	PH6 (OC2B)	Digital pin 9 (PWM)
19	PB0 (SS/PCINT0)	Digital pin 53 (SS)
20	PB1 (SCK/PCINT1)	Digital pin 52 (SCK)
21	PB2 (MOSI/PCINT2)	Digital pin 51 (MOSI)
22	PB3 (MISO/PCINT3)	Digital pin 50 (MISO)
23	PB4 (OC2A/PCINT4)	Digital pin 10 (PWM)
24	PB5 (OC1A/PCINT5)	Digital pin 11 (PWM)
25	PB6 (OC1B/PCINT6)	Digital pin 12 (PWM)
26	PB7 (OC0A/OC1C/PCINT7)	Digital pin 13 (PWM)
27	PH7 (T4)	
28	PG3 (TOSC2)	
29	PG4 (TOSC1)	
30	RESET	RESET
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 (ICP4)	Digital pin 49
36	PL1 (ICP5)	Digital pin 48
37	PL2 (T5)	Digital pin 47
38	PL3 (OC5A)	Digital pin 46 (PWM)
39	PL4 (OC5B)	Digital pin 45 (PWM)
40	PL5 (OC5C)	Digital pin 44 (PWM)
41	PL6	Digital pin 43
42	PL7	Digital pin 42
43	PD0 (SCL/INT0)	Digital pin 21 (SCL)
44	PD1 (SDA/INT1)	Digital pin 20 (SDA)
45	PD2 (RXDI/INT2)	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 (TXD1/INT3)	Digital pin 18 (TX1)
47	PD4 (ICP1)	
48	PD5 (XCK1)	
49	PD6 (T1)	
50	PD7 (T0)	Digital pin 38
51	PG0 (WR)	Digital pin 41
52	PG1 (RD)	Digital pin 40
53	PC0 (A8)	Digital pin 37
54	PC1 (A9)	Digital pin 36
55	PC2 (A10)	Digital pin 35
56	PC3 (A11)	Digital pin 34
57	PC4 (A12)	Digital pin 33
58	PC5 (A13)	Digital pin 32
59	PC6 (A14)	Digital pin 31
60	PC7 (A15)	Digital pin 30
61	VCC	VCC

62	GND	GND
63	PJ0 (RXD3/PCINT9)	Digital pin 15 (RX3)
64	PJ1 (TXD3/PCINT10)	Digital pin 14 (TX3)
65	PJ2 (XCK3/PCINT11)	
66	PJ3 (PCINT12)	
67	PJ4 (PCINT13)	
68	PJ5 (PCINT14)	
69	PJ6 (PCINT 15)	
70	PG2 (ALE)	Digital pin 39
71	PA7 (AD7)	Digital pin 29
72	PA6 (AD6)	Digital pin 28
73	PA5 (AD5)	Digital pin 27
74	PA4 (AD4)	Digital pin 26
75	PA3 (AD3)	Digital pin 25
76	PA2 (AD2)	Digital pin 24
77	PA1 (AD1)	Digital pin 23
78	PA0 (AD0)	Digital pin 22
79	PJ7	
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 (ADC15/PCINT23)	Analog pin 15
83	PK6 (ADC14/PCINT22)	Analog pin 14
84	PK5 (ADC13/PCINT21)	Analog pin 13
85	PK4 (ADC12/PCINT20)	Analog pin 12
86	PK3 (ADC11/PCINT19)	Analog pin 11
87	PK2 (ADC10/PCINT18)	Analog pin 10
88	PK1 (ADC9/PCINT17)	Analog pin 9
89	PK0 (ADC8/PCINT16)	Analog pin 8
90	PF7 (ADC7/TDI)	Analog pin 7
91	PF6 (ADC6/TDO)	Analog pin 6
92	PF5 (ADC5/TMS)	Analog pin 5
93	PF4 (ADC4/TCK)	Analog pin 4
94	PF3 (ADC3)	Analog pin 3
95	PF2 (ADC2)	Analog pin 2
96	PF1 (ADC1)	Analog pin 1
97	PF0 (ADC0)	Analog pin 0
98	AREF	Analog Reference
99	GND	GND
100	AVCC	VCC

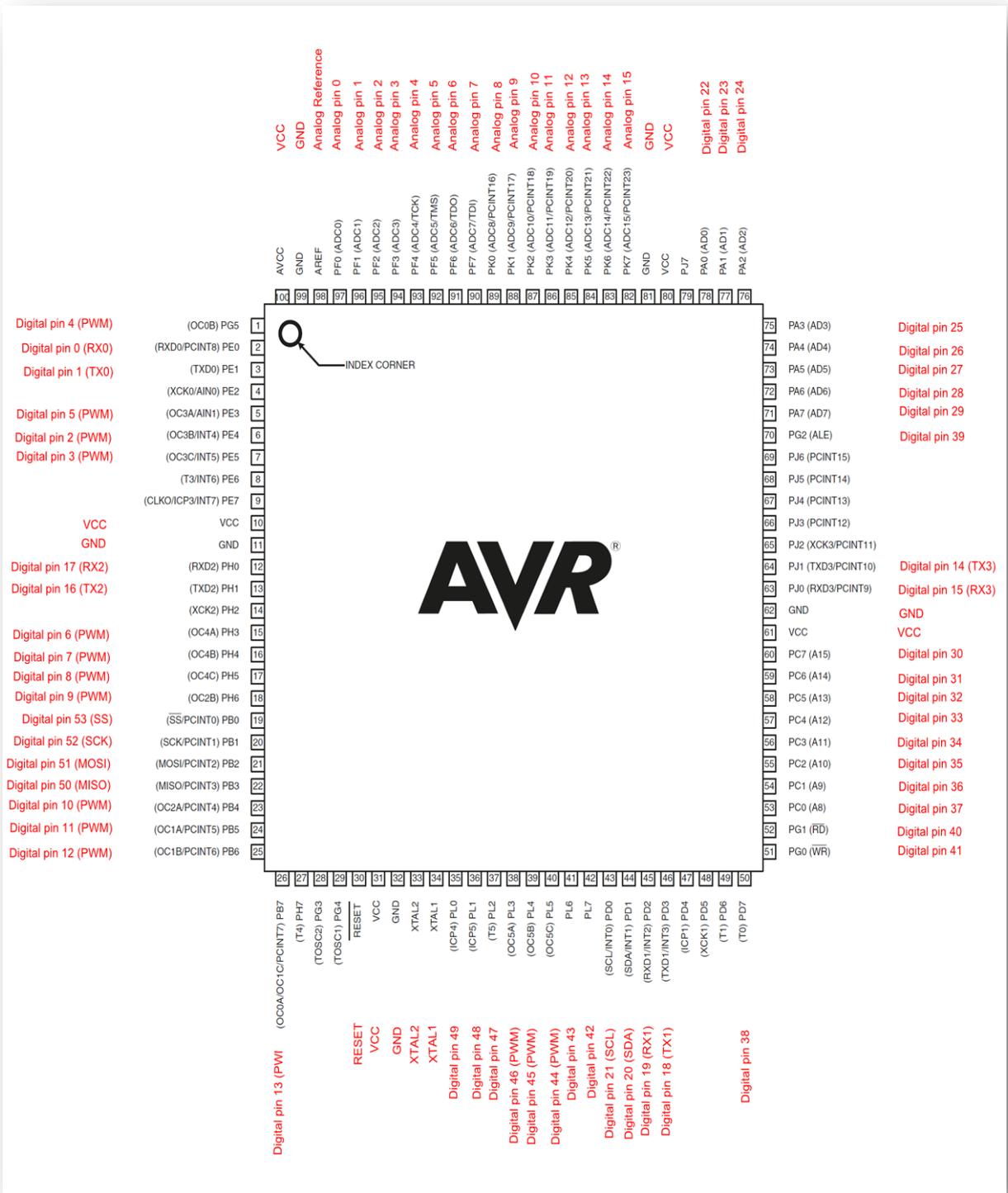
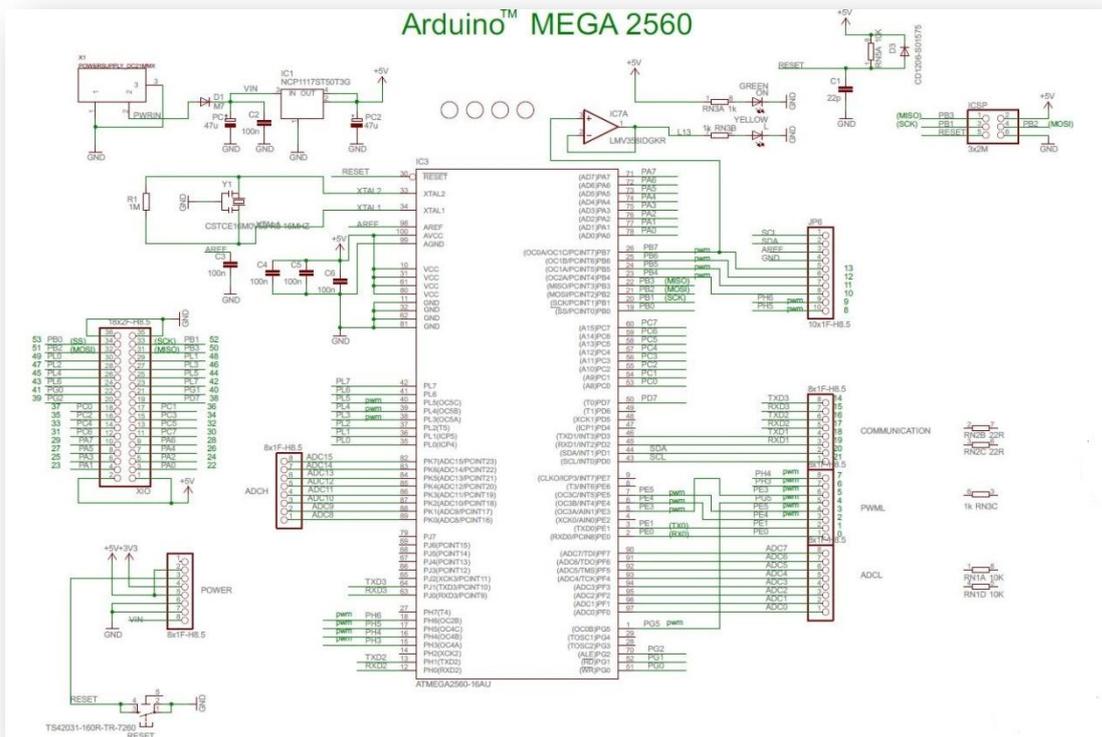


Figure A : Schéma des broches Arduino Mega 2560

Annexe B

Schéma électronique de la carte Arduino Mega 2560

Schéma simplifié de la carte Arduino Mega 2560 dont les broches du microcontrôleur sont reliées à des connecteurs selon le schéma ci-dessous.



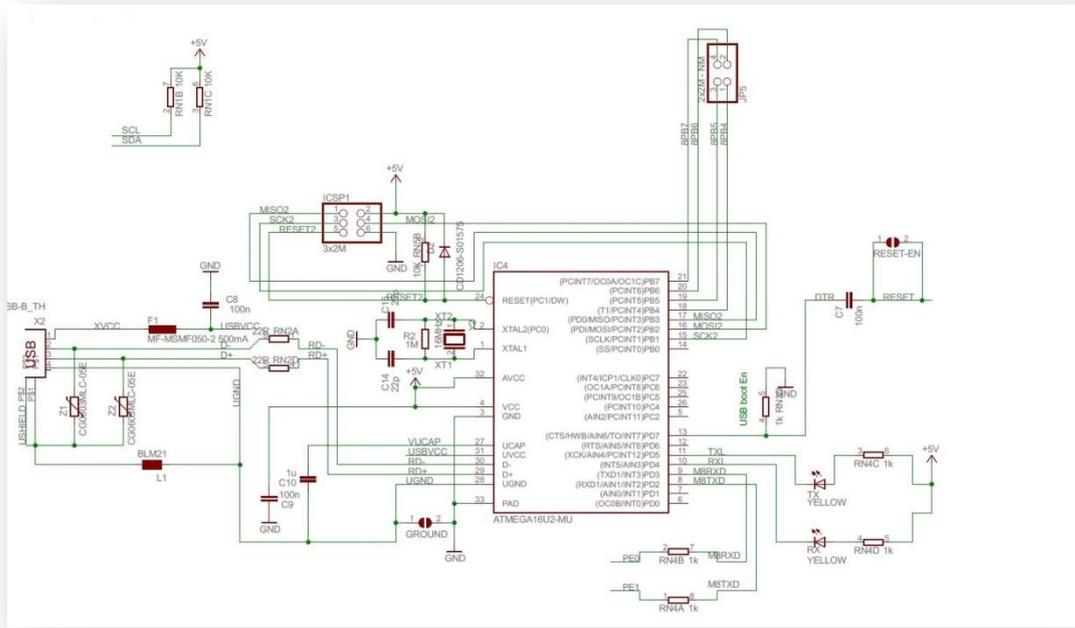


Figure B.2: Schéma simplifié de l'Arduino Mega 2560

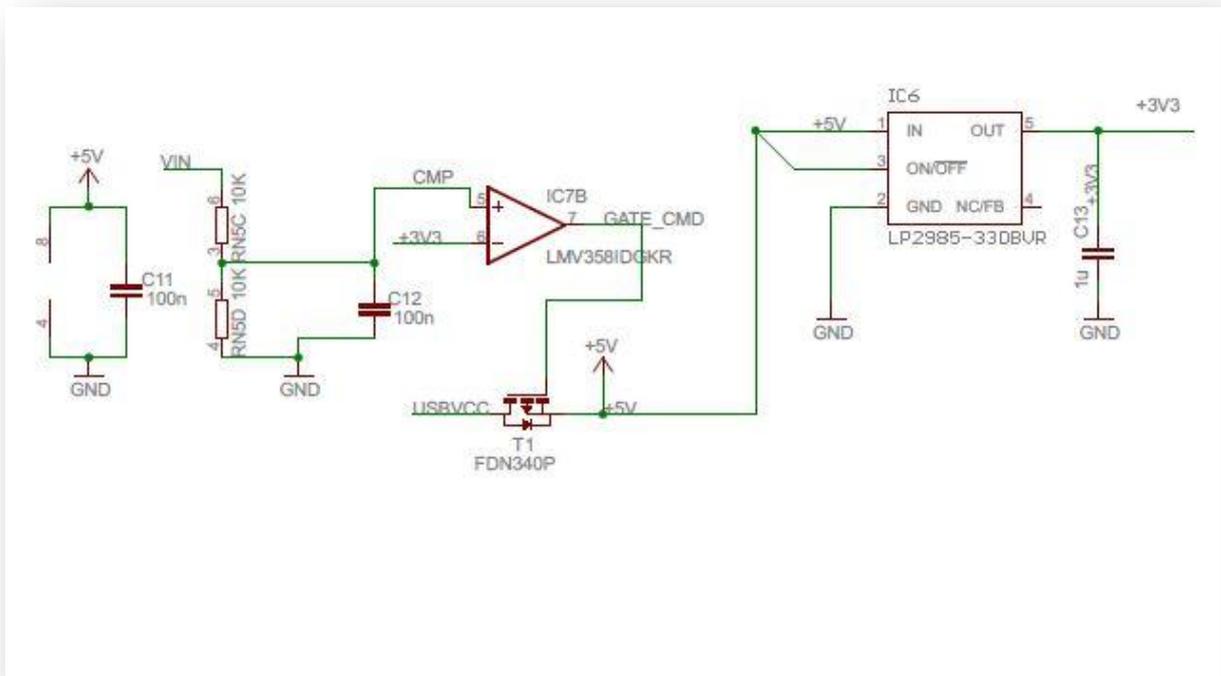


Figure B.3: Schéma simplifié de l'Arduino Mega 2560

Bibliographie

- [1] A. Bitard, L. Figuiet, "Distributeurs automatique des liquides (système Schloesing et Degremont)", in La Science illustrée, pp. 154-155, 1892.
- [2] B. Bertrand,;Glossaire illustré du marketing; pression publicitaire, 2011.
- [3] P. Tandakha N'Diaye, "Conception d'un entrepôt frigorifique fonctionnant avec de l'énergie solaire photovoltaïque", Projet de fin d'études pour obtenir un diplôme d'ingénieur de conception", Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Ecole Supérieure Polytechnique, département génie électromécanique, 2006
- [4] J.N Montagné, Centre de Ressources Art Sensitif, novembre 2006
- [5] W. Benlahcen, "Un éclairage redondant", mémoire de fin d'études pour d'ingénieur d'état en Instrumentation, Université Batna, 2007.
- [6] H. Hamouchi " Conception et réalisation d'une centrale embarquée de la domotique, Smart Home", Mémoire de master 2, Université Mohammed V École Normale Supérieure d'Enseignement Technique, Rabat, 2015.
- [7] N. Mechalaine, "Etude et réalisation d'un système intelligent pour la commande d'éclairage publique", mémoire de master 2, Université Oum El Bouaghi, Juin 2018.
- [8] F. Bouabdelli et H. Senouci, "Déecteur de distance à infrarouge", mémoire de master, Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen, Juin 2018.
- [9] M. Iamrache et N.Bentoumi, "Etude et réalisation d'un bras robotique", mémoire de fin d'étude de master professionnel en électronique industriel, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 2017.
- [10] I. Boudjedir, "Un système embarqué pour la détection des gaz dangereux à base d'une carte Arduino", mémoire de fin d'étude pour Master", Université Oum El Bouaghi, 2017.
- [11] M. Coulibaly, "Détection du complexe QRS par la Méthode de Laguna", Mémoire de l'obtention du diplôme de master, Université Badji Mokhtar Annaba, 2019.
- [12] M. L Dilimi, "Contribution à la modélisation des systèmes automatisés par un outil graphique, Mémoire de Master 2 ", Université Ferhat Abbas Setif, Juin 2014.
- [13] A. Rahim et S. Yekkour, "Etude et essai de réalisation d'une alimentation sinusoïdale variable en fréquence et en tension", Mémoire de Fin d'Etudes de Master professionnel en Electrotechnique industrielle, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, , Juillet 2016.

Sites Internet

<https://www.arduino.cc/>
[www.alldatasheet.fr /](http://www.alldatasheet.fr/)