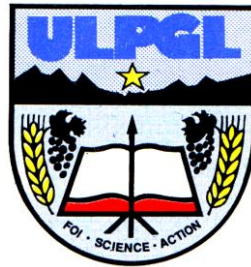


**REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO
ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET UNIVERSITAIRE
UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS**

« ULPGL GOMA »

B.P : 368 GOMA



**FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
APPLIQUEES**

Département de Génie électrique et informatique

**CONCEPTION ET REALISATION D'UN SYSTEME
AUTOMATIQUE DE COMANDE D'UN PORTAIL
(CAS DE L'ULPGL GOMA)**

Travail présenté en vue de l'obtention du diplôme de graduat
en Sciences Appliquées :

Option : Génie Electrique et Informatique

Présenté par : **KAMBALE WAMBEREKI Pacifique**

Dirigé par : **MPhil. Ir. IRENGE BAGUMA Raoul**

Encadré par : **Msc. Ir. MUSONGYA BISIMWA Dieudonné**

Année Académique 2021-2022

EPHIGRAPHE

« Exige beaucoup de toi-même et attends peu des autres. Ainsi beaucoup d'ennuis te seront épargnés ».

Confucius

[II]

DEDICACE

A mes chers parents KAMBALE FATAKI et KAHAMBU KAMWITE

REMERCIEMENTS

Ce travail ne serait jamais accompli uniquement avec mes propres efforts, mais grâce aux contributions des uns et des autres que nous ne saurons taire. En premier lieu, rendons grâce à Dieu tout puissant pour la force, la santé et les tous les moyens nécessaires qu'il n'a cessé de nous accorder pour que ce travail soit mené à bout.

Nous sommes très reconnaissant envers notre directeur, le MPhil. Ir. Raoul IRENGE BAGUMA qui malgré ses multiples occupations nous a consacré son temps pour arriver à l'aboutissement de ce travail ; également à notre encadreur, le Msc. Ir. MUSONGYA BISIMWA Dieudonné qui a sacrifié un grand temps à notre égard et qui nous a orienté durant la période de rédaction de ce travail. « Merci énormément »

Ma plus grande reconnaissance à notre famille FATAKI qui n'a jamais cessé de nous soutenir moralement et financièrement dans toutes les circonstances depuis le début de notre parcours universitaire jusqu'à présent. « Que Dieu vous bénisse »

A nos collègues et camarades de promotion qui d'une manière ou d'une autre nous ont été d'une très grande aide comme une famille.

A tous nos amis chacun par son nom, pour leurs assistances morale et financière et à toutes les personnes qui ne cessent de prier pour les étudiants.

Kambale Wambereki

SIGLES ET ABREVIATIONS

A : Ampère

DC : courant continue

AC : Courant alternatif

V : Volt

Hz : Hertz

J : joule

m: mètre

m/s: mètre par seconde

N : Newton

PVC : Polychlorure de vinyle

RX :

TX :

ULPGL : Université Libre des Pays des Grands Lacs

W : watt

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : (a) bras robot, (b) lavage automatique des voitures, (c) portail automatique, (d) barrière automatique, [6]	7
Figure I.2 : (a) moteur [32], (b) électroaimant [33]	8
Figure I.3 : pupitre de contrôle-commande [8]	9
Figure I.4 : la motorisation à bras [34]	10
Figure I.5 : la motorisation à vérins [35]	11
Figure I.6 : la motorisation à roues [36]	11
Figure I.7 : (a) portail à motorisation enterrée [37], (b) point d'enterrement du moteur [38]	12
Figure I.8 : portail coulissant sur rail [39]	13
Figure I.9 : portail coulissant télescopique [40]	13
Figure I.10 : portail coulissant en accordéon [41]	14
Figure I.11 : portail coulissant autoportant [42]	14
Figure II.1 système du portail automatique	17
Figure II.2: carte arduino nano [23]	19
Figure II.3 : les parties de la carte Arduino nano [52]	19
Figure II.4: (a) relais [25], (b) contacteur [24] et (c) moteur [53]	20
Figure II.5 : (a) capteur fin de course [55], (b) cellules photo-électrique [47]	21
Figure II.6 : (a) récepteur 433MHZ , (b) transmetteur 433MHz [43]	22
Figure II.7 : (a) boutons de commande [48] (b) feu clignotant [50]	22
Figure II.8: pignon crémaillère [54]	23
Figure II.9 : les éléments essentiels d'un portail automatique coulissant [29]	27
Figure II.10 : (a) crémaillère [46], (b) plaque de guidage [30]	28
Figure II.11 : (a) butée mécanique [49],	28
Figure II.12 : positionnement de la crémaillère sur la roue dentée [26]	29
Figure II.13 : alignement du moteur par rapport au portail [26]	29
Figure II.14 : profil de contact roue-crémaillère [26]	30
Figure II.15 : fixation des capteurs de fin de course [29]	30
Figure II.16 : Fixation des cellules photoélectriques [29]	31
Tableau II.1 : comble des connexions	31
Figure II.17 : Schéma de câblage [51]	32
Figure II.18 : entrer campus MOISE (a) vue de l'intérieur, (b) vue de l'extérieur	33
Tableau III.1 : les symboles organigramme de programmation	34
Figure III.1 : organigramme du portail automatique	36
Figure III.2 : les étapes du grafcet [27]	37
Figure III.3: grafcet du portail automatique coulissant	38
Figure III.4 : interface arduino [44]	39
Figure III.5 : structure du programme arduino [45]	40
Figure III.6: circuit de commande	41
Figure III.7: circuit de puissance	42
Figure III.8: (a) circuit de commande en mode ouverture	43
Figure III.8: (b) circuit de puissance en mode ouverture automatique	44
Figure III.9: (a) circuit de commande en mode fermeture automatique, (b) circuit de puissance en mode fermeture automatique	45
Figure III.10 : (a) circuit de commande	46
Figure III.10 : (b) circuit de puissance	47
Figure III.11 : (a) PCB botton, (b) PCB top et (c) top resist	47
Figure III.12 : (a) typon et (b) boitier	48

SOMMAIRES

<u>EPHIGRAPHE</u>	<u>I</u>
<u>DEDICACE</u>	<u>II</u>
<u>REMERCIEMENTS</u>	<u>III</u>
<u>SIGLES ET ABREVIATIONS</u>	<u>IV</u>
<u>LISTE DES FIGURES</u>	<u>V</u>
<u>SOMMAIRES</u>	<u>VI</u>
<u>RESUME</u>	<u>VIII</u>
<u>ABSTRACT</u>	<u>IX</u>
<u>INTRODUCTION GENERALE</u>	<u>1</u>
1. INFORMATIONS GENERALES	1
2. PROBLEMATIQUE	1
3. HYPOTHESES	2
4. OBJECTIFS DU SUJET	2
5. CHOIX ET INTERETS DU SUJET	3
6. METHODES ET TECHNIQUES UTILISES	3
7. SUBDIVISION DU TRAVAIL	3
<u>CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE</u>	<u>5</u>
I.1. INTRODUCTION	5
I.2. NOTIONS SUR L’AUTOMATIQUE	5
I.2.1. CLASSIFICATION	5
I.3. LES SYSTEMES AUTOMATISES [6]	7
I.3.1. LA PARTIE COMMANDE	7
I.3.2. LA PARTIE OPERATIVE	8
I.3.3. ACTIONNEUR	8
I.3.4. CAPTEURS	8
I.4. LES SYSTEMES DE CONTROLE-COMMANDE	8
I.5. GENERALITES SUR LES PORTAILS	9
I.5.1. LE PORTAIL AUTOMATIQUE A BATTANTS	9
I.5.2. LE PORTAIL AUTOMATIQUE COULISSANT	12
I.6. CONCLUSION PARTIELLE	16
<u>CHAPITRE II : CONCEPTION DU SYSTEME</u>	<u>17</u>
II.1. INTRODUCTION	17
II.2. SYSTEME DU PORTAIL AUTOMATIQUE COULISSANT	17
II.2.1. PARTIE COMMANDE	18
II.2.2. PARTIE OPERATIVE	20
II.2.3. OPERATEUR ET INTERFACES D’ENTREES ET DE SORTIES	21
II.3. DIMENSIONNEMENT ET INSTALLATION DU SYSTEME	22
II.3.1. SYSTEME MOTEUR ELECTRIQUE AVEC ENGRENAGES	22
II.3.2. LES ENGRAINAGES	23
II.3.3. CHOIX DE LA MOTORISATION	24
II.3.4. PARTIE MECANIQUE	27
II.3.5. INSTALLATION ET BRANCHEMENTS [26]	28
II.3.6. L’ALIMENTATION ELECTRIQUE DU PORTAIL COULISSANT	31
II.3.7. COMMANDE DU PORTAIL	32
II.4. CONCLUSION PARTIELLE	33
<u>CHAPITRE III : SIMULATION DU SYSTEME DE COMMANDE</u>	<u>34</u>
III.1. INTRODUCTION	34

III.2. ORGANIGRAMME DU PORTAIL AUTOMATIQUE	34
III.2.1. SYMBOLES ORGANIGRAMME DE PROGRAMMATION	34
III.2.2. SENS CONVENTIONNEL DES LIAISONS	35
III.2.3. L'ORGANIGRAMME DU PORTAIL AUTOMATIQUE AVEC UNE TELECOMMANDE OU BOUTON POUSSOIR ET DETECTEUR D'OBSTACLE	35
III.3. GRAFCET DU PORTAIL AUTOMATIQUE COULISSANT.....	37
III.4 SIMULATION DU SYSTEME DE COMMANDE AUTOMATIQUE DU PORTAIL.....	38
III.4.1. PARTIE PROGRAMMATION	39
III.4.2. SIMULATION PROTEUS ISIS ET CADE SIMU	40
III.5. PCB, TYPON ET BOITIER DU CIRCUIT ELECTRONIQUE	47
III.6. CONCLUSION PARTIELLE	48
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	<u>49</u>
<u>BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES</u>	<u>50</u>

RESUME

Ce travail présente la conception et réalisation d'un système automatique de commande d'ouverture et de fermeture d'un portail dans le cas de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs /Goma, visant à améliorer la sécurité et la commodité des étudiants, du personnel et des visiteurs. Le projet se concentre principalement sur le mécanisme d'ouverture et de fermeture automatique du portail, contrôlé par une télécommande ou des boutons poussoirs fixes. Il est important de noter que le projet n'inclut pas de fonction de contrôle d'accès.

L'objectif principal de ce travail est de concevoir un système fiable et efficace qui permettra aux utilisateurs d'ouvrir et de fermer le portail de manière pratique, tout en garantissant la sécurité de l'ensemble du campus. Pour atteindre cet objectif, nous avons abordés les aspects suivants :

- * Cadre théorique : quelques notions théoriques sur les systèmes automatiques suivie d'une étude des différents types de portails selon le mode d'ouverture et le mode de commande qui nous a amené à faire un choix du système convenable pour l'ULPGL/Goma.
- * La conception et le dimensionnement : La conception et le dimensionnement du mécanisme du portail automatique, y compris le choix des moteurs, des capteurs et des composants électriques et électroniques, est décrit en détail. Les critères de sélection des composants sont basés sur leur efficacité, leur durabilité et leur coût.
- * Mise en œuvre et simulation : le travail décrit également les étapes de la mise en œuvre du système, y compris les câblages électriques, la programmation des microcontrôleurs et les tests de fonctionnement. Des tests de fiabilité et de sécurité ont également été effectués pour garantir le bon fonctionnement du portail et cela à travers les logiciels de simulation.
- * Conclusion et recommandations : ce travail se conclut en résumant les résultats obtenus par simulations et en proposant des recommandations ou suggestion pour d'éventuelles améliorations ou extensions du système.

La conception et la réalisation de ce portail automatique contribuent à renforcer la sécurité et la commodité à l'entrée de l'université, tout en démontrant l'application réussie de la technologie dans un environnement éducatif. Le projet peut servir de modèle pour d'autres établissements souhaitant mettre en place des systèmes similaires.

ABSTRACT

This work presents the design and implementation of an automatic gate control system at the Free University of the Great Lakes Countries /Goma, aimed at improving the safety and convenience of students, staff, and visitors. The project primarily focuses on the automatic gate opening and closing mechanism, controlled by a remote control or fixed push buttons. It is important to note that the project does not include access control functionality.

The main objective of this work is to design a reliable and efficient system that will allow users to open and close the gate conveniently while ensuring the security of the entire campus. To achieve this goal, we addressed the following aspects:

- * **Theoretical framework:** Some theoretical concepts about automatic systems are discussed, followed by a study of different types of gates based on their opening and control modes, which led us to choose a suitable system for ULPGL/Goma.
- * **Design and sizing:** The design and sizing of the automatic gate mechanism, including the selection of motors, sensors, and electrical and electronic components, are described in detail. Component selection criteria are based on their efficiency, durability, and cost.
- * **Implementation and simulation:** The work also describes the steps of system implementation, including electrical wiring, microcontroller programming, and functional testing. Reliability and safety tests were also conducted to ensure the proper operation of the gate, including through simulation software.
- * **Conclusion and recommendations:** This work concludes by summarizing the results obtained through simulations and proposing recommendations or suggestions for potential improvements or system extensions.

The design and implementation of this automatic gate contribute to enhancing security and convenience at the university entrance while demonstrating the successful application of technology in an educational environment. The project can serve as a model for other institutions wishing to implement similar systems.

INTRODUCTION GENERALE

1. Informations générales

L'utilisation toujours croissante de l'automatisation a influencé en profondeur la vie quotidienne et l'évolution générale de la société. Tout au long de l'histoire industrielle, cette automatisation a en effet permis une augmentation constante de la productivité du travail, ce qui a permis de réduire considérablement le temps de travail nécessaire à la production. Ce faisant, la pénibilité des tâches d'exécution s'est-elle également, considérablement réduite. [1]

L'élévation du niveau de vie de la grande majorité des travailleurs dans des pays industrialisés, qui s'est avant tout traduite par la croissance du pouvoir d'achat, est d'abord due à une meilleure productivité du travail. Ce progrès technique est avant tout le résultat des avancées scientifiques qui ont permis l'automatisation. [1]

Cependant l'automatisation n'est plus utilisée qu'en industrialisation mais prend de plus en plus une place majeure dans la vie quotidienne pour le confort et le bien-être de l'homme en lui simplifiant plusieurs tâches (machine à laver, moulin, porte automatique). [2]

L'électricité étant la base de tout système électrique qu'informatique, il joue ainsi un grand rôle dans l'alimentation et la commande de tout système automatique et contribue ainsi au confort de l'homme. [3]

2. Problématique

Aujourd'hui l'automatisation a pris une place prépondérante dans le contrôle de trafic de manière générale et de manière particulière, dans la gestion des accès à des lieux à forte fréquentation étant donné que dans ces lieux, l'utilisation des systèmes manuels posent d'énormes problèmes qui ralentissent les activités. C'est pourquoi, dans les pays développés, l'automatisation des portails a pris une place de choix dans la gestion des entrées-sorties dans les lieux à forte fréquentation et même dans les habitations.

Certains pays ont emboité le pas mais en République Démocratique du Congo (RDC) en général et dans la ville de Goma en particulier, cette technologie est encore quasi inexistante que ça soit dans les espaces publics (banques, supermarchés, universités, hôtels, et beaucoup d'autres espaces très fréquentés) ou privés (domiciles) et pourtant d'une grande utilité pour l'amélioration du confort et de la sécurité des usagers. Il s'avère qu'avec les portails automatisés, on réduit l'effort des gardiens tout en améliorant leur rendement. Ils permettent en plus, de réduire les incidents liés à l'utilisation des portails manuels.

Malheureusement les espaces très fréquentés comme les universités utilisent encore les portails manuels. L'université Libre des Pays de Grand lacs n'est pas épargné et pourtant avec plus de 5000 usagers par jours, les entrées sorties sont de plus en plus nombreuses et l'utilisation des portails manuels devient de plus en plus inappropriée. Les d'entrées et sorties des automobiles sont marqué par des longues attentes étant donné les imperfections humaines qui diminuent ses performances et qui ne lui permettent pas de travailler de la même manière sous diverses conditions de la nature (la tempête, la pluie, le soleil, la fatigue, ...). Le gardien a du mal à gérer ces trafics avec un portail manuel. [Observations au sein de L'ULPGL/Goma]

Les phénomènes de la nature étant ingérables notamment la santé, l'atmosphère, ..., posent toujours un problème majeur aux performances des personnes travaillant « dans notre cas » comme portiers.

Le progrès dans la technologie étant l'une des visions des institutions valorisant les nouvelles technologies comme l'ULPGL, un système de portail automatique aux entrées de ses campus devient indispensable et d'un grand intérêt. C'est la raison pour laquelle, ce travail se consacre à la réalisation d'un système de commande d'un portail dans le cas de l'ULPG.

De ces faits, pour arriver à nos fins, les questions suivantes seront le guide de notre travail :

- Que serait le type des portails automatiques qui convient le mieux pour L'ULPGL/GOMA ?
- Quel type de commande conviendrait pour l'entrée d'un espace très fréquenté comme L'ULPGL/GOMA ?

3. Hypothèses

En considération de ce qui précède nous soulevons les hypothèses suivantes :

- Le portail automatique coulissant sur rail serait le mieux adapté pour les deux campus de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs.
- La commande par des boutons poussoirs fixes serait la mieux adaptée pour les espaces publics comme les deux campus de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs.

4. Objectifs du sujet

L'objectif général de notre travail est de concevoir et réaliser un système de commande d'un portail automatique au sein de l'ULPGL/Goma, simple d'utilisation.

5. Choix et Intérêts du sujet

L'initiation à l'utilisation des portails automatiques dans la ville de Goma en générale et au sein de L'université Libre des Pays de Grands Lacs /Goma en particulier en raison de sa grande importance nous a poussé à choisir ce sujet.

Ce pendant notre sujet présente des intérêts dont :

- Se familiariser avec les notions de l'automatisme, l'électronique et l'électricité ainsi que l'informatique ;
- Se familiariser avec l'interface et les différentes parties du microcontrôleur Arduino.
- Servir de référence pour ceux qui porteront un intérêt sur le sujet similaire.

6. Méthodes et techniques utilisés

La méthode étant un ensemble ordonné de manière logique des principes, des règles, étapes qui constituent un moyen pour parvenir à un résultat ; nous avons fait recours aux méthodes et techniques suivantes pour arriver à nos fins :

- ❖ **La méthode analytique** : nous a permis de décomposer notre système en plusieurs éléments en vue d'une bonne analyse et de faire le choix des composants en fonction de leurs caractéristiques.
- ❖ **La méthode comparative** : en fin d'apprécier et faire un choix convenable des différentes solutions qui ont été à notre disposition, nous avons fait recours sur d'autres travaux pour avoir un aperçu sur d'autres types de systèmes.
- ❖ **La technique documentaire** : pour avoir un meilleur aperçu à notre sujet nous avons consulté des ouvrages appropriés, des revues, de articles ainsi que des documents sur internet traitant les sujets similaires à notre travail
- ❖ **La technique expérimentale** : nous a permis, de simuler le fonctionnement de notre système à l'aide des logiciels PROTEUS (ISIS) et ARDUINO ainsi que de réaliser une maquette nous servant de prototype.

7. Subdivision du travail

En plus de l'introduction générale et la conclusion générale, notre travail est porté par trois chapitres, dont :

- **Chapitre 1** : cadre théorique. Dans ce chapitre nous avons également parlé des différents types des portails automatiques et leurs commandes en soulignant leurs avantages ainsi que leurs inconvénients.
- **Chapitre 2** : conception en lieu et place de réalisation. Ce chapitre est consacré à la conception et dimensionnement des éléments du système pour un cas réel représentant les portails d'entrée aux campus de L'ULPGL/Goma.
- **Chapitre 3** : simulation. Dans ce chapitre nous avons réalisé un schéma électronique du système de commande de notre portail que nous avons simulé grâce au logiciel PROTEUS (ISIS).

CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE

1.1. Introduction

Le choix d'un portail automatique doit se faire en tenant compte des plusieurs paramètres comme l'espace disponible, le taux de fréquentation, la situation géographique de l'espace..., et donc dans ce chapitre nous allons donner un aperçu théorique, notamment : les différents types de portails, les différentes modes de motorisation ainsi que la commande enfin de faire un choix adapté à notre cas de recherche. Nous allons également aborder quelques notions sur l'automatique ainsi que sur quelques systèmes automatiques commandés.

1.2. Notions sur l'Automatique

L'automatique est généralement définie comme la science qui traite des ensembles qui se suffisent à eux-mêmes et où l'intervention humaine est limitée à l'alimentation en énergie et en matière première. [4]

L'objectif de l'automatique est de remplacer l'homme dans la plupart des tâches (tâches répétitives, pénibles ; dangereuses, trop précises, trop rapides) qu'il réalise dans tous les domaines sans intervention humaine. [4]

Les systèmes automatiques permettent donc : [4]

- * De réaliser des opérations trop complexes ou délicates ne pouvant être confiés à l'homme ;
- * De se substituer à l'opérateur pour des tâches répétitives ;
- * D'accroître la précision ;
- * D'améliorer la stabilité d'un système et sa rapidité.

1.2.1. Classification

Le domaine des applications de l'automatique est très vaste et varié, mais l'observation de l'industrie contemporaine conduit à une certaine classification qui se résume en deux grandes familles selon les données que traitent ces systèmes : [4]

- * Les automatismes séquentiels
- * Les asservissements

Ces deux parties de l'automatique sont nettement différentes, et s'appuient sur des notions théoriques qui n'ont que de lointains rapports entre elles et avec des techniques qui permettent de réalisation différentes.

a. Les automatismes séquentiels

C'est la branche de l'automatique qui organise le déroulement des différentes opérations relatives au fonctionnement d'un ensemble complexe. Un automatisme à séquence impose l'ordre dans lequel les opérations se déroulent, s'assure que chaque opération est bien terminée avant d'aborder la suivante, décide de la marche à suivre en cas d'incidents. [5]

Ce type d'automatisme est utilisé par exemple dans la mise en route et l'arrêt d'installations complexes (centrales automatiques), sur les machines-outils et, en général dans presque toutes unités de production automatisées, dans les systèmes d'automatisation des portails automatique (comme dans notre cas). [5]

Les automatismes sont des systèmes logiques qui ne traitent que des données logiques (0/1, vrai/faux, marche/arrêt...). Ils utilisent les moyens de commutation offerts par l'électronique (circuit logique) et la mécanique (logique pneumatique). [5]

Le calcul de ces automatismes impose de connaître l'algèbre de Boole et la théorie des circuits séquentiels.

Ils sont classés en 2 branches : [5]

- * **Systèmes combinatoires** : les sorties du système ne dépendent que des variables d'entrées.
- * **Systèmes séquentiels** : les sorties dépendent de l'évolution des entrées mais aussi de l'état précédent des sorties

b. Les asservissements

Un système asservi est un système qui prend en compte, durant son fonctionnement, l'évolution de ses sorties pour les modifier et les maintenir conforme à une consigne.

Cette branche de l'automatique se décompose en deux autres sous branches (séparées artificiellement par l'usage) : [5]

- * **Régulation** : maintenir une variable déterminée, constante et égale à une valeur, dite de consigne, sans intervention humaine. Exemple : Régulation de température d'une pièce.
- * **Systèmes asservis** : faire varier une grandeur déterminée suivant une loi imposée par un élément de comparaison. Exemple : Régulation de la vitesse d'un moteur, Suivi de trajectoire d'un missile.

L'asservissement est essentiellement analogique et utilise la partie analogique des trois moyens de base dont on dispose : mécanique, électrotechnique et électronique. La théorie des asservissements nécessite une bonne base mathématique classique.

1.3. Les systèmes automatisés [6]

La figure I.1 montre quelques systèmes automatisés dont : en (a) l'image d'un bras robot, en (b) l'image d'un lavage automatique des voitures et en (c) un portail automatique et en (d) une barrière automatique



Figure I.1 : (a) bras robot, (b) lavage automatique des voitures, (c) portail automatique, (d) barrière automatique, [6]

Un système est dit automatisé s'il exécute toujours le même cycle de travail après avoir reçu les consignes d'un opérateur. Simples ou complexes, les systèmes automatisés sont partout dans notre environnement quotidien. Connaître leur fonctionnement permet aussi de mieux comprendre notre environnement. [6]

Un système automatisé est composé : [6]

- D'une partie commande
- Et d'une partie opérative

1.3.1. La partie commande

La partie commande reçoit les consignes de l'opérateur, et adresse des ordres à la partie opérative. [6]

Exemple : La télécommande d'un portail donne l'ordre au portail de s'ouvrir et de se fermer

I.3.2. La partie opérative

La partie opérative effectue les opérations

Exemple La barrière de parking se lève et se baisse [6]

I.3.3. Actionneur

Pour exécuter les ordres de la partie commande, la partie opérative est équipée d'actionneurs. Les actionneurs sont le plus souvent des composants électroniques capables de produire un phénomène physique (déplacement, dégagement de chaleur, émission de lumière...) à partir de l'énergie qu'ils reçoivent. [6]

On peut citer : un moteur, un électroaimant, représentés à la figure I.2 dont (a) montre un moteur et (b) montre un électroaimant.



Figure I.2 : (a) moteur [32], (b) électroaimant [33]

I.3.4. Capteurs

La partie opérative est également équipée des capteurs. Un capteur est un élément capable de détecter (avec ou sans contact) un phénomène physique dans son environnement (présence ou déplacement d'un objet, chaleur, lumière) et de rendre compte de ce phénomène à la partie commande. [7]

I.4. Les systèmes de contrôle-commande

Les systèmes de contrôle-commande sont quasi indispensables sur toute ligne de production automatisée moderne. Il est presque impensable de gérer des installations industrielles qui couvrent des hectares et des hectares de superficie sans systèmes de supervision et de commande à distance.

Pour prendre le contrôle ou pour surveiller une installation industrielle, on utilise des interfaces homme-machine ou encore IHM. Une interface homme-machine, dans le cas plus basique peut

être quelques boutons poussoirs et voyants installés sur le pupitre de l'armoire de commande d'une machine. Cela permet ainsi de la superviser et de la contrôler. [8]

La figure I.3 représente un pupitre de contrôle-commande



Figure I.3 : pupitre de contrôle-commande [8]

Les systèmes de contrôle-commande à base de boutons poussoirs, voyants et panels tactiles sont peu chers mais ils permettent seulement le contrôle de la machine ou de l'installation en locale.

1.5. Généralités sur les portails

Le portail automatique est pour certains un gadget mais pour d'autres une installation bien utile. Le portail automatique marche à l'aide du système domotique introduit dans un appareil lui permettant de fonctionner à distance.

Il existe deux types de portails automatique [9]

- ❖ Le portail automatique à battant ;
- ❖ Et le portail automatique coulissant.

1.5.1. Le portail automatique à battants

Le portail battant se compose de deux battants, aussi appelés vantaux (parfois un seul mais c'est très rare) qui s'ouvrent d'un côté ou de l'autre. L'ouverture la plus courante est vers l'intérieur, afin de ne pas empiéter sur la voie publique. C'est le portail le plus classique qui existe. La largeur standard d'un tel portail est d'environ 3 mètres, mais il existe des largeurs pouvant aller jusqu'à 7,5 mètres pour deux vantaux. Soit 3,5 mètres par vantail.

Il est possible de poser le portail battant entre les piliers, dans ce cas l'ouverture sera d'environ 100°, ou bien en applique intérieure, dans ce cas l'ouverture sera plus importante, jusqu'à 180°, ce qui peut s'avérer utile dans certains cas. [10]

a. Les différents types de portail à battant

Les portails à battants sont classés selon les différents modes de motorisation dont :

a.1. La motorisation à bras

Un bras mécanique est fixé sur chaque vantail pour permettre l'ouverture du portail ; Le bras peut être hydraulique ou électromécanique. Ce système est préconisé pour un portail déjà existant, et nécessite 220 volts. [11]

L'automatisme à bras, très répandu, est adaptable sur un portail déjà présent (système hydraulique ou électromécanique). Il a l'avantage d'être relativement simple à installer avec un bon rapport qualité. Toutefois, il faut prévoir la place nécessaire quand il est ouvert. [11]

La figure I.4 représente l'image d'un portail battant en motorisation à bras



Figure I.4 : la motorisation à bras [34]

a.2. La motorisation à vérins

Fonctionnant grâce à un piston interne; il y a le vérin pneumatique fonctionnant avec de l'air comprimé, le vérin hydraulique fonctionnant avec de l'huile sous pression, et le vérin électrique. Ce type d'automatisme est conseillé pour les portails lourds ou de grande dimension et est compatible à l'aluminium, le PVC ou le bois. [11]

La figure I.5 représente l'image d'un portail battant en motorisation à vérins.



Figure 1.5 : la motorisation à vérins [35]

a.3. La motorisation à roues

Les roues sont fixées au bas de chaque vantail. Elle est idéale pour un terrain en pente ou déformée.

C'est l'option la moins chère et facile à installer car elle est compatible à tous les types de matériaux et que 12 à 24 volts suffisent pour l'alimenter. [11]

La figure I.6 montre l'image d'un portail battant en motorisation à roue.



Figure 1.6 : la motorisation à roues [36]

a.4. La motorisation enterrée

C'est la plus chère mais la plus durable car les pieds de chaque vantail sont plantés dans le mur et est invisible. Ce système est compatible à tous les types de matériaux. [11]

A noter qu'il existe également la motorisation intégrée au portail qui est la plus aisée car elle est déjà intégrée à l'achat de celui-ci. Selon ces larges gammes d'automatisme, le choix se fera en fonction des matériaux utilisés, des exigences et du budget de l'utilisateur. [11]

La figure I.7 montre en (a) l'image d'un portail battant en motorisation enterrée et en (b) l'image du point d'enterrement du moteur

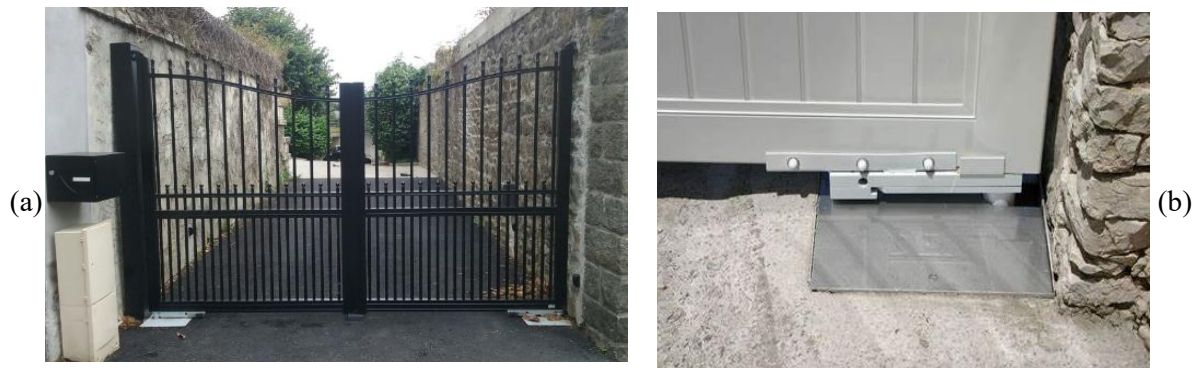


Figure I.7 : (a) portail à motorisation enterrée [37], (b) point d'enterrement du moteur [38]

b. Les avantages et désavantages des portails à battant

b.1. Les avantages du portail à battants

- Une ouverture allant jusqu'à **180°** (pour un accès tournant) ;
- un prix abordable (moins cher que sa variante coulissante) ;
- Une possibilité d'optimisation (motorisation) ;
- Une facilité d'installation (requiert peu de temps).
- Les portails battants sont disponibles dans de nombreux matériaux comme le PVC, le bois l'acier, ou encore l'aluminium. [12]

b.2. Les inconvénients du portail à battants

Un portail à ouverture battante est généralement équipé de vantaux qui s'ouvrent vers l'intérieur (pour ne pas empiéter sur le domaine public). Cette configuration s'avère inadaptée pour une entrée en pente. En outre, son installation nécessite d'avantage d'espace de dégagement par rapport au portail coulissant. [12]

I.5.2. Le portail automatique coulissant

Dans le cas d'un portail coulissant, lorsque le mécanisme du vantail sera enclenché (par une télécommande ou un capteur de présence), le moteur va se mettre en marche et entraîner le déplacement latéral du vantail, qui suivra les rails ou la crémaillère du portail [13].

Le portail automatique coulissant se compose d'un seul vantail et s'ouvre latéralement (généralement vers la gauche, exceptionnellement vers la droite). Il peut s'avérer utile en cas de manque de place. Le portail automatique coulissant se compose d'un seul vantail et s'ouvre latéralement (généralement vers la gauche, exceptionnellement vers la droite) [14].

a. Les différents types de portails automatiques coulissants

a.1. Le portail coulissant sur rail

C'est le portail coulissant « classique ». Il coulisse sur un rail et nécessite une importante zone de refoulement. L'installation de ce type de portail nécessite la réalisation d'une longrine en béton assez imposante (environ 8 mètres), ainsi qu'un socle pour supporter le moteur, dans le cas d'un système motorisé. [15]

La figure I.8 montre l'image d'une roue sur rail pour portail automatique coulissant sur rail.

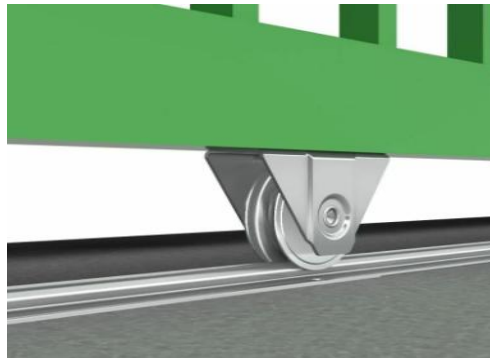


Figure I.8 : portail coulissant sur rail [39]

a.2. Le portail coulissant télescopique

Dans cette configuration, les vantaux se superposent lors de l'ouverture, ce qui offre un refoulement moindre et permet d'optimiser la surface de la zone de manœuvre. Le système coulissant télescopique s'avère idéal pour les petits espaces. En revanche, la mécanique plus spécifique de ce système entraîne souvent un surcoût à l'achat. [15]

La figure I.9 montre l'image du portail automatique coulissant télescopique



Figure I.9 : portail coulissant télescopique [40]

a.3. Les portails coulissant en accordéon

Ces portails sont constitués de plusieurs panneaux articulés. C'est la meilleure solution lorsque l'espace est très restreint. L'installation de ce type de portail est assez technique et nécessite forcément l'intervention d'un professionnel. De plus, le coût d'achat d'un modèle en accordéon est plus important. [15]

La figure I.10 montre l'image du portail automatique coulissant en accordéon



Figure I.10 : portail coulissant en accordéon [41]

a.4. Le portail coulissant autoportant

Ce modèle de portail coulissant fonctionne grâce à un système placé au-dessus du sol. Grâce à ce système, l'installation d'un rail au sol est supprimée, ainsi que tous les inconvénients qui vont avec. Le portail autoportant est probablement la meilleure solution de portail coulissant, et ce, grâce à un patin haut et un rail de guidage qui permettent d'optimiser l'ouverture du vantail. Le système de guidage est à la fois discret et très performant. De plus, la maçonnerie à réaliser pour l'installation d'un tel modèle est bien moindre que pour les autres modèles. Enfin, le portail coulissant autoportant s'installe également sur les terrains difficiles en pente. [15]

La figure I.11 montre l'image du portail automatique coulissant autoportant



Figure I.11 : portail coulissant autoportant [42]

b. Les avantages d'un portail coulissant

Le portail coulissant comporte de nombreux avantages : [16]

- Le portail coulissant permet de conserver toute la largeur lumière (la largeur entre deux piliers) ;
- Le portail coulissant s'ouvre rapidement, en effet les portails coulissants motorisés s'ouvrent plus rapidement que les portails à battants ;
- Il peut se faire dans de grandes dimensions (jusqu'à 7m) tout en conservant son aspect esthétique ;
- Il y a peu de contraintes techniques sur un portail coulissant, celui-ci coulisse sur un rail en inox, vous pouvez facilement le pousser à la main si celui-ci est débrayé (désactivation de la liaison crémaillère - moteur) ;
- Le portail coulissant est sécurisant, grâce à ses photocellules, il y a très peu de risque d'accidents ;
- Le portail coulissant peut-être facilement « motorisable » avec un moteur au sol ou un moteur intégré dans le pilier de guidage ;
- Il nécessite très peu d'entretien (pas de gonds à graisser).

c. Les inconvénients d'un portail coulissant

Pour réaliser une pose de portail coulissant, une maçonnerie est à prévoir, ce qu'on appelle couramment une longrine en béton. Cette longrine sert de support au rail inox qui est fixé dessus. La largeur de cette longrine est égale à la largeur du portail coulissant multipliée par deux (en effet il faut prévoir le refoulement du portail coulissant lorsque celui-ci est ouvert).

[16]

L'Université Libre des Pays des Grands Lacs est un espace très fréquenté, et donc requiert un portail plus grand et qui s'ouvre rapidement pour éviter des longues attentes ; mais aussi suite à la fréquence des manœuvres (ouvertures-fermetures) du portail, ce dernier doit subir une faible contrainte technique pour éviter la fatigue et aussi doit être facilement manualisé en cas de problème technique ou de coupure d'électricité.

Ce pendant se référant aux avantages et inconvénients de ces deux types des portails notamment battant et coulissant, nous avons choisis le portail automatique coulissant en raison de ses avantages qui répondent aux exigences majeures de notre cas l'ULPGL/Goma.

d. Le choix des matériaux pour un portail coulissant

Le choix du matériau pour un portail est de première importance car ce dernier est soumis à de fortes contraintes : fréquence d'utilisation et exposition maximale aux intempéries.

Les différents matériaux : [17]

- ❖ Portail en aluminium ;
- ❖ Portail en bois ;
- ❖ Portail en fer ;
- ❖ Portail en PVC.

1.6. Conclusion partielle

Dans ce chapitre nous avons eu une vision générale sur l'automatique et la commande, les deux notions qui constituent la base de fonctionnement de notre système ;

Nous avons également décortiqué les différents types des portails automatiques ainsi que leurs motorisation en soulignant leurs avantages et leurs inconvénients enfin de faire un choix judicieux du type de portail et de la motorisation, correspondants à notre cas (L'ULPGL/ Goma).

Ainsi grâce aux études effectuées nous avons choisis le système de portail automatique coulissant sur rail que nous allons réaliser dans le chapitre suivant.

CHAPITRE II : CONCEPTION DU SYSTEME

II.1. Introduction

Dans ce chapitre nous concevons un système de commande du portail et nous proposons le dimensionnement d'un cas réel, qui est le portail d'entrée du campus moïse.

Etant donné que nous avons choisis le portail coulissant sur rail, le portail repose sur le principe de transformation du mouvement soit d'un mouvement de rotation à un mouvement de translation ou inversement. Les composants principaux sont le moteur électrique et le système de transmission de mouvement (pignon crémaillère avec un réducteur à engrenage). Nous allons décrire le système et faire les calculs afin de choisir le moteur et le réducteur adaptés à notre portail.

II.2. Système du portail automatique coulissant

Le système de notre portail automatique c'est l'ensemble de tous les éléments nécessaires à l'automatisation de ce dernier. Ainsi, notre système est constitué de trois parties essentielles qui sont : la partie commande, la partie opérative et l'opérateur.

La figure II.1 montre le système du portail automatique

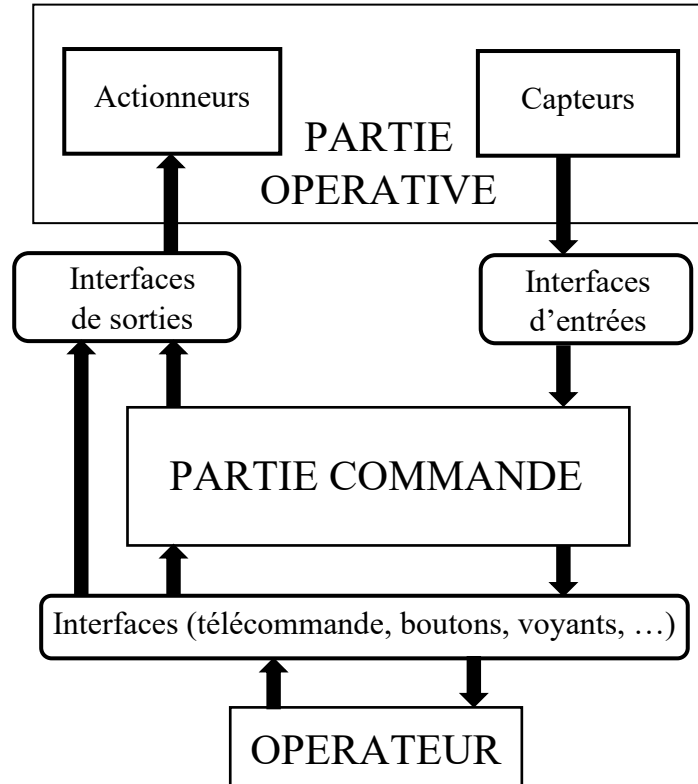


Figure II.1 système du portail automatique

II.2.1. Partie commande

La partie commande est le centre de décision de notre système. Elle dialogue avec la partie opérative au travers des interfaces d'entrées-sorties pour donner des ordres et recevoir des comptes rendus. [18] La commande de notre système est à base d'un circuit microcontrôleur programmable de la famille Arduino.

a. Arduino [19] [20]

Arduino est un projet créé par une équipe de développeurs, composée de six individus : Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis et Nicholas Zambetti. C'est un outil qui va permettre aux débutants, amateurs ou professionnels de créer des systèmes électroniques plus ou moins complexes. Le système Arduino, nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. [20]

b. Les outils Arduino

Arduino est composé de deux principaux outils, qui sont : le matériel et le logiciel.

b.1. Le matériel

Il s'agit d'une carte électronique basée autour d'un microcontrôleur Atmega du fabricant Atmel, dont le prix est relativement bas pour l'étendue possible des applications. [21]. « Arduino » n'est pas en soi un type de carte ou un microcontrôleur spécifique ; Arduino désigne plutôt toute une famille. Il y a plusieurs types des cartes Arduino [22] :

- Arduino UNO
- Arduino Nano
- Arduino Due
- Arduino Mega
- Arduino Leonardo...

Nous n'allons pas détailler chaque carte, mais nous allons parler en bref de la carte Arduino NANO que nous avons choisis en raisons de sa taille réduite mais avec la même puissance que UNO. Elle est aussi disponible à bas prix, facile à utiliser et possède un package ce qui facilite son adaptation sur le typon du circuit.

La figure II.2 montre la carte Arduino nano



Figure II.2: carte arduino nano [23]

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, La carte Arduino Nano est constituée de 14 broches d'entrées/sorties digitales, dont six sont utilisables en PWM, de 8 broches d'entrées analogiques, d'une connectique mini-USB à la place d'un port USB classique, d'un port ICSP et d'un bouton RESET. [22]

La figure II.3 montre les différentes parties d'une carte Arduino nano.

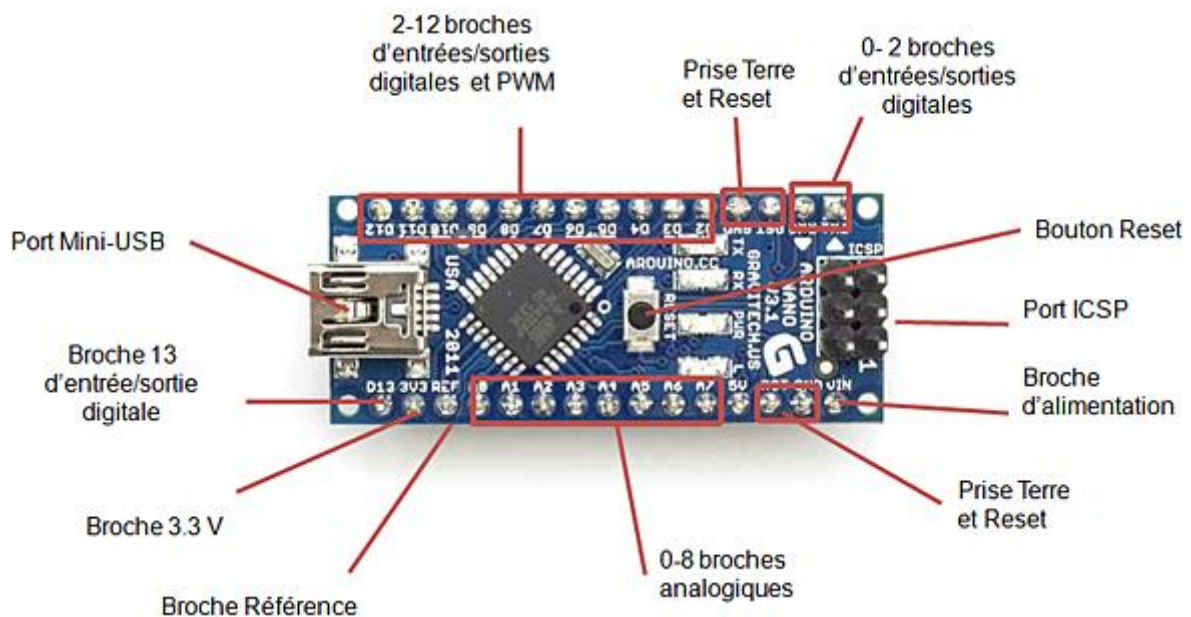


Figure II.3 : les parties de la carte Arduino nano [52]

Dans ce travail, nous avons choisi d'utiliser Arduino Nano À cause de sa disponibilité sur le marché local, son faible coup ainsi que son nombre de ports adapté pour la réalisation de notre système.

b.2. Le logiciel

Le logiciel Arduino va nous permettre de programmer notre carte Arduino Nano. Il nous offre une multitude de fonctionnalités. Il est gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir.

II.2.2. Partie opérative

La partie opérative est constituée des actionneurs et des capteurs (définis dans le premier chapitre)

a. les actionneurs

Les actionneurs de notre système sont : les relais, les contacteurs et le moteur. Cependant nous avons utilisé deux relais de 12V DC chacun commandé par la carte Arduino à travers un à transistor BC547 fonctionnant en mode commutation, l'ensemble transistor-relais forme une interface qui permet la commande chacun un contacteur de puissance de 220V AC qui commandent à leurs tour le moteur asynchrone triphasé en deux sens de rotation qui sont : la fermeture et l'ouverture du portail.

La figure II.4 montre en (a) l'image du relais, en (b) l'image du contacteur et en (c) l'image du moteur

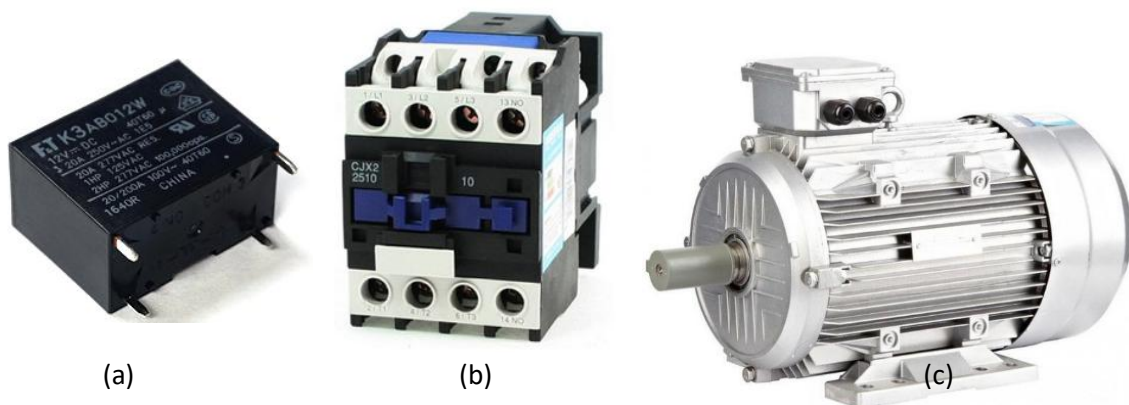


Figure II.4: (a) relais [25], (b) contacteur [24] et (c) moteur [53]

b. les capteurs

Les capteurs de notre système sont : les capteurs de fin de course et le capteur de présence

- ❖ **Capteurs de fin de course** : il en existe trois sortes [23] : capteur en croix, en came et de position. Nous avons choisi le capteur à came pour sa simplicité d'installation et son application plus adaptée pour l'arrêt d'un portail coulissant.

Quantité : 2. Deux capteurs de fin de course assurent l'arrêt du moteur lorsque le portail est en bout de course (en fermeture et en ouverture). Ils se fixent directement au sol.

L'image (a) de la figure II.5 représente le capteur de fin de course à came

- ❖ **Cellules photo-électriques** : Leur principe les rend aptes à détecter tous types d'objets. Ils sont aussi exploités pour la détection des personnes (ouvertures des portes, barrière

de sécurité). Il en existe quatre types : les cellules photo-électriques de type barrage, de type reflex, de type proximité et à fibre optique (pour des très petits objets de l'ordre du mm) [24].

Nous avons choisi les cellules photo-électriques de type barrage à cause de son principe très simple qui consiste à la coupure d'un ou plusieurs faisceaux faisant une liaison entre l'émetteur et le récepteur dans deux boîtiers différents ; ce qui n'est pas le cas pour le type reflex dont le point faible est qu'une vitre ou carrosserie de voiture peut être vu comme réflecteur et ne pas être détecté, et pour le cas de type proximité : la distance de détection est plus faible ce qui ne conviendrait pas pour notre système.

Quantité : 2. (1 émetteur TX et 1 récepteur RX) Branchement sur la carte électronique.

Les cellules photoélectriques (une fois connectées) forment un axe invisible qui permet de détecter les obstacles se trouvant dans la zone de manœuvre du portail. La détection de l'obstacle se fait lorsqu'un rayon est coupé, elles se fixent sur les poteaux du portail et sont alignées face à face mais.

L'image (b) de la figure II.5 représente les cellules photo-électrique du type barrage à plusieurs faisceaux



Figure II.5 : (a)capteur fin de course [55], (b)cellules photo-électrique [47]

II.2.3. Operateur et interfaces d'entrées et de sorties

L'opérateur ici c'est l'homme qui communique avec le système entier grâce aux interfaces suivant : les voyants, les boutons poussoir et la télécommande.

Télécommande : Quantité : 1. Pour plus d'efficacité nous avons choisis d'utiliser une télécommande radio pour commander l'automatisme à distance ; elle est constituée d'un récepteur 433MHz et un émetteur 433MHz.

L'émetteur fonctionne sur deux canaux, chaque canal ayant son identifiant unique. Une fois que cet ID est reçu par le récepteur 433MHz, ce dernier donne un signal à la sortie selon l'ID et ce signal est envoyé vers la carte Arduino.

La figure II.6 montre en (a) l'image d'un récepteur 433MHz et en (b) l'image d'une télécommande transmetteur 433MHz



Figure II.6 : (a) récepteur 433MHz , (b) transmetteur 433MHz [43]

- ❖ **Boutons de commande** : représenté par l'image (b) de la figure II.7

Quantité : 1. Boîte à boutons ouverture et fermeture avec stop de sécurité. Branchement sur la carte électronique.

- ❖ **Feu clignotant** : montré par l'image (b) de la figure II.7

Quantité : 1. Alimentation : 220V – Branchement sur le circuit de commande du moteur. Le feu clignotant permet de savoir si le portail est en mouvement.



Figure II.7 : (a) boutons de commande [48] (b) feu clignotant [50]

II.3. Dimensionnement et installation du système

Le système entier est composé de deux grandes parties dont : la partie commande qui est en grande partie électronique et la partie motrice constitué d'un moteur électrique et système de transmission de mouvement.

II.3.1. Système moteur électrique avec engrenages

Le rôle du moteur électrique est en principe de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique. Il se présente sous formes de source d'énergie mécanique en produisant un mouvement de rotation. Nous trouverons dans ces cas les moteurs à courant continu ou à courant alternatif. Etant donné les performances offertes par les moteurs synchrones ainsi que sa facilité d'utilisation sur le réseau de distribution de l'énergie électrique dans la ville de Goma, nous avons porté notre choix sur le moteur à courant alternatif. Son choix sera donc fonction

des critères suivants : la puissance , le couple, la vitesse de rotation, la tension et courant d'alimentation. [24]. Ce moteur transmet de la puissance au portail grâce au système roue crémière. Le système à engrenage est utilisé pour la réduction de la vitesse du moteur.

II.3.2. Les engrainages

Les engrenages servent à transmettre le mouvement et la puissance par obstacle entre deux arbres parallèles, concourants, orthogonaux ou quelconque et à réduire ou multiplier les vitesses de sortie. [25] . Pour notre système les engrenages vont permettre de réduire la vitesse de sortie et transmettre le mouvement de rotation à la crémaillère qui, fixé sur le portail effectue à son tour le mouvement de translation.

a. Système pignon-crémaillère

Le système pignon crémaillère est un système de transmission de mouvement qui transforme le mouvement de rotation en mouvement de translation ou l'inverse. Ce système comprend une roue dentée qu'on appelle « pignon » et une tige dentée qu'on appelle « crémaillère ». Lorsque le pignon tourne, ses dents s'engrènent dans les dents de la crémaillère et entraînent cette dernière dans un mouvement de translation.

La figure II.8 montre l'image d'un système pignon-crémaillère.

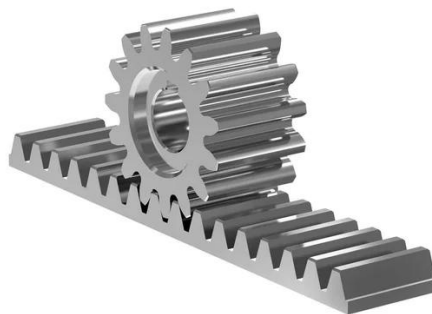


Figure II.8: pignon crémaillère [54]

b. Les avantages et les inconvénients de la transmission pignon crémaillère

Avantages : [25]

- ❖ Il n'y a aucun glissement lors de la transmission ;
- ❖ La force de ce système est relativement grande.

Inconvénients :

- ❖ Le système nécessite une lubrification importante ;

- ❖ Ce mécanisme nécessite un ajustement précis à cause des dents de la roue et de la crémaillère ;
- ❖ Il y a beaucoup d'usure.

II.3.3. Choix de la motorisation

Pour faire le choix du moteur nous avons calculé les différents paramètres du système (moteur avec réducteur de vitesse). Ainsi nous avons établi un texte constituant un problème dont certaines données sont estimées pour un bon fonctionnement du portail convenant à notre cas (ULPGL/GOMA Campus Salomon) et d'autres prélevées sur place de réalisation.

Problème :

L'arbre de rotation du moteur avec une puissance d'entrée P_a fait tourner le pignon de réducteur de $Z_p = 19$ dents couplé à une crémaillère. Le système est composé d'un portail de 150 kg qui doit être déplacé sur une distance $d = 6$ mètres, le rendement du réducteur est de 80%, le moteur est alimenté par un réseau électrique fréquence de 50Hz.

Le diamètre du pignon est $d_p = 86$ mm (rayon de 43mm). Le coefficient de frottement entre le rail et le portail est de 0.1. Le temps d'accélération du portail est de 10secondes, puis la vitesse reste constante à 0.3m/s. l'accélération de la pesanteur $g = 9.81$ m/s²

❖ Trouvons la vitesse de rotation du pignon

La vitesse de rotation du pignon sera en fonction de son diamètre et de la distance que doit parcourir le portail. C'est également la vitesse à la sortie du réducteur.

$$N_s = \frac{V}{\pi \times D} \quad (2.1)$$

Avec : - V : la vitesse de portail constante

- D : le diamètre du pignon

- N_s : la vitesse du réducteur rad/s

La vitesse du portail et le rayon du pignon sont donnés dans le problème dont $V = 0.3$ m/s et $D = 86$ mm

$$\text{AN : } N_s = \frac{0.3}{3.14 \times 0.086} \times 60$$

$$N_s = 66.6 \text{ tr/min}$$

❖ Trouvons la vitesse de rotation du moteur

La vitesse de rotation du moteur c'est la vitesse à l'entrée du réducteur ; elle correspond au quotient entre la vitesse de sortie et le rapport de réduction

$$Ne = \frac{Ns}{R} \quad (2.2)$$

Avec : - Ne : la vitesse du moteur

- R : le rapport de réduction

- Ns : la vitesse du réducteur rad/s

Le rapport de réduction est donné dans le problème dont $R = 0.125$ et la vitesse du réducteur a été calculé dans la formule (2.1) $Ns = 66.6 \text{ tr/min}$

$$\text{AN : } Ne = \frac{66.6}{0.125}$$

$Ne = 532.8 \text{ tr/min}$. Qui est vitesse du moteur en tours par minutes

❖ Calcul de l'énergie avec force de frottement

L'énergie avec force de frottement et déterminé par la formule suivante :

$$E = w \times (1 + f)$$

$$\text{Avec } w = m \times g \times d$$

$$\text{Et donc } E = m \times g \times d \times (1 + f) \quad (2.3)$$

Avec : - E : L'énergie avec la force de frottement

- w : L'énergie sans force de frottement

- f : Coefficient de frottement

- d : La distance de déplacement du portail

- g : la gravité

- m : la masse du portail

La distance de déplacement du portail et la masse du portail sont données dans le problème dont : $d = 6\text{m}$ et $m = 150\text{kg}$; la gravité est connue $g = 9.81\text{m/s}^2$ et ainsi que le coefficient de frottement $f = 0.1$.

$$\text{AN : } E = 150 \times 9.81 \times 6 \times (1 + 0.1)$$

$$E = 9712 \text{ J}$$

❖ Calcul de la puissance utile du moteur

La puissance utile du moteur correspond à l'énergie produite avec force de frottement pendant un temps ; elle est donnée par la formule suivante :

$$Pa = \frac{E}{T} \quad (2.4)$$

Avec : - Pa : La puissance utile du moteur

- E : L'énergie avec la force de frottement

- T : Le temps d'accélération du portail

L'énergie avec la force de frottement a été déterminé par la formule (2.3) $E = 9712 J$ et le temps d'accélération du portail est donnée dans le problème $T = 10$ secondes

$$AN : Pa = \frac{9712}{10}$$

$Pa = 971.2 W$; avec un rendement de 80% la puissance du réducteur Pu sera de 776.9 W

❖ Calcul du couple du moteur

On sait que $Pa = Ca \times \Omega_e$

$$\text{On tire } Ca = \frac{Pa}{\Omega_e} \quad (2.5)$$

Avec : - Pa : La puissance du moteur

- Ca : Le couple moteur

- Ω_e : la vitesse du moteur rad/s $\Omega_e = \frac{2 \times \pi \times 532.8}{60} = 55.76 \text{ rad/s}$

La puissance du moteur a été déterminée par la formule (2.4) $Pa = 971.2 W$

$$AN : Ca = \frac{971.2}{55.76}$$

$$Ca = 17.4 \text{ Nm.}$$

➤ Caractéristique du moteur

D'après les calculs nous avons établis les caractéristiques normalisées du moteur synchrone suivant :

- Puissance : 1.1KW

- Vitesse : 700 tr/min
- Tension : 380/400V
- Courant nominale à 400V : 3 A
- Couple nominale : 16 Nm
- Désignation du moteur : EG-100L2-8

II.3.4. Partie mécanique

La partie mécanique est constitué d'un mécanisme roue dentée-crémaillère permettant de transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation. Lorsque le portail est en mouvement, il est guidé dans le sens de la longueur par un rail métallique et sur les côtés par les guides supérieurs.

a. Les composants du système

La figure II.9 montre les composants essentiels d'un portail automatique coulissant.

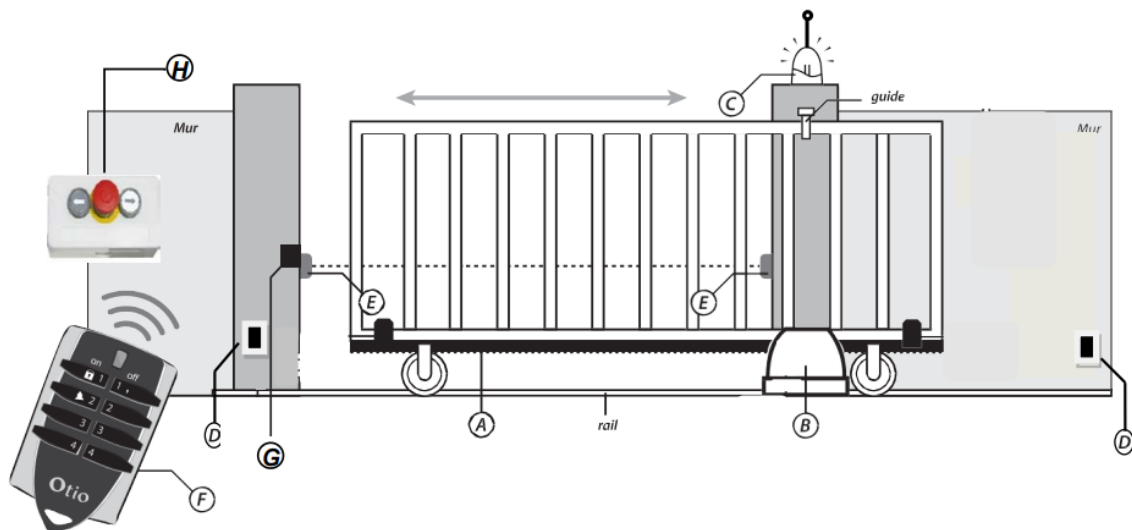


Figure II.9 : les éléments essentiels d'un portail automatique coulissant [29]

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| A – Crémaillère | E – Cellule photoélectrique (x2) |
| B – Moteur + carte électronique | F – Télécommande |
| C – Feu clignotant + Antenne | G – Butée mécanique |
| D – Fin de course (x2) | H – Boîte à boutons |

Certains composants sont déjà détaillés dans le haut de ce chapitre (point II.1)

- ❖ **Crémaillère** : représenté par l'image (a) de la figure II.10

Longueur : 0,5m ; Quantité :12. Les crémaillères s'emboîtent les unes dans les autres pour former une longueur totale de 6m. Elles se fixent en bas du portail et elles assurent la liaison entre le portail et la roue dentée du moteur.

❖ **Plaques de guidage** : représenté par l'image (b) de la figure II.10

Quantité : 2

Plaques de guidage pour portails coulissants avec 2 olives. Olive de guidage pour portail coulissant ou autre application. Ils se fixent directement sur les Piliers.

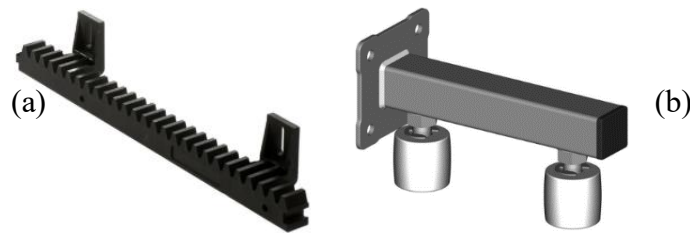


Figure II.10 : (a) crémaillère [46], (b) plaque de guidage [30]

❖ **Butée mécanique** : montrée par l'image (a) de la figure II.11

Quantité : 2. Assurent l'arrêt du portail manuellement lorsque le portail est en bout de course (en fermeture et en ouverture). Jeu de butées pour portails, Ils se fixent directement aux poteaux.



Figure II.11 : (a) butée mécanique [49].

II.3.5. Installation et branchements [26]

a. Fixation de la crémaillère

Les crémaillères fournies pour l'installation du moteur coulissant sont en matériau thermoplastique avec insert acier. Elles sont adaptées pour des portails d'un poids de 500 Kg environ. Les crémaillères se montent aisément sur le portail, par simple vissage, à l'aide de vis auto-foreuses. La première crémaillère positionner en respectant un espace de 2 mm entre la roue dentée du moteur et la crémaillère comme indiqué sur le schéma de la figure II.12. [26]

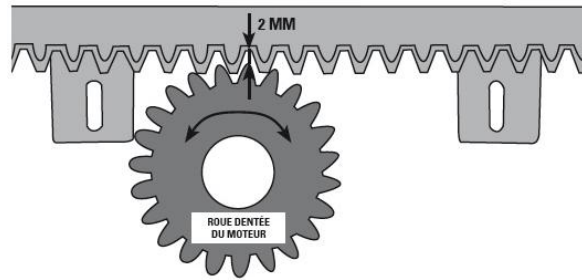


Figure II.12 : positionnement de la crémaillère sur la roue dentée [26]

b. Fixation du moteur

La plaque de fixation doit être parfaitement parallèle au portail. Si la plaque de fixation est de travers, le moteur sera mal positionné et il sera impossible de faire coulisser le portail parallèlement au moteur. [26]

La figure II.13 montre comment aligner le moteur par rapport à l'axe du portail

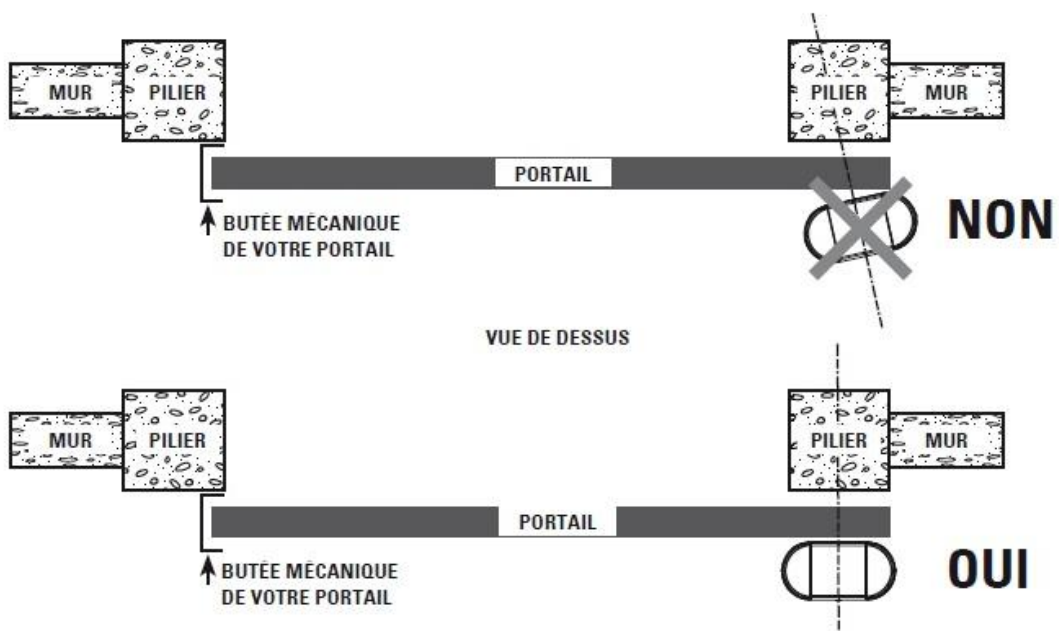


Figure II.13 : alignement du moteur par rapport au portail [26]

Ensuite le moteur doit être fixé de tel sorte que la roue dentée occupe toute la surface de la crémaillère comme montré sur la figure II.14

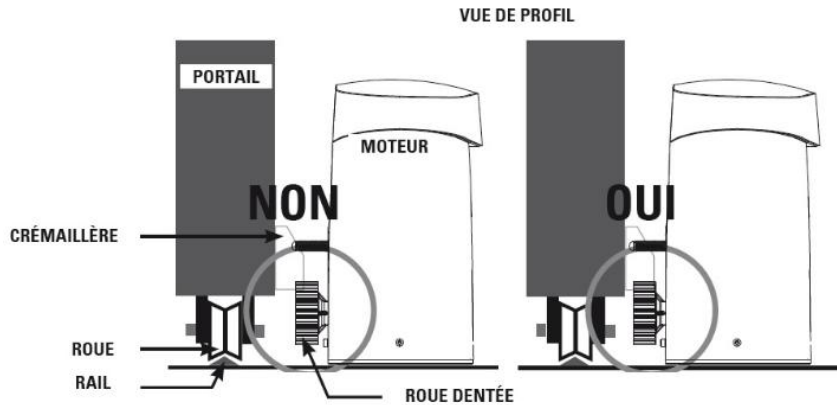


Figure II.14 : profil de contact roue-crémaillère [26]

c. Fixation des capteurs de fin de course

La position des fins de course est déterminée au sol, il faut bien les aligner et fixer aux mêmes niveaux dans le sol en utilisant les détecteurs électriques de position, appelés aussi interrupteurs de position, qui sont surtout employés dans le système de portail automatisés pour assurer la fonction détecter les positions. [26]

La figure II.15 montre une vue de dessus montrant comment sont fixés les capteurs de fin de course.

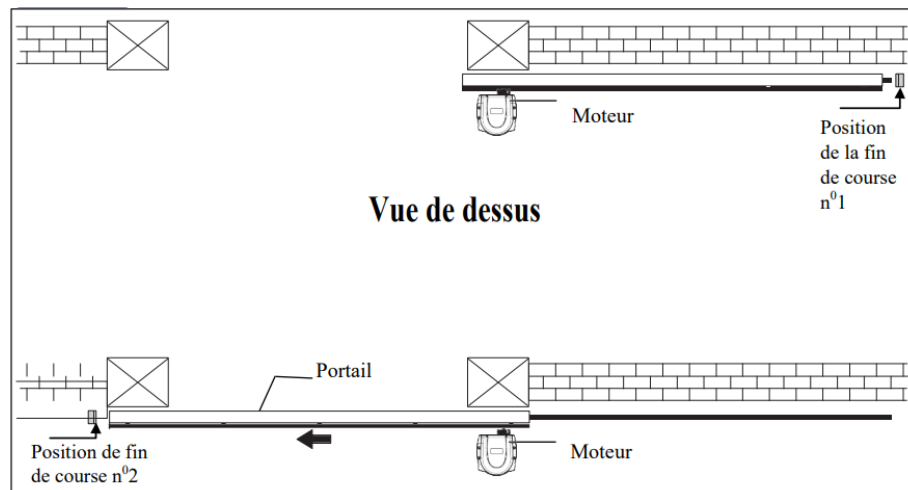


Figure II.15 : fixation des capteurs de fin de course [29]

d. Fixation cellules photoélectrique

On détermine les positions des deux cellules photoélectriques sur chaque pilier. On doit veiller à bien les aligner et les fixer à la même hauteur. (Environ 50 à 60 cm de haut / minimum 20 cm du sol. [26]

La figure II.16 montre la hauteur à laquelle doit être placé les cellules photoélectriques

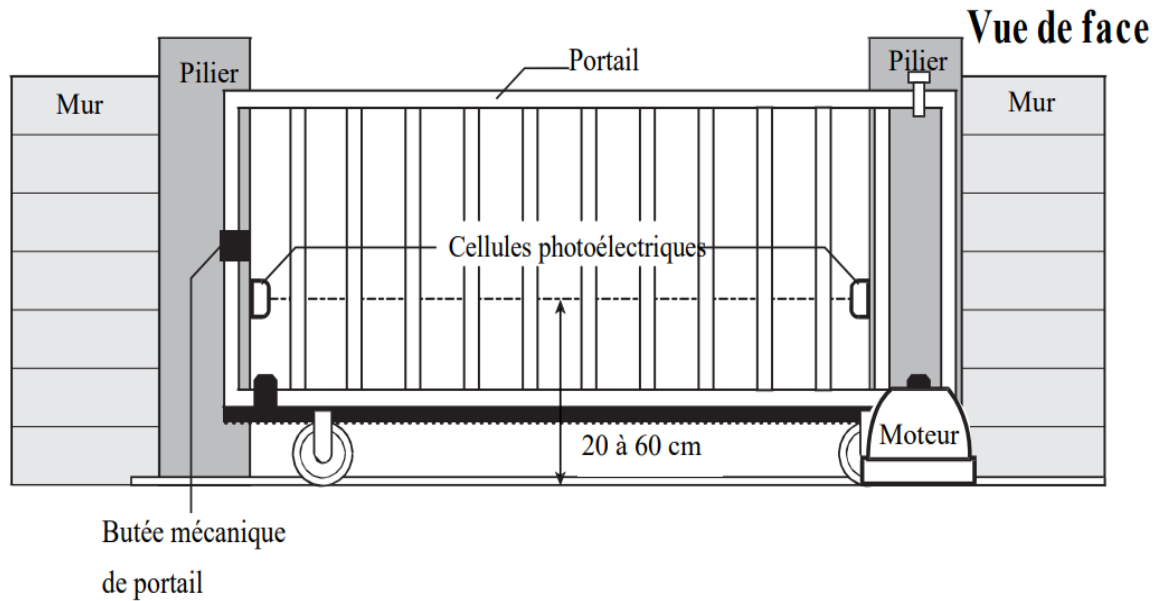


Figure II.16 : Fixation des cellules photoélectriques [29]

II.3.6. L'alimentation électrique du portail coulissant

La motorisation de portail fonctionne sous 380V AC. L'alimentation de la commande du moteur ainsi que le feu clignotant en 220V AC. Pour la partie électronique, le carte Arduino est alimenté par une tension de 5V DC, et les relais par une alimentation de 12V DC

Tableau des câbles électriques

Tableau II.1 : comble des connexions

	connexions	câble
1	Ligne 380v	3 x 1.5mm ²
2	moteur	3 x 1.5mm ²
3	contacteurs	2 x 1.5mm ²
4	Feu clignotant	2 x 1.5mm ²
5	photocellules	3 x 0.75mm ²
6	Fin de course	2 x 0.5mm ²

a. Schéma de câblage

Les câbles d'alimentation et de transfert des données sont enfuis dans les PVC pour être enterrer dans le sol.

La figure II.17 montre comment les fils conducteurs sont orientés vers les différents éléments pour leurs alimentations ou soit pour le transport des données.

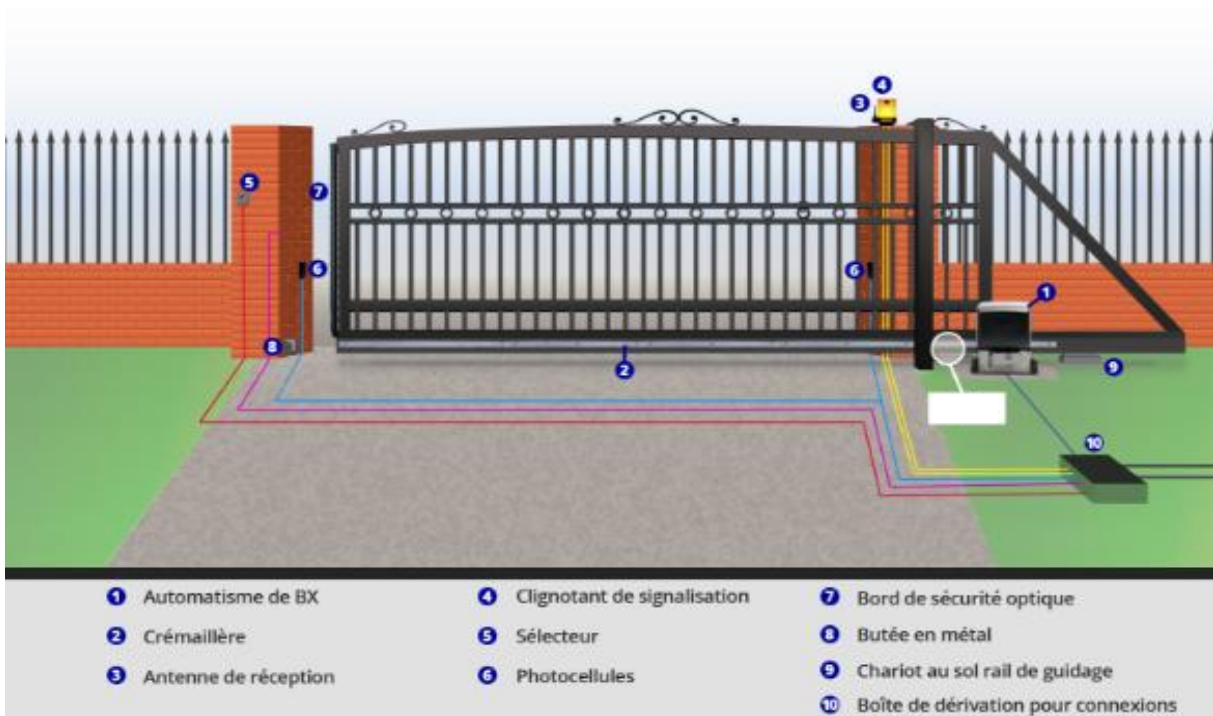


Figure II.17 : Schéma de câblage [51]

II.3.7. Commande du portail

L'Université Libre des Pays des Grands Lacs est un espace très fréquenté, à tous les deux campus (SALOMO et MOISE), ce qui demande une sécurité délicate ; cependant l'entrée d'un véhicule doit être autorisée par l'agent de sécurité, ce qui revient à utiliser une télécommande tenue par l'agent de sécurité ou un poste de bouton poussoir dont il a le contrôle.

L'utilisation de la commande par détection de présence aurait un impact négatif sur la sécurité, vu que n'importe quel véhicule serait autorisé à entrer ; et même sur le fonctionnement du système ; étant donné la fréquence des va et vient, un système aussi lourd et lent aurait des problèmes de dysfonctionnement dus à la fatigue. C'est pour cette raison que nous avons choisi la commande par télécommande ou par poste fixe des boutons poussoirs.

Pour l'installation d'un système de commande d'ouverture et de fermeture du portail au sein de l'ULPG/Goma, la structure de l'entrée devra être modifiée en fin d'installer un portail coulissant tout en séparant l'entrée pour piétons de l'entrée pour les véhicules étant donné que la structure actuelle est un portail à deux battant avec une seule entrée.

La figure II.18 montre l'actuelle structure de l'entrée au campus Salomon dont (a) l'image de la vue de l'intérieur et (b) l'image de la vue de l'extérieur.

(a)



(b)



Figure II.18 : entrer campus MOISE (a) vue de l'intérieur, (b) vue de l'extérieur

II.4. Conclusion partielle

Dans ce chapitre nous avons fait une étude détaillée de notre système de commande automatique du portail, notamment : les éléments constitutifs, leurs fonctionnements ainsi que le rôle de chaque élément dans le système. Nous avons aussi fait le dimensionnement de la motorisation pour adapter le système de transmission de mouvement au moteur et faire un choix convenable de ce dernier pour notre cas.

En plus, nous avons présenté les différents composants essentiels pour l'installation complète du système avec les différentes règles à respecter pour son bon fonctionnement ; Ainsi donc, le système conçu est adapté au cas de l'ULPGL-Goma et une fois réalisé peut être installé en remplaçant des portails existants sur les deux campus de ladite institution ; le chapitre suivant est consacré à la simulation du système conçu.

CHAPITRE III : SIMULATION DU SYSTEME DE COMMANDE

III.1. Introduction

Il est important qu'un système, qu'il soit informatique, électrique, mécanique, etc... soit simulé avant d'être implanté enfin d'étudier son comportement face aux différentes contraintes et modes de fonctionnements. Cette simulation consiste à concevoir un système virtuel dans un logiciel et de le faire fonctionner comme un cas réel mais sans aucune perte matérielle.

Cependant avant l'implémentation de notre système de commande automatique de portail, nous allons parcourir le fonctionnement de sa partie commande et de sa partie puissance selon les différents modes de fonctionnement grâce aux logiciels de simulations ; mais avant, nous allons d'abord faire l'organigramme ainsi que le grafcet du portail automatique coulissant en fin de mieux comprendre son fonctionnement avant sa réalisation.



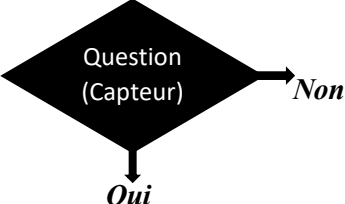
III.2. Organigramme du portail automatique

Un organigramme permet de décrire plus facilement qu'avec un texte le fonctionnement d'un cycle du système automatisé. Il débute toujours par une case début et il n'y a que trois types de cases. Pour construire un organigramme il faut respecter une norme de représentation. [6]

III.2.1. Symboles organigramme de programmation

Dans le tableau II.1 sont représentés les symboles organigrammes de programmation

Tableau III.1 : les symboles organigramme de programmation

	Un ovale qui correspond au Début ou Fin de l'organigramme
	Correspond à une action à effectuer
	Correspond à une question à laquelle on peut répondre uniquement par oui ou non.

III.2.2. Sens conventionnel des liaisons

Le sens général des lignes doit être : de haut en bas, de gauche à droite. Lorsque le sens ainsi défini n'est pas respecté, des pointes de flèches, à cheval sur la ligne, indiquent le sens utilisé.

[6]

III.2.3. L'organigramme du portail automatique avec une télécommande ou bouton poussoir et détecteur d'obstacle

La figure III.1 montre l'organigramme décrivant le fonctionnement de notre système

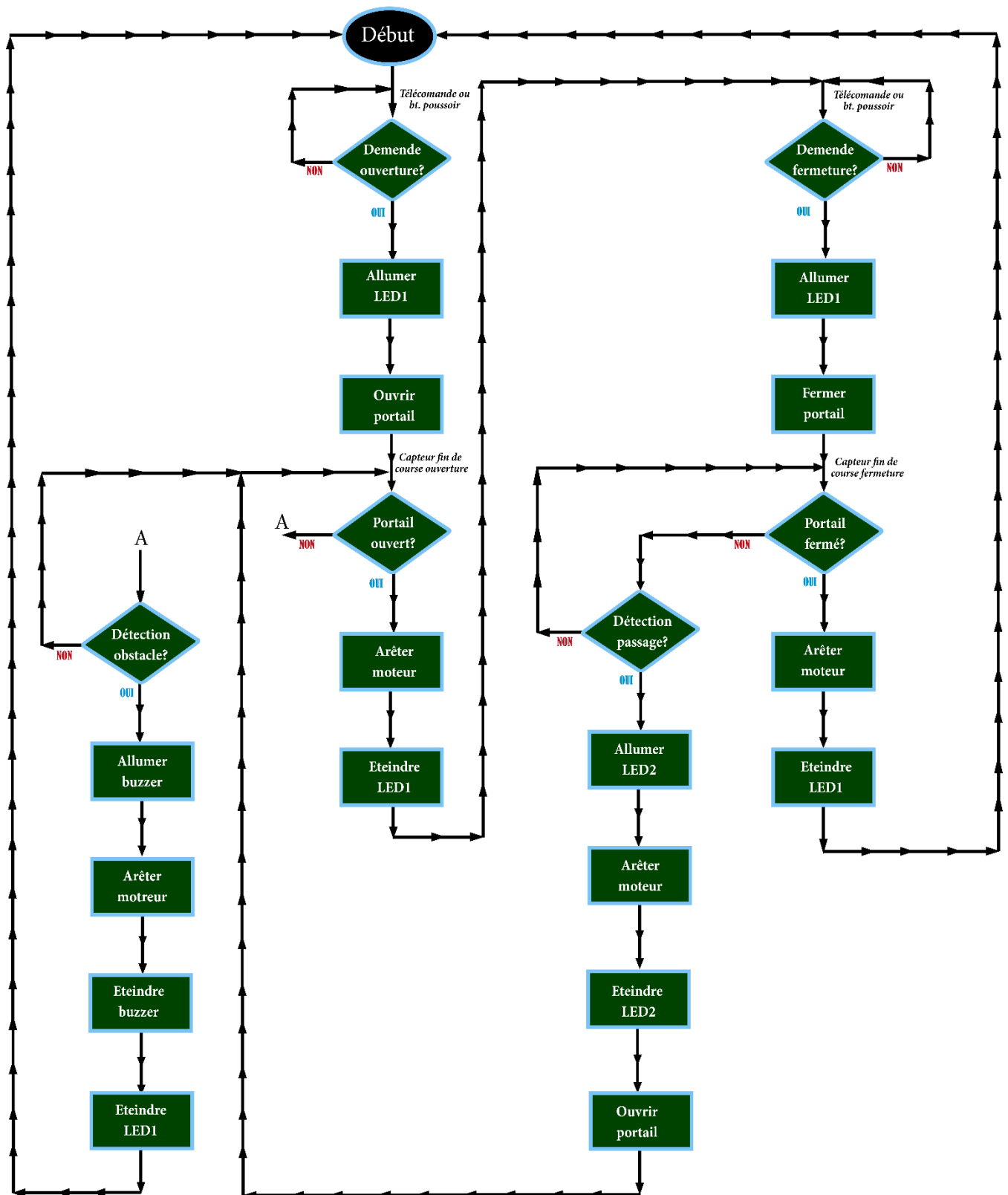


Figure III.1 : organigramme du portail automatique

III.3. Grafcet du portail automatique coulissant

Le Grafcet (Graphe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions) est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme, particulièrement bien adapté aux systèmes à évolution séquentielle, c'est-à-dire décomposable en étapes.

La Figure III.2 montre à quoi ressemble les étapes du grafcet

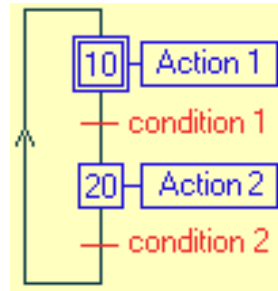


Figure III.2 : les étapes du grafcet [27]

- Une étape est représentée par un carré repéré par un numéro identificateur.
- Une liaison orientée est représentée par une ligne, parcourue par défaut de haut en bas ou de gauche à droite.
- Une transition entre deux étapes est représentée par une barre perpendiculaire aux liaisons orientées entre étapes précédente(s) et suivante(s).

Il y a aussi la convergence « OU » et divergence « OU » (représenté par une barre horizontale) dont l'action est réalisée lorsque au moins une condition est vraie ; la convergence « ET » et la divergence « ET » (représenté par deux barres horizontales) dont l'action est réalisée lorsque toutes les conditions sont vraies [27].

Pour plus détailler le fonctionnement de notre système nous avons fait un Grafcet du portail automatique coulissant représenté à la figure III.3.

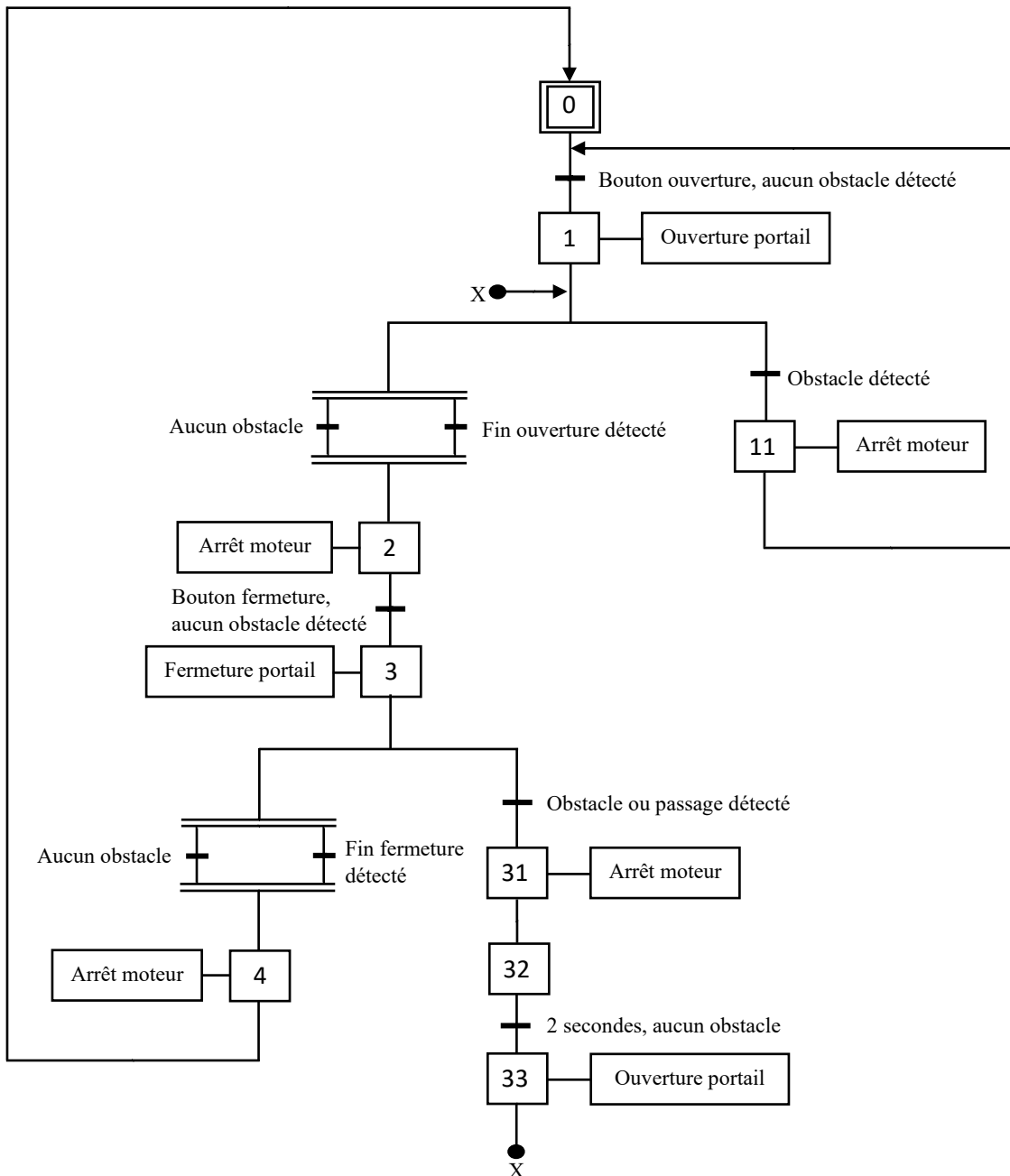


Figure III.3: grafcet du portail automatique coulissant

III.4 Simulation du système de commande automatique du portail

La simulation de notre système a été possible grâce à trois logiciels notamment :

- ARDUINO : nous a permis de programmer le circuit de commande à travers les lignes des codes
- PROTEUS ISIS : nous a permis simuler le circuit électronique à microcontrôleur programmable à partie du logiciel Arduino.

- CDe SIMU : nous a permis de simuler un circuit électrique de commande et de puissance dont le moteur électrique alimenté en triphasé ; ce qui ne serait pas possible avec Proteus isis

III.4.1. Partie programmation

La programmation consiste à construire des algorithmes qui contrôlent la dynamique d'un portail automatique, qui seront implémentés sous logiciel Arduino. C'est un logiciel de programmation par code, code qui contient une cinquantaine de commandes différentes. A l'ouverture, l'interface visuelle du logiciel ressemble à ceci : des boutons de commande en haut, une page blanche vierge, une bande noire en bas.

a. Mise en œuvre de l'environnement Arduino

La figure III.4 montre les parties de l'interface arduino

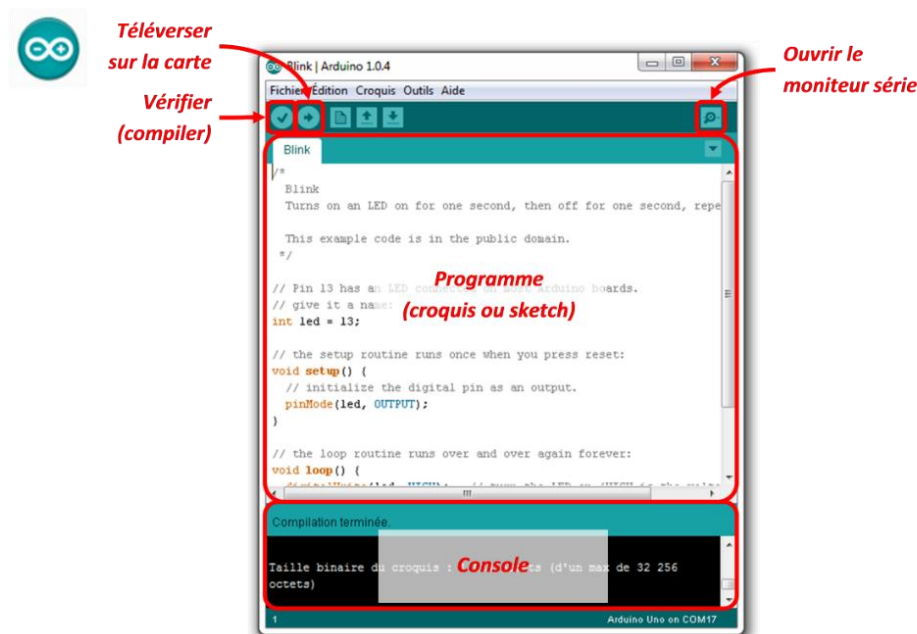


Figure III.4 : interface arduino [44]

b. Programmation avec Arduino

Un programme Arduino est une suite d'instructions élémentaires sous forme textuelle, ligne par ligne. La carte lit puis effectue les instructions les unes après les autres, dans l'ordre défini par les lignes de code. [28]

c. Structure d'un programme

Il y a trois phases, représentées dans la figure III.5

```

programmerArduinoExemple | Arduino 0022
File Edit Sketch Tools Help
programmerArduinoExemple

1 int brocheCapteur = A0; // selection de la broche sur laquelle est connectée le capteur
  int brocheLED = 13; // selection de la broche sur laquelle est connectée la LED
  int valeurCapteur = 0; // variable stockant la valeur du signal reçu du capteur

2 void setup() {
  // broche de la LED configurée en sortie
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

3 void loop() {
  // lecture du signal du capteur
  valeurCapteur = analogRead(brocheCapteur);
  // allume la LED
  digitalWrite(brocheLED, HIGH);
  // delai de "valeurCapteur" millisecondes
  delay(valeurCapteur);
  // éteint la LED
  digitalWrite(brocheLED, LOW);
  // delai de "valeurCapteur" millisecondes
  delay(valeurCapteur);
}

```

Figure III.5 : structure du programme arduino [45]

- 1. la partie déclaration des variables (optionnelle) ;
- 2. La partie initialisation et configuration des entrées/sorties : la fonction `setup ()`
- 3. La partie principale qui s'exécute en boucle : la fonction `loop ()`

Une fois la dernière ligne exécutée, la carte revient au début de la troisième phase et recommence sa lecture et son exécution des instructions successives, et ainsi de suite. Cette boucle se déroule des milliers de fois par seconde et anime la carte. [28]

III.4.2. Simulation Proteus ISIS et CADe Simu

La simulation va nous permettre d'étudier les résultats et les performances du système de commande du portail coulissant de façon virtuelle, avant de le réaliser et le testé sur un portail coulissant réel.

La figure III.6 montre le circuit de commande du système réalisé avec le logiciel Proteus Isis.

Et la figure III.7 montre le circuit de puissance réalisé avec le logiciel Cade Simu

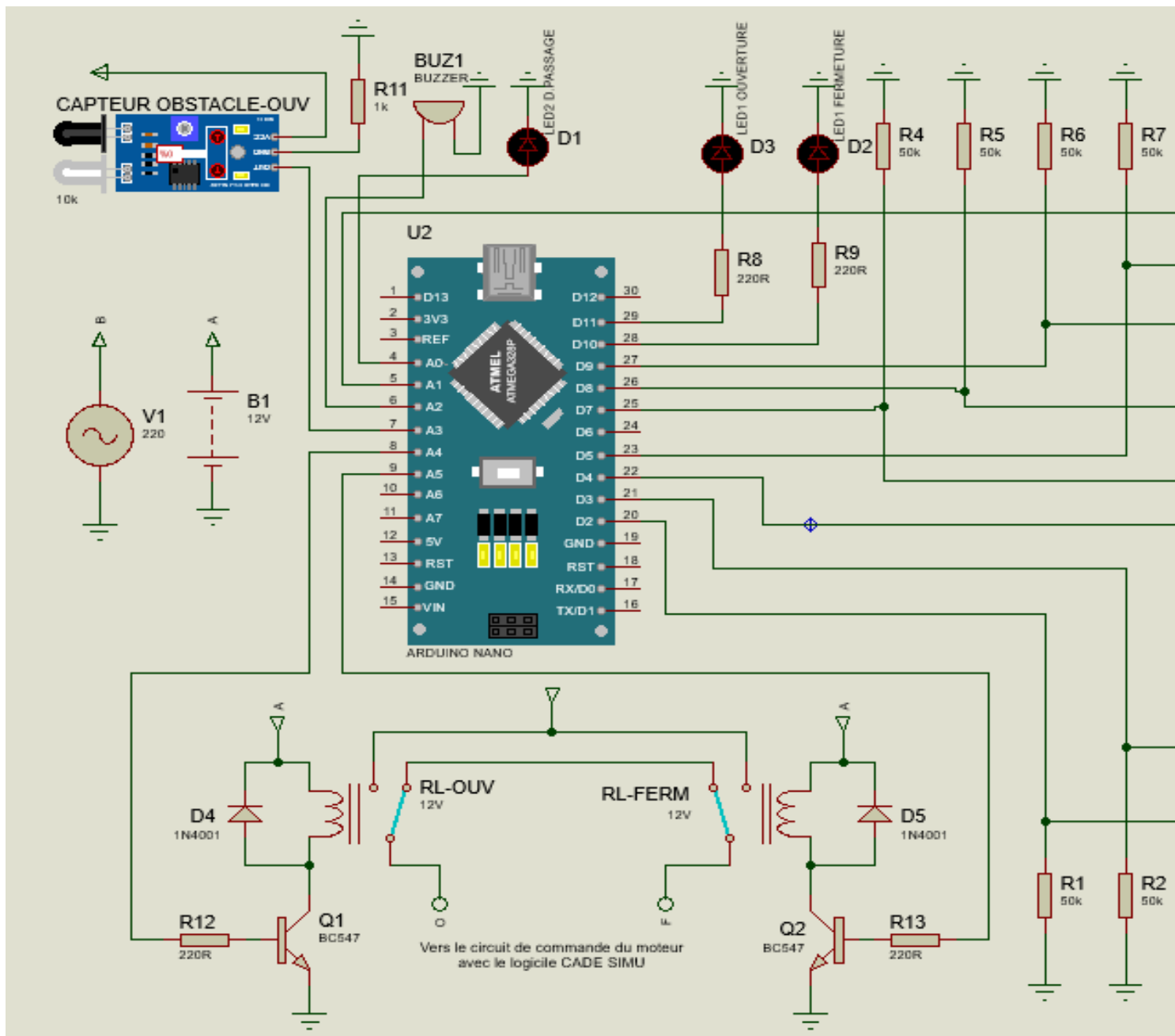


Figure III.6: circuit de commande

La résistance de base $R_{12} = R_{13}$ des transistors Q_1 et Q_2 est calculé grâce à la loi de maille qui selon notre circuit correspond à : $V_b - (R_{12} \times I_b) - V_{be} = 0$. L'Arduino Nano délivre une tension continue de 5V qui sera à la base du transistor et un courant maximale de 40mA ; et donc nous allons considérer un courant nominale I_b de 20mA, avec une tension base-émetteur V_{be} de 0.7V ; l'application numérique : $5 - (R_{12} \times 0.020) - 0.7 = 0$ nous donne une résistance $R_{12}=R_{13}$ de 215Ω que nous avons normalisés à 220Ω .

❖ Description et principe de fonctionnement

Cet automatisme de portail possède quatre modes de fonctionnement :

A. Mode « ouverture automatique » figure III.8 (a) circuit de commande et (b) circuit de puissance.

En activant la commande d'ouverture (BT-OUVERTURE ou TL-OUVERTURE). La led (LED1 OUVERTURE) de couleur verte s'allume, Le relais d'ouverture (RL-OUV[RL-OV]) est actionné ce qui alimente le contacteur KM_1 et qui à son tour actionne le contact d'ouverture KM_1 et en même temps le feu de signalisation (H) clignote. Le moteur tourne et le portail démarre et s'ouvre entièrement. A la fin d'ouverture le bouton (FIN OUVERTURE) est actionné automatiquement par le portail, la led verte (led1 ouverture) s'éteint, le relais d'ouverture est coupé, le feu clignotant s'éteint, le moteur s'arrête et la manœuvre est terminée. En cas de détection d'obstacle, le moteur s'arrête.

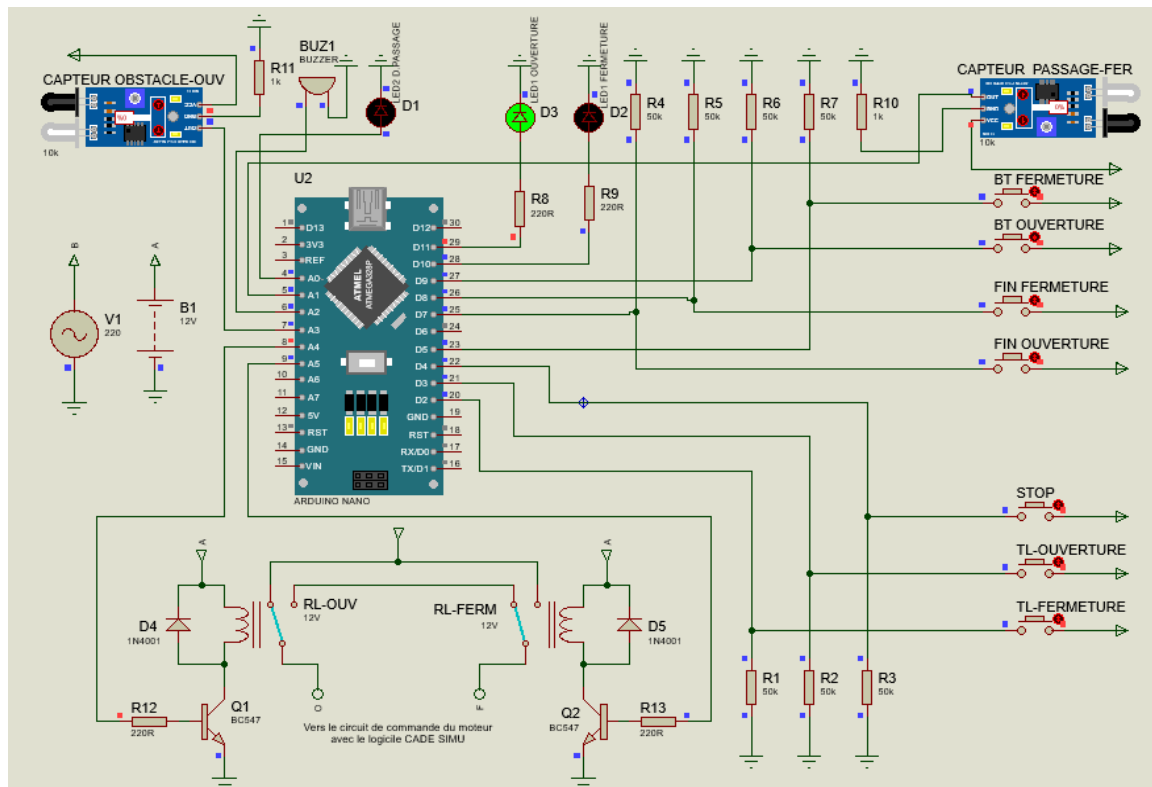


Figure III.8: (a) circuit de commande en mode ouverture

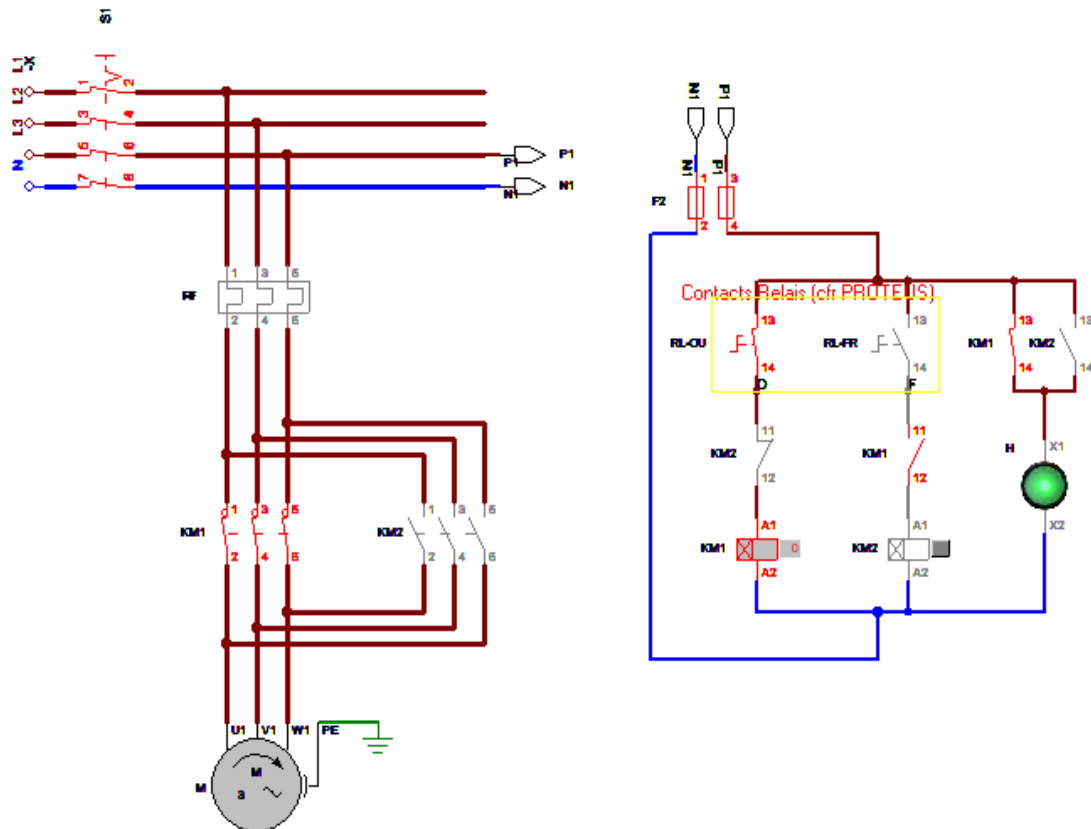


Figure III.8: (b) circuit de puissance en mode ouverture automatique

B. Mode « fermeture automatique » figure III.9 (a) circuit de commande et (b) circuit de puissance.

En actionnant la commande de la fermeture (BT-FERMETURE ou TL-FERMETURE). La led jaune (LED1 FERMETURE) s'allume, le relais de fermeture (RL-FERM) est actionné ce qui alimente le contacteur KM2 qui à son tour actionne le contact de fermeture KM2 et en même temps le feu de signalisation (H) clignote. Le moteur tourne et le portail démarre et se ferme entièrement. A la fin d'ouverture le bouton (FIN FERMETURE) est actionné automatiquement par le portail : la led jaune (led1 fermeture) s'éteint le relais de fermeture est coupé, le feu clignotant s'éteint, le moteur s'arrête et la manœuvre est terminée. En cas de détection d'un obstacle, le moteur s'arrête et s'ouvre entièrement automatiquement pour attendre de nouveau la commande de fermeture.

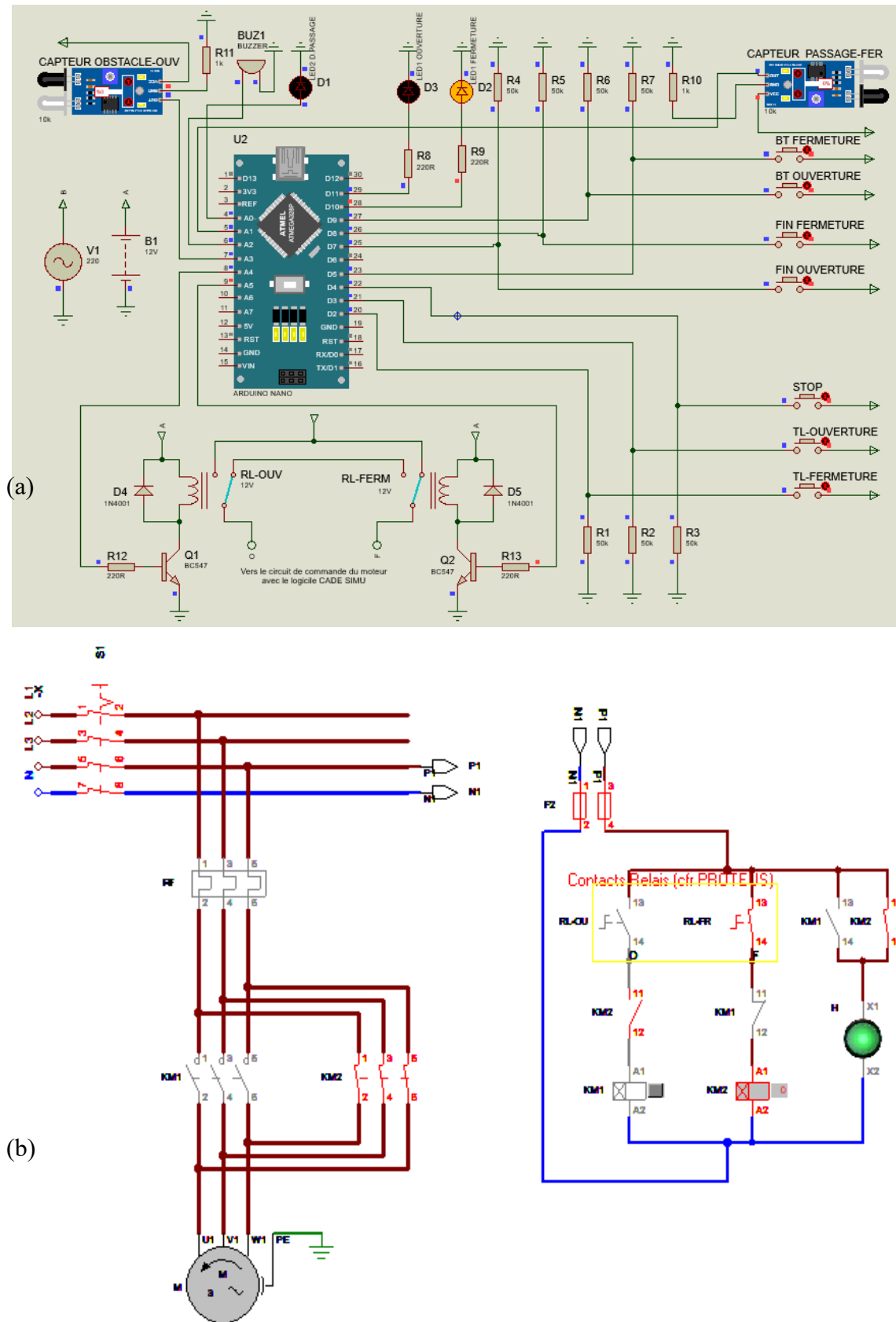


Figure III.9: (a) circuit de commande en mode fermeture automatique, (b) circuit de puissance en mode fermeture automatique

C. Mode « STOP »

Dans le cas où un organe d'arrêt d'urgence (bouton poussoir, coup de poing, barre palpeuse) est connecté à l'entrée « STOP », il est possible d'arrêter le mouvement du portail en activant cet organe d'arrêt immédiat. Dans ce cas les leds, les relais et tous les contacteurs sont désactivés ; Et donc le portail s'arrête. Pour remettre en marche le portail, il faut désactiver l'organe d'arrêt d'urgence (déverrouiller le bouton coup de poing ou libérez la pression sur la barre palpeuse) puis activez la commande (bouton poussoir ou télécommande) qui avait servi à la mise en mouvement afin de redémarrer la manœuvre du portail.

D. Mode « détection d'obstacle ou passage » figure III.10 (a) circuit de commande et (b) circuit de puissance.

Pendant le mouvement, si un objet ou une personne vient couper le faisceau infrarouge entre les deux photocellules de protection du bord primaire du portail (connectées sur l'entrée analogique), le portail s'arrête. La led de signalisation de couleur rouge (LED2 D. PASSAGE) s'allume. Alors, en cas de fermeture, le portail s'arrête et puis s'ouvre automatiquement et va attendre encore une commande de fermeture et en cas d'ouverture le portail s'arrête pour attendre la commande soit d'ouverture soit de fermeture.

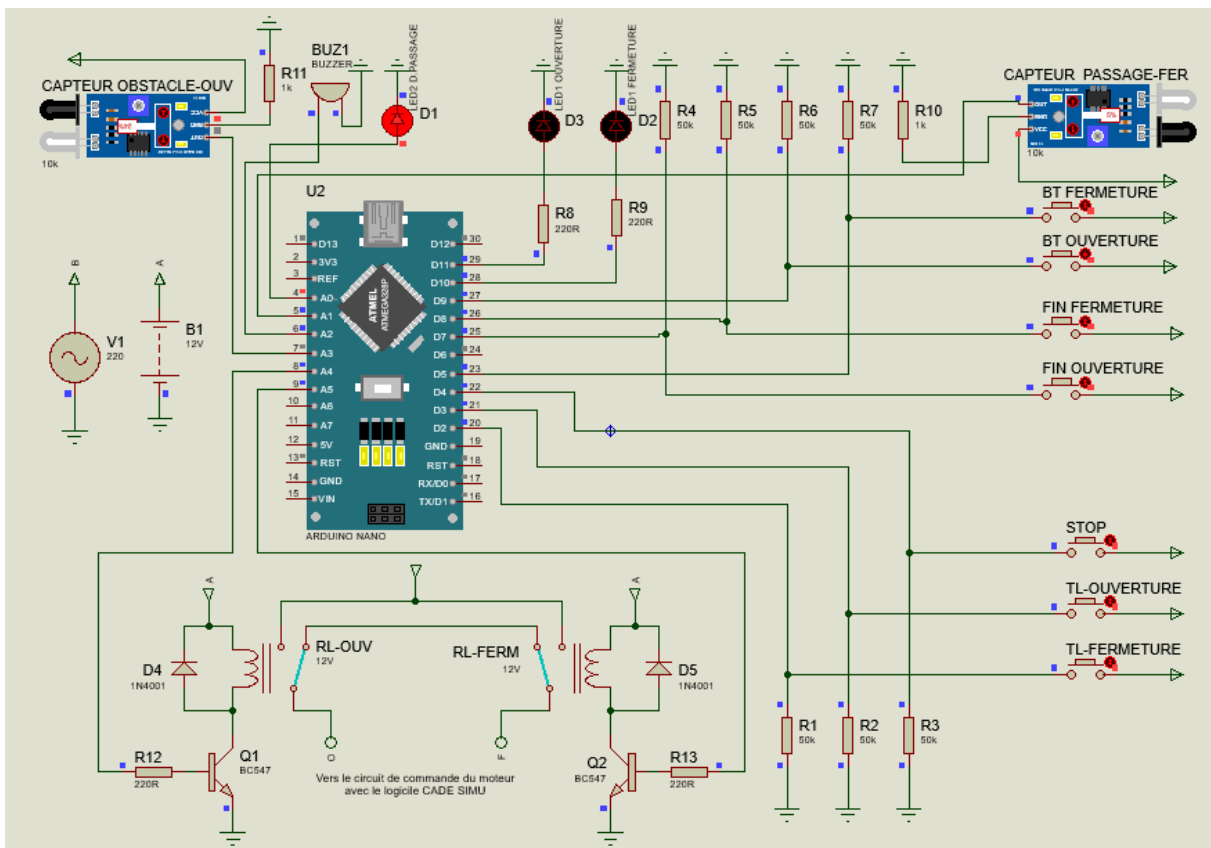


Figure III.10 : (a) circuit de commande puissance en mode détectons d'obstacle ou passage

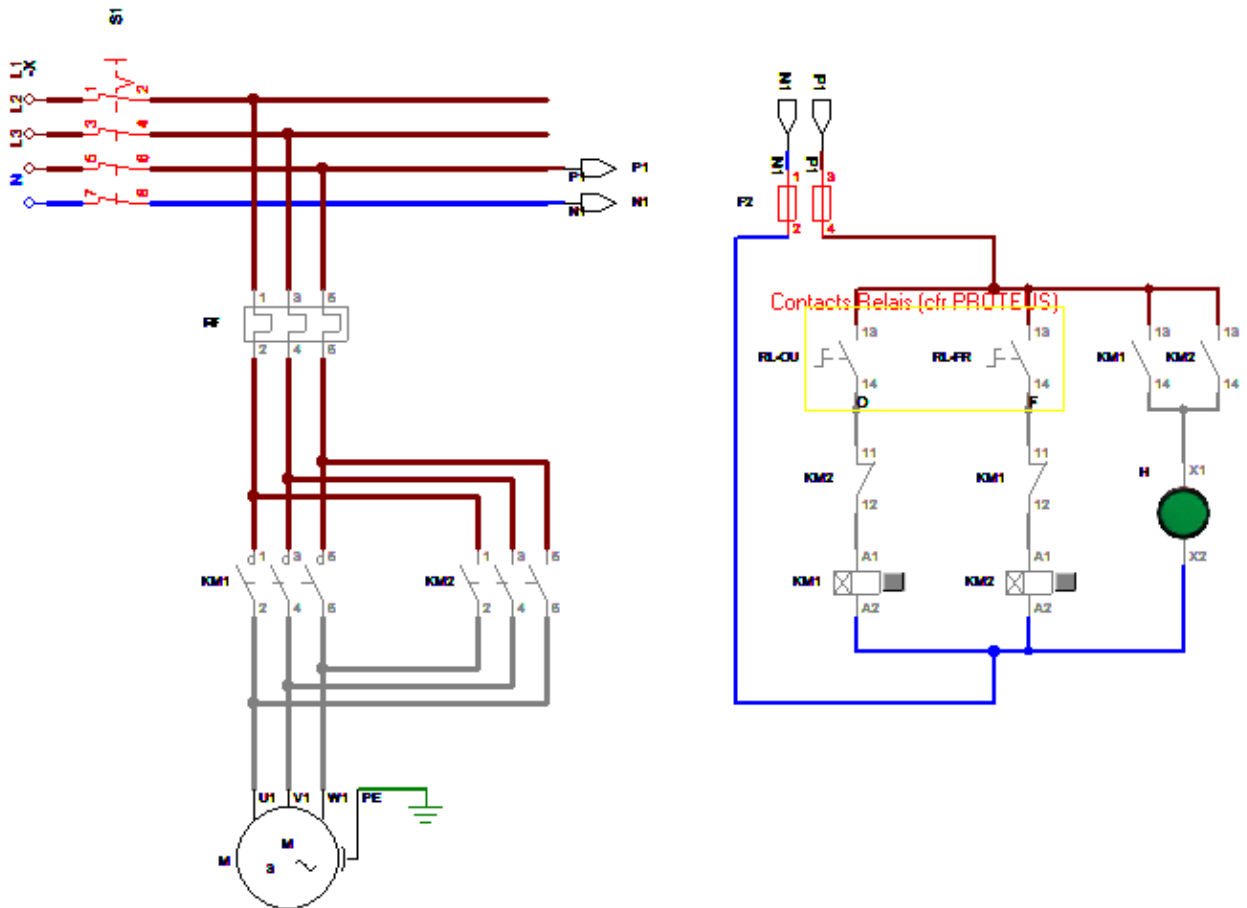


Figure III.10 : (b) circuit de puissance en mode détectons d'obstacle ou passage

III.5. PCB, TYPON et BOITIER du circuit électronique

❖ PCB : figure III.11 dont (a) botton, (b) top et (c) top resist

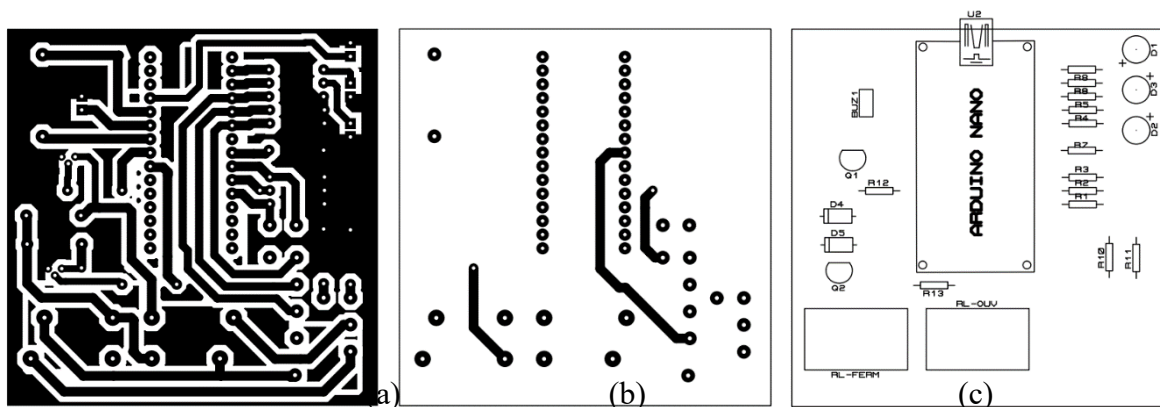


Figure III.11 : (a) PCB botton, (b) PCB top et (c) top resist

❖ TYPON et BOITIER : figure III.12 dont (a) typon et (b) boitier.

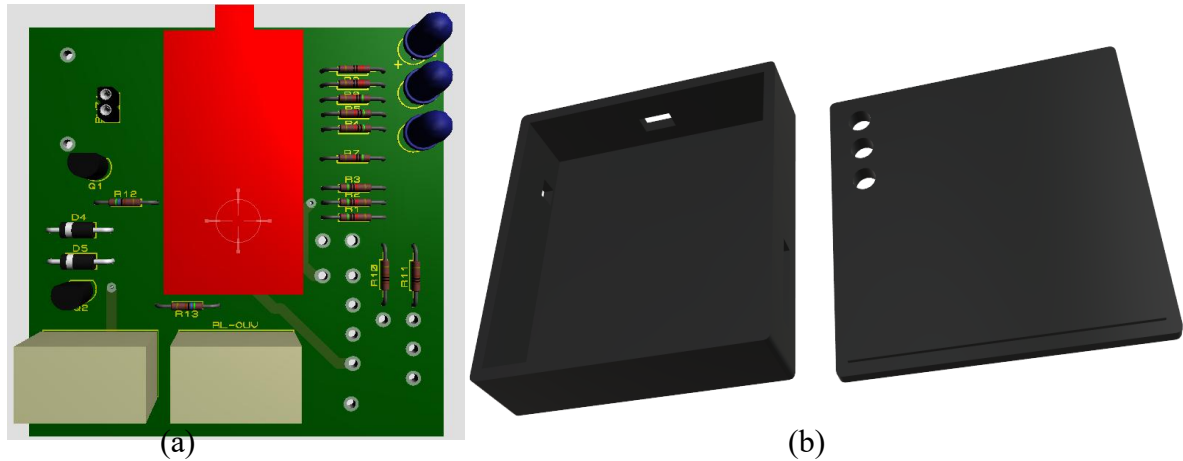


Figure III.12 : (a) typon et (b) boitier

III.6. Conclusion partielle

Dans ce chapitre nous avons fait l'organigramme et le grafcet pour décrire en détail le fonctionnement du système, ce qui nous a permis de concevoir un système de commande que nous avons simulés avec les logiciels PROTEUS ISIS et CADe Simu. Plusieurs cas de fonctionnement ont été simulés et les résultats sont très satisfaisants. Cependant, faute de moyens financier, nous n'avons pas pu réaliser notre système. Par ailleurs, étant donné le bon fonctionnement du système en simulation, il peut donc être réalisable. Le typon du système a aussi été présenté.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail consistait à la conception et réalisation d'un système automatique de commande d'ouverture et de fermeture d'un portail dans le cas de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs /Goma.

Dans le premier chapitre nous avons fait une étude générale sur l'automatique et les systèmes automatisés ; nous avons également décortiqué les différents types de portail ; notamment le portail coulissant et le portail à battant. Nous avons parcouru les différents modes de motorisation des portails à battant et coulissant tout en soulignant leurs avantages ainsi que leurs inconvénients. Tout cela a ainsi orienté notre choix sur le portail coulissant sur rail, confirmant notre hypothèse selon laquelle le portail coulissant sur rail serait le mieux adapté pour l'ULPGL/GOMA.

Le deuxième chapitre a été consacré à la conception et à l'implantation complète d'un portail automatique coulissant. Nous avons dimensionné le moteur et le réducteur à engrenages ; en tant qu'éléments essentiels de la partie moteur de notre système. Nous avons également vu que la commande à distance par une télécommande ou/et par des boutons poussoirs fixes (que nous avons choisis) est la mieux adaptée pour les entrées-sorties de notre université contrairement à la commande par détection de présence : Ce qui a confirmé ainsi notre hypothèse sur la commande.

Dans le troisième chapitre, nous nous sommes plus focalisé sur le fonctionnement du système en commençant par présenter l'organigramme et le grafcet du système pour mieux comprendre son fonctionnement. A la fin nous avons fait les simulations pour voir les différents modes de fonctionnement de la partie commande et la partie puissance à l'aide des logiciels PROTEUS ISIS et CDe SIMU ; qui reflète le principe de fonctionnement d'un cas réel.

Ce pendant nos objectifs ont été atteints mis à part la réalisation d'un prototype qui serait d'une grande importance pour plus rapprocher la simulation du cas réel, mais qui n'a pas été possible faute de moyens insuffisants.

Ce travail étant très vaste, nous ne pouvons prétendre avoir abordé tous les aspects. C'est pourquoi nous suggérons à toute personne qui sera intéressé par le sujet similaire d'aborder d'autres notions comme par exemple : l'automatisation de la porte pour piétons en intégrant un système de contrôle de paiement à l'entrée de l'université, ou encore un système de commande du portail intégré dans les voitures des agents de l'universités.

BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

- [1] thomasta, «automatisation,» [En ligne]. Available: thomasta.com. [Accès le 15 juin 2022].
- [2] aucun, «la-robotique-au-quotidien,» [En ligne]. Available: <http://www.cnetfrance.fr>. [Accès le 16 juin 2022].
- [3] aucun, «UTILISATION DE L’AUTOMATE PROGRAMABLE,» [En ligne]. Available: www.cours-gratuit.com. [Accès le 16 juin 2022].
- [4] M. R. IRENGE, cours d'automatique - G3 génie électrique et informatique - ULPGL/Goma, 2021-2022.
- [5] P. M.-K. FELLAH, automatique 1 et 2 (Asservissement lineaire) 3ème année License, 2013.
- [6] «4eme-systemes_automatisees.pdf,» [En ligne]. Available: <http://www.kingkongevenement.com>. [Accès le 1 aout 2022].
- [7] kingkongevenement.com, Les Systèmes Automatisés.
- [8] aucun, «les-systemes-de-contrôle-commande,» [En ligne]. Available: <https://www.automatisation-sense.com>. [Accès le 1 aout 2022].
- [9] aucun, «les-différents-types-de-portails-automatiques,» [En ligne]. Available: www.utile-et-pratique.fr. [Accès le 14 aout 2022].
- [10] A. CONCEPT, «portail-battant-avantages-et-inconvénients,» 2012.
- [11] SPAREKA, «Les différents types d’automatisme pour portail battant».
- [12] Aucun, «avantages-inconvénients-dun-portail-battant-1,» [En ligne]. Available: <https://www.maison-travaux.fr>. [Accès le 17 aout 2022].
- [13] Parmelien, «portail-automatique,» [En ligne]. Available: <http://www.professeurdebbie.f>. [Accès le 17 aout 2022].
- [14] Aucun, «portail-coulissant,» [En ligne]. Available: <https://www.batiproducts.com>. [Accès le 17 aout 2022].
- [15] Aucun, «portail-coulissant,» [En ligne]. Available: <https://portail-autoportant.fr>. [Accès le 18 aout 2022].
- [16] Aucun, «portail-coulissant,» [En ligne]. Available: <https://www.cs-koncept.fr>. [Accès le 18 aout 2022].
- [17] aucun, « Les différents matériaux,» [En ligne]. Available: <https://www.ootravaux.fr>.
- [18] Aucun, «les systèmes automatisés,» [En ligne]. Available: <http://clg-arche-du-lude-les-tours.tice-orleans-tours.fr>. [Accès le 29 janvier 2023].

- [19] E. Bratman, Le Grand Livre d'Arduino, 2015.
- [20] ISAT, Prise en main du Matériel Arduino UNO, 2021/2022.
- [21] Cours gratuit, «formation-pour-apprendre-la-programmation-arduino-en-24-heurs,» [En ligne]. Available: <https://www.cours-gratuit.com>. [Accès le 2 novembre 2022].
- [22] Aly, «les-differentes-cartes-arduino,» [En ligne]. Available: <https://domotics.fr/>.
- [23] Aucun, «capteurs de proximité,» [En ligne]. Available: <https://www.rm2m.fr>. [Accès le 15 février 2023].
- [24] «les cellules photos-électriques,» [En ligne]. Available: <http://stephane.genouel.free.fr/>. [Accès le 15 février 2023].
- [25] B. MUSHAGASHA, cours de machines électriques G3 génie électrique et informatique, 2022.
- [26] A. KACHACHA, «cours d'Elements de construction des machines G3,» 2021.
- [27] Aucun, «comment-installer-un-moteur-de-portail-coulissant,» [En ligne]. Available: <https://blog.scs-sentinel.com>. [Accès le 9 janvier 2023].
- [28] «Grafcet cours 2,» [En ligne]. Available: <https://jackadit.com>. [Accès le 14 novembre 2022].
- [29] LAB4SYS, «structure-dun-programme-arduino,» [En ligne]. Available: <https://lab4sys.com/fr>. [Accès le 2 novembre 2022].
- [30] M. B. M. Mr. BENHAMMOU Youcef, Etude et réalisation d'un portail automatique por l'entrée de la faculté de FST, 2017-2018.
- [31] BRICOMETAL, «Tube à visser pour guidage réglable avec 2 olives,» [En ligne]. Available: <https://bricometal.fr>.
- [32] Académie Limoge, «S3B22_Association_modele_composant_9,» [En ligne]. Available: <http://pedagogie.ac-limoges.fr>. [Accès le 2 janvier 2023].

FIGURES

- [33] [En ligne]. Available: <https://evea-kartmasters.fr>.
- [34] [En ligne]. Available: <https://www.europages.fr>.
- [35] [En ligne]. Available: <https://portail-automatisme.com>.
- [36] [En ligne]. Available: <https://www.aeg-systems.fr>.
- [37] [En ligne]. Available: <https://www.allo-serrurier-nice.com>.
- [38] [En ligne]. Available: <https://www.pinterest.fr>.
- [39] [En ligne]. Available: <https://www.alu-vigouroux.com>.

[40] [En ligne]. Available: <https://www.leroymerlin.fr>.

[41] [En ligne]. Available: <https://www.abdautomatismes.com>.

[42] [En ligne]. Available: <https://www.pinterest.com>.

[43] [En ligne]. Available: <https://www.begal.hr>.

[44] [En ligne]. Available: <https://nl.aliexpress.com>.

[45] [En ligne]. Available: <http://arduino.blaisepascal.fr>.

[47] [En ligne]. Available: <https://www.oogarden.de>.

[48] [En ligne]. Available: <https://sptsecurity.com>.

[49] [En ligne]. Available: <https://www.controldesignsupplyinc.com>.

[50] [En ligne]. Available: <https://www.allo-volet-service-store.fr>],.

[51] [En ligne]. Available: <https://www.as-torantriebe.de>.

[52] [En ligne]. Available: <http://www.gate-motors-blog.com>.

[53] [En ligne]. Available: <https://www.editions-eni.fr>.

[54] [En ligne]. Available: <https://french.electricmotorwaterpump.com>.

[55] [En ligne]. Available: <https://www.fr.depositphoto.comm>.

[56] [En ligne]. Available: <https://ricambicancelli.it>.