

UNIVERSITÉ LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS

DOMAINE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

FILIERE DE SCIENCES DE L'INGENIEURE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE ÉLECTRIQUE



BP. 368 GOMA

www.ulpgl.net

**ÉTUDE ET REALISATION D'UN CIRCUIT
DE COMMANDE D'UN PORTAIL
AUTOMATIQUE BASÉ SUR LA
TECHNOLOGIE RF**

Par : JOSUE LULIHOSHI

Travail présenté en vue de l'obtention du Diplôme de
Bachelor en Sciences de L'ingénieur

Option : Génie Électrique

Directeur : CT. Ir. IRENGE BAGUMA Raoul

Encadreur : Ir. KAMBALE LIKANGA

ANNEE ACADEMIQUE 2023 - 2024

Epigraphe

« Tout travail bien fait si humble soit-il est noble »

Anonyme

Dédicace

À mes très chers parents Rev. Past. LULIHOSHI KABULEMBO ET FEZA BUSHASHIRE

Josué Lulihoshi

Remerciements

« Le remerciement doit être immédiat, sinon il risque de se transformer en ingratitude. »

Animé par cette pensée, Nous tenons en premier, de remercier notre bon Dieu pour la grâce divine, la protection et la guidance qu'il ne cesse de nous accorder. En second lieu, nos remerciements s'adressent à notre université, ULPGL au sein de laquelle nous avons été bien encadrés.

À notre Directeur CT. Ir. IRENGE BAGUMA Raoul et notre Encadreur Ir. KAMBALE LIKANGA, pour leur accompagnement et la patience dont ils ont fait preuve tout au long de ce travail.

Les plus reconnaissants à nos parents biologiques, papa LULIHOSHI KABULEMBO, maman FEZA BUSHASHIRE, pour le soutien tant moral, matériel que spirituel qu'ils ne cessent de nous accorder.

Les plus sincères à nos frères, Marko LULIHOSHI, Okovu LULIHOSHI, Tumusifu LULIHOSHI, à nos sœurs Furaha LULIHOSHI, Esther LULIHOSHI, Dorcas LULIHOSHI, Bulonza LULIHOSHI, Mugoli LULIHOSHI, à nos cousins Cherif MAOMBI, Bora MAPENDO.

À nos amis et camarades, en particulier Victor KABINDI et Barthelemy IKUZWE, ainsi que toutes les personnes bienveillantes dont les noms ne peuvent être tous cités ici.

Résumé

Ce projet présente la conception et la réalisation d'un système de commande automatisé pour un portail coulissant, basé sur la technologie sans fil RF 433 MHz. Le système permet de contrôler à distance les opérations d'ouverture et de fermeture du portail à l'aide d'une télécommande RF, tandis qu'un boîtier filaire à boutons poussoirs assure une alternative manuelle fiable en cas de défaillance du système sans fil. L'architecture repose sur deux cartes Arduino UNO communiquant via des modules émetteurs/récepteurs RF. Du côté récepteur, un motoréducteur à courant continu est actionné par l'intermédiaire de relais électromécaniques. Un capteur de fin de course à came, placé au niveau du mécanisme pignon/crémaillère, détecte les positions extrêmes du portail. De plus, des photocellules assurent la détection d'obstacles, et un voyant lumineux indique l'activité du système ainsi que son état opérationnel. Conçu pour améliorer à la fois le confort d'utilisation et la sécurité résidentielle, le système propose une solution fiable et accessible, réduisant la nécessité d'interventions manuelles. Le processus de développement a été soutenu par la simulation fonctionnelle et la réalisation du typon à l'aide des logiciels Proteus ISIS et ARES. Un prototype expérimental a été réalisé avec succès afin de valider les performances du système et de démontrer ses principales fonctionnalités.

Mots-clés : *Portail automatique, commande sans fil, RF 433 MHz, Arduino UNO, contrôle d'accès.*

Abstract

This project presents the design and implementation of an automated control system for a sliding gate, based on RF 433 MHz wireless technology. The system enables remote control of gate opening and closing operations via an RF remote control, while a wired push-button panel ensures a reliable manual alternative in case of wireless failure.

The architecture consists of two Arduino UNO boards communicating through RF transmitter/receiver modules. On the receiver side, a DC gear motor is actuated via electromechanical relays. A cam-operated limit switch, located at the pinion/rack mechanism, detects the gate's end positions. Additionally, photocells provide obstacle detection, and a warning light indicates system activity and operational status.

Designed to enhance both user convenience and residential security, the system offers a reliable and accessible solution that reduces the need for manual interventions. The development process involved functional simulation and PCB layout using Proteus ISIS and ARES software. An experimental prototype was successfully built to validate system performance and demonstrate its key functionalities.

Keywords: Automatic gate, wireless control, RF 433 MHz, Arduino UNO, access control.

Table des matières

Epigraphe.....	i
Dédicace	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract	i
Table des matières	ii
Liste des abréviations.....	vi
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	viii
Introduction Générale	1
0.1. Contexte.....	1
0.2. Questions de recherche.....	2
0.3. Hypothèses.....	2
0.4. Choix et Intérêts du sujet	3
0.5. Objectifs du sujet	3
0.6. Méthodes et Techniques utilisées	4
0.7. Subdivision du travail.....	4
Chapitre 1 Généralités sur le portail automatique.....	6
Introduction.....	6
1.1 Types de Portail Automatiques.....	6
1.1.1 Le portail battant	6
1.1.2 Le portail automatique coulissant	7

1.1.2.1	Le portail coulissant sur rail	8
1.1.2.2	Le portail coulissant autoportant.....	8
1.1.2.3	Le portail coulissant télescopique.....	9
1.2	Mécanismes de Motorisation.....	9
1.2.1	Portail battant.....	9
1.2.1.1	Motorisation à bras.....	9
1.2.1.2	Motorisation à vérins.....	10
1.2.1.3	Motorisation à roues.....	11
1.2.1.4	Motorisation enterrée	11
1.2.1.5	Motorisation intégrée au portail.....	12
1.2.2	Le portail automatique coulissant	13
1.2.2.1	Motorisation pignon et crémaillère	13
1.3	Les Technologies de commande	13
1.3.1	Commande par clavier.....	13
1.3.1.1	Les avantages.....	14
1.3.1.2	Les inconvénients.....	14
1.3.2	Commande par RFID	14
1.3.2.1	Les avantages.....	15
1.3.2.2	Les inconvénients.....	15
1.3.3	Commande par capteurs de proximité.....	15
1.3.3.1	Les avantages.....	16
1.3.3.2	Les inconvénients.....	16
1.3.4	Commande à distance (Communication sans fil)	16
1.3.4.1	Commande à distance via Smartphone	17
1.3.4.2	Commande à distance via une télécommande	18

1.4	Avantages et Inconvénients du portail automatique	19
1.4.1	Avantages du portail automatique.....	19
1.4.1.1	A battants.....	19
1.4.1.2	Coulissant	20
1.4.2	Inconvénients du portail automatique	20
1.4.2.1	A battants.....	20
1.4.2.2	Coulissant	21
1.5	Critères et Choix	21
1.5.1	Type de portail	21
1.5.2	Mécanisme de motorisation.....	21
1.5.3	Technologie de commande.....	22
1.6	Conclusion partielle.....	22
Chapitre 2 Conception du dispositif de commande		23
Introduction.....		23
2.1	Système d'un portail automatique.....	23
2.1.1	Operateur	24
2.1.2	Les interfaces	24
2.1.3	Organe de traitement	28
2.1.3.1	Arduino.....	28
2.1.4	Organe opératif	30
2.1.4.1	L'actionneur.....	31
2.1.4.2	Les capteurs	31
2.2	Modules RF 433 MHz.....	33
2.2.1	L'émetteur	33
2.2.2	Le récepteur	34
2.3	Motoréducteur et le système pignon/crémaillère	34
2.3.1	Les engrenages.....	35

2.3.2	Système pignon/crémaillère.....	35
2.3.3	Marche à suivre pour le Dimensionnement du Motoréducteur	35
2.3.4	Principe fondamentale de la dynamique sur un portail coulissant.....	36
2.3.4.1	Détermination des forces en jeu.....	37
2.3.4.2	Application numérique	39
2.4	Le schéma synoptique de notre dispositif de commande	42
2.5	Conclusion partielle.....	42
Chapitre 3 Simulation et Réalisation		43
Introduction.....		43
3.1	Présentation du Logiciel Proteus.....	43
3.1.1	Interface de logiciel ISIS	43
3.1.2	Interface de logiciel ARES	44
3.2	Schémas fonctionnels de notre dispositif de commande	44
3.2.1	Commande sans fil.....	47
3.2.1.1	Présentation et simulation du circuit de la télécommande	47
3.2.1.2	Présentation et simulation du coté circuit de contrôle	48
3.2.2	Commande filaire.....	49
3.2.3	Organe opératif de notre dispositif.....	51
3.3	Réalisation des circuits imprimés de notre dispositif.....	53
3.3.1	Typon	53
3.3.2	Présentation des circuits imprimés réalisés	54
3.4	Test de notre dispositif sur une maquette	56
3.5	Conclusion partielle.....	58
Conclusion générale.....		59
Bibliographie		61
Annexes		64

Liste des abréviations

2RT	2Repos/Travail
ASK	Amplitude Shift Keying
BP	Bouton poussoir
cm	centimetre
E/S	Entrée/Sortie
GND	Ground
mA	Milliampère
MHz	MégaHertz
mW	Milliwatt
N	Newton
Nm	Newton-mètre
OOK	On-Off Keying
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Fréquence
RFID	Radio Frequency Identification
ROM	Read Only Memory
RX	Réception des données
TX	Transmission des données
USB	Universal Serial Bus
V	Volt
VBE	Tension Base-Emetteur
Vcc	Voltage Common Collector

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Caractéristique des relais utilisés	26
Tableau 2.2 : Caractéristiques d'un motoréducteur pour un portail de 250Kg.....	42

Liste des figures

Figure 1.1 : portail automatique à battant.....	7
Figure 1.2 : portail automatique coulissant.....	7
Figure 1.3: portail coulissant sur rail.....	8
Figure 1.4 : portail coulissant autoportant	8
Figure 1.5 : portail coulissant télescopique	9
Figure 1.6 : motorisation à bras	10
Figure 1.7 : motorisation à vérins	10
Figure 1.8 : motorisation à roues	11
Figure 1.9 : motorisation enterrée	12
Figure 1.10 : motorisation intégrée au portail.....	12
Figure 1.11 : motorisation pignon et crémaillère	13
Figure 1.12 : Commande par clavier	14
Figure 1.13 : Commande par RFID.....	15
Figure 1.14 : Capteur de proximité	16
Figure 1.15 : Schémas synoptique d'une radiocommunication	17
Figure 1.16 : Commande via Smartphone	18
Figure 1.17 : Commande via une télécommande.....	19
Figure 2.1 : Schémas bloc du système conçu	23
Figure 2.2 : (a) Bottier à boutons poussoirs et (b) Feu clignotant	25
Figure 2.3 : (a) Transistor BC547 et (b) Relais électromécanique 2RT.....	26
Figure 2.4 : Schéma de connexion des bobines des relais de notre dispositif	27
Figure 2.5 : Carte Arduino UNO	29
Figure 2.6 : Branchement d'un Atmega 328 détaché de la carte Arduino	30
Figure 2.7 : Motoréducteur	31
Figure 2.8 : Capteurs de fin de course	32
Figure 2.9 : Les cellules photoélectriques	33
Figure 2.10 : Emetteur RF 433 MHz.....	34

Figure 2.11 : Récepteur RF 433 MHz	34
Figure 2.12 : Système pignon-crémaillère.....	35
Figure 2.13 : Les forces appliquées sur un portail coulissant.....	36
Figure 2.14 : Schémas synoptique de notre dispositif de commande	42
Figure 3.1 : L'interface de logiciel ISIS	43
Figure 3.2 : L'interface de logiciel ARES	44
Figure 3.3 : Schémas fonctionnels de notre dispositif.....	46
Figure 3.4 : Simulation du circuit de la télécommande RF 433MHz	47
Figure 3.5 : Simulation Circuit de contrôle avec le module RF RX	48
Figure 3.6 : Résultats de la simulation côté circuit de contrôle.....	49
Figure 3.7 : Simulation du circuit de contrôle avec la commande filaire.....	50
Figure 3.8 : Partie opératif de notre système	51
Figure 3.9 : Barrière infrarouge détection d'obstacles	53
Figure 3.10 : Typons pour les quatre circuits de notre dispositif.....	54
Figure 3.11 : Vue 3DS pour les quatre circuits de notre dispositif	54
Figure 3.12 : Circuits de traitement et des relais.....	55
Figure 3.13 : Circuit de la télécommande et de la barrière infrarouge.....	56
Figure 3.14 : Maquette avec la vue de l'extérieure et de l'intérieure.....	56
Figure 3.15 : Test mode ouverture	57
Figure 3.16 : Test mode ouverture	57
Figure 3.17 : Test détection d'obstacle et d'anomalie.....	58

Introduction Générale

0.1. Contexte

Dans la ville de Goma, la gestion des accès aux domiciles et aux installations représente un défi quotidien pour les résidents, en particulier pour ceux qui se déplacent en véhicule. Plusieurs problèmes en découlent.

0.2. Problématique

Tout d'abord, la sécurité constitue une préoccupation majeure. Lorsqu'un conducteur doit attendre devant le portail pour qu'on lui ouvre, notamment la nuit, il devient une cible facile pour les vols ou agressions. Cette attente, souvent inévitable, expose les résidents à des risques accrus, surtout dans un contexte d'insécurité généralisée.

Ensuite, le système actuel manque de confort. Les conducteurs sont contraints de descendre de leur véhicule pour ouvrir le portail eux-mêmes ou de klaxonner pour signaler leur présence à l'intérieur. Cette procédure devient particulièrement désagréable en cas d'intempéries ou à des heures tardives.

Par ailleurs, la latence dans l'ouverture du portail constitue une autre source de désagrément. Il peut s'écouler de une à cinq minutes, voire davantage, avant que quelqu'un ne réagisse. Ce délai, bien que parfois inévitable, engendre une perte de temps frustrante pour les usagers.

De plus, le système actuel est sujet à des erreurs d'interprétation. Il arrive qu'un résident réponde à un klaxon en pensant qu'il provient de sa propre propriété, pour finalement découvrir qu'il s'agissait d'un signal destiné à une autre maison. Ces confusions génèrent de la frustration et compliquent davantage l'accès.

Enfin, pour les habitations situées à proximité de la voie publique, l'arrêt prolongé devant le portail peut bloquer la circulation. En attendant l'ouverture, le véhicule immobilisé obstrue souvent la chaussée, causant des embouteillages et augmentant le risque d'accidents.

Ces différents constats mettent en évidence la nécessité de mettre en place une solution automatisée de gestion des accès. Une telle solution qui permettrait de réduire l'insécurité, d'améliorer le confort, de diminuer les erreurs d'interprétation et de fluidifier le trafic autour des propriétés.

0.3. Questions de recherche

Eu égard à ce qui précède, les questions suivantes vont guider notre recherche :

- 1 Comment améliorer la gestion des accès aux domiciles et installations à Goma afin de réduire les risques d'insécurité, améliorer le confort des résidents et fluidifier la circulation ?
- 2 Quelle technologie peut être mise en place pour limiter les erreurs d'interprétation et réduire le temps d'attente devant les portails ?
- 3 Comment garantir une solution sécurisée et efficace tout en s'adaptant aux contraintes locales ?

0.4. Hypothèses

Pour mener à bien cette recherche, nous avons reformulés les hypothèses suivantes :

1. Dans un contexte où la sécurité, le confort et l'efficacité sont des priorités croissantes, l'automatisation des portails permettrait d'améliorer la gestion des accès aux domiciles et installation dans la ville de Goma.
2. Le portail coulissant automatique contrôlé par télécommande sans fil serait le choix le plus adapté pour assurer la sécurité, le confort et la fluidité d'accès aux propriétés dans la ville de Goma. Ce type de portail permettrait une ouverture rapide et sans intervention manuelle, répondant aux besoins de sécurité et de confort.

3. La plupart d'accès à des domiciles et installation à Goma étant déjà muni de portail, l'adaptabilité de ce portail serait une meilleure solution pour s'adapter aux contraintes socio-économiques. L'ajout de dispositifs de sécurité tels que des capteurs d'obstacles et un bouton d'arrêt d'urgence garantirait un fonctionnement sécurisé et réduirait les risques d'accident ou de dommage matériel en cas de détection d'obstacle.

0.5. Choix et Intérêts du sujet

L'introduction progressive des portails automatiques dans la ville de Goma, en raison du confort et de la sécurité qu'ils procurent, nous a fortement motivés à orienter notre travail autour de cette thématique. Notre étude présente plusieurs intérêts pédagogiques et techniques, notamment :

- Se familiariser avec les notions de programmation des systèmes embarqués, d'électricité, d'électronique et d'éléments de construction des machines.
- Développer les compétences nécessaires pour établir une liaison hertzienne entre deux circuits électriques ou électroniques.

L'automatisation d'un portail en améliore considérablement la praticité, en permettant de contrôler son ouverture et sa fermeture aussi bien depuis l'intérieur d'une propriété, à l'aide de boutons poussoirs fixes, que depuis un véhicule, grâce à une télécommande. Ce système constitue une solution efficace pour réduire de nombreux désagréments liés à l'accès manuel, tout en supprimant la nécessité de descendre du véhicule. Il en résulte un gain de temps appréciable, ainsi qu'un confort accru pour l'utilisateur. C'est pourquoi nous avons choisi d'étudier cette problématique, qui risque de prendre de l'ampleur dans les jours à venir si aucune solution appropriée n'est mise en place.

0.6. Objectifs du sujet

L'objectif général de notre travail est de concevoir et développer un circuit de commande d'un portail automatique.

Pour atteindre cet objectif, les objectifs spécifiques suivants ont été définis :

1. Faire une revue de la littérature sur les technologies de portail automatique existantes et faire un choix de celui qui s'adapte au mieux à notre contexte.
2. Concevoir un dispositif de commande qui permettra de contrôler le portail automatique choisi.
3. Simuler et réaliser ce dispositif conçu.
4. Tester et valider le dispositif réalisé.

0.7. Méthodes et Techniques utilisées

Pour mener à bien cette étude, nous avons eu recours aux méthodes et techniques suivantes :

- La méthode analytique : qui 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 : qui nous a permis de faire un choix convenable parmi les différentes solutions de la technologie et des composants adaptés au contexte socio-économique de la ville de Goma.
- La technique documentaire : Pour avoir un meilleur aperçu à notre sujet nous avons consulté des ouvrages appropriés, des articles, des vidéos ainsi que des documents sur internet traitant les sujets similaires à notre travail.
- La Technique expérimentale : des simulations ont été réalisées à l'aide du logiciel PROTEUS, et un prototype de petit portail alimenté en 12V sera fabriqué. Ce prototype permettra de démontrer le fonctionnement du circuit électronique et de valider le système de contrôle du portail dans des conditions pratiques.

0.8. Subdivision du travail

Dans ce qui suit nous allons aborder trois chapitres :

- Le premier chapitre présente les Généralités sur le portail automatique dans lequel nous faisons une revue de la littérature sur les portails automatiques ainsi que les différentes technologies utilisées.
- Le deuxième chapitre est consacré à la conception du dispositif de commande adapté au type de portail retenu dans le premier chapitre. Nous y présentons et justifions les choix techniques effectués, décrivons les composants utilisés, et proposons également le dimensionnement du motoréducteur pour un cas d'application réel.
- Le troisième chapitre est dédié à la simulation du dispositif ainsi qu'à la réalisation de la maquette au sein du laboratoire pour illustrer le fonctionnement réel du système conçu.

Chapitre 1 Généralités sur le portail automatique

Introduction

Les portails automatiques facilitent la gestion des accès en offrant un contrôle pratique et sécurisé. Ces systèmes se déploient aussi bien dans des contextes résidentiels qu'industriels, répondant à des besoins croissants en matière de sécurité, de confort et d'efficacité. Ce chapitre explore les types de portails automatiques, les différentes solutions mécaniques adaptées aux conditions d'installation ainsi que certaines technologies de commande d'un portail automatique.

1.1 Types de Portail Automatiques

Il existe plusieurs types de portails automatiques parmi lesquels on trouve ceux destinés aux enclos d'habitation, tels que :

- Le portail automatique à battant ;
- Le portail automatique coulissant.

1.1.1 Le portail battant

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.

L'ouverture du portail battant se fait par l'intérieur ou l'extérieur. Il a un angle d'ouverture de 90° (180° si les deux côtés sont suffisamment dégagés). Cependant, si votre maison donne sur la rue, vous ne pouvez pas opter pour une ouverture vers l'extérieur. Disponible avec 1 ou 2 vantaux, le portail battant est moins onéreux que le coulissant. Il est incompatible avec les

terrains dotés d'un dénivelé. Pour acquérir un certain confort d'utilisation, vous avez la possibilité d'ajouter l'option motorisation [1]. La figure 1. 1 montre l'image du portail automatique battant.

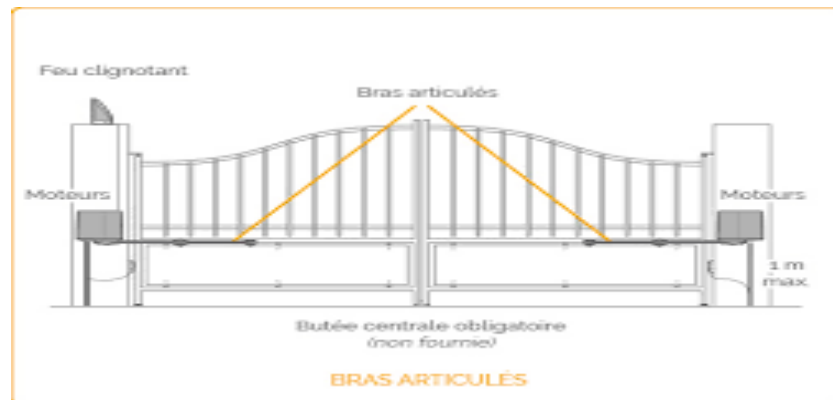


Figure 1.1 : portail automatique à battant [2]

1.1.2 Le portail automatique coulissant

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 [2]. La figure 1. 2 montre l'image du portail automatique coulissant.

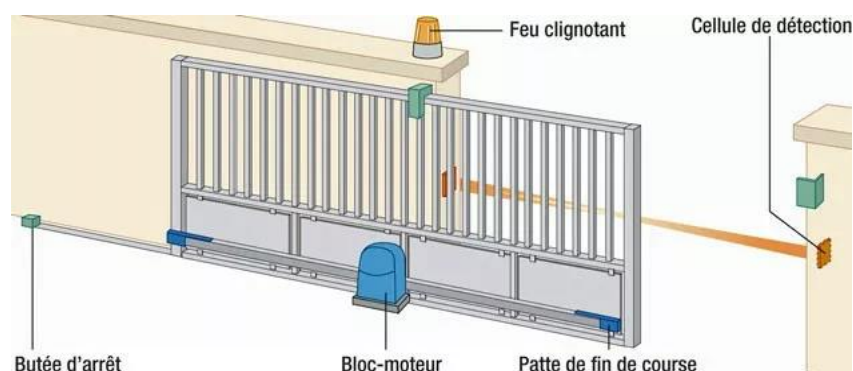


Figure 1.2 : portail automatique coulissant [3]

Parmi les portails automatiques coulissants nous avons :

1.1.2.1 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 [4].

La figure 1. 3 montre l'image d'une roue sur rail pour portail automatique coulissant sur rail.

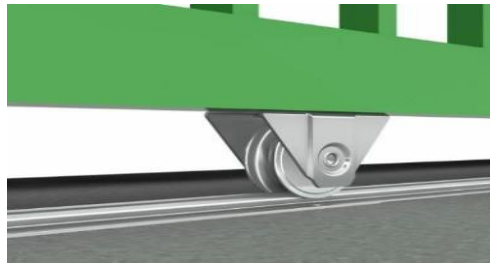


Figure 1.3: portail coulissant sur rail [4]

1.1.2.2 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 [4].

La figure 1. 4 montre l'image du portail automatique coulissant autoportant.



Figure 1.4 : portail coulissant autoportant [5]

1.1.2.3 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 [4].

La figure 1. 5 montre l'image du portail automatique coulissant télescopique.



Figure 1.5 : portail coulissant télescopique [6]

1.2 Mécanismes de Motorisation

La motorisation des portails automatiques repose sur plusieurs types de mécanismes, chacun offrant des avantages en termes de performance et de fiabilité.

1.2.1 Portail battant

1.2.1.1 Motorisation à bras

La motorisation à bras est très utilisée pour les portails battants, car c'est une Solution simple. Elle fonctionne grâce à des bras articulés, qui reproduisent le Mouvement d'un bras humain. Un bras mécanique est fixé sur chaque vantail pour permettre l'ouverture. Il existe des bras hydrauliques et électromécaniques. Les premiers sont les plus performants, ils sont utilisés notamment pour les engins de travaux. Les deux se fixent sur les vantaux, le poteau ou le mur. Une arrivée de 220 V est alors nécessaire. La traction est très douce ; Très facile d'utilisation,

la motorisation à bras a le meilleur rapport qualité. Elle nécessite par contre de la place sur les côtés quand les bras sont en position ouverte [7].

La figure 1. 6 représente l'image d'un portail battant en motorisation à bras.



Figure 1.6 : motorisation à bras [8]

1.2.1.2 Motorisation à vérins

Un vérin est un tube cylindrique dans lequel un piston sépare deux parties distinctes. Des orifices évacuent un fluide d'une partie à l'autre, ce qui déplace le piston. Il existe trois grands types de vérins : - le vérin pneumatique, qui fonctionne avec de l'air comprimé. - le vérin hydraulique, qui fonctionne avec de l'huile sous pression. - le vérin électrique, qui marche à l'électricité. La motorisation à vérin est à réserver aux portails solides, car elle exerce une force importante au niveau des gonds. Le matériau le plus adapté pour cette motorisation reste l'acier [7].

La figure 1. 7 représente l'image d'un portail battant en motorisation à vérins.



Figure 1.7 : motorisation à vérins [9]

1.2.1.3 Motorisation à roues

La motorisation à roues permet l'ouverture du portail grâce à une roue fixée en bas de chaque porte. C'est l'idéal pour un terrain en pente ou déformé, car elle s'adapte à tous les types de sols. De plus, c'est la motorisation la moins chère du marché. Elle a également l'avantage d'être facile à installer. Un moteur de 12 V ou 24 V suffit. Vous pouvez donc réaliser des économies d'énergie, ou même installer une motorisation solaire qui suffira à alimenter le moteur. La motorisation à roues n'est certes pas très esthétique, mais elle est très efficace ! C'est un très bon rapport qualité/prix [7].

La figure 1. 8 montre l'image d'un portail battant en motorisation à roue.



Figure 1.8 : motorisation à roues [2]

1.2.1.4 Motorisation enterrée

La motorisation enterrée est le système le plus cher, car il nécessite des travaux de maçonnerie. C'est pourquoi il est préférable de la mettre en place lors de l'installation d'un portail neuf. Cette motorisation est placée au pied de chaque vantail, près des piliers, et enterrée. Elle est donc invisible. C'est un système durable, car toutes les parties mécaniques sont dissimulées et de ces faits protégés. Les bras et les vérins ne sont pas apparents. Au-delà d'offrir un aspect plus esthétique, cela permet aussi de gagner de la place, car vous n'avez besoin d'aucun espace de rangement [7].

La figure 1. 9 montre en (a) l'image d'un portail battant en motorisation enterrée et en (b) l'image du point d'enterrement du moteur.



Figure 1.9 : motorisation enterrée [4]

1.2.1.5 Motorisation intégrée au portail

La motorisation intégrée au portail est quant à elle très facile à installer, puisque le mécanisme est situé dans les montants verticaux des vantaux. Nous l'achetons en même temps que le portail. Cela ne nécessite donc pas de travaux de maçonnerie et présente les avantages de la motorisation enterrée. Certains portails sont vendus avec un moteur intégré dans leur cadre. Il est impossible d'estimer son prix, car il est indissociable de celui du portail [7].

La figure 1.10 montre l'image d'un portail battant en motorisation intégrée au portail.



Figure 1.10 : motorisation intégrée au portail [10]

1.2.2 Le portail automatique coulissant

1.2.2.1 Motorisation pignon et crémaillère

Particulièrement adapté aux portails coulissant (sur rail au sol et autoportant), ce mécanisme utilise une crémaillère pour convertir le mouvement de rotation du moteur en mouvement linéaire, permettant au portail de glisser le long de son rail. Le moteur à crémaillère est robuste et offre une grande précision, ce qui en fait un choix privilégié pour les portails lourds [7]. La figure 1. 11 montre l'image de la motorisation pignon et crémaillère d'un portail coulissant.



Figure 1.11 : motorisation pignon et crémaillère [11]

1.3 Les Technologies de commande

Pour un portail automatique, la technologie de commande joue un rôle clé en influençant la praticité, la sécurité et l'efficacité. Ce sous-point examine différentes technologies disponibles en fonction de leurs avantages, inconvénients et fonctionnalités.

1.3.1 Commande par clavier

Le clavier est une serrure électrique permettant d'ouvrir et de fermer un portail en saisissant un code PIN. Cette technologie est largement utilisée pour les maisons privées et les entreprises [12].

La figure 1. 12 montre l'image d'un clavier



Figure 1.12 : Commande par clavier [13]

1.3.1.1 Les avantages

- Durable et plus sûr que les serrures mécaniques ;
- Accès restreint aux personnes disposant du code.

1.3.1.2 Les inconvénients

- Susceptible aux intrusions si le code est compromis ;
- Problèmes liés à l'oubli du code ou à des pannes du clavier.

1.3.2 Commande par RFID

Le système RFID permet d'ouvrir le portail à l'aide de cartes ou badges spécifiques équipés de puces électroniques. Les informations sont vérifiées et, si elles sont validées, le portail s'ouvre automatiquement [13].

La figure 1. 13 montre l'image d'un système RFID.



Figure 1.13 : Commande par RFID [13]

1.3.2.1 Les avantages

- Léger et sans nécessité de batterie ;
- Coût réduit et installation simple.

1.3.2.2 Les inconvénients

- Les badges peuvent être perdus ou volés ;
- La portée est limitée à une proximité du lecteur RFID.

1.3.3 Commande par capteurs de proximité

Les capteurs détectent la présence d'un objet ou d'une personne et déclenchent l'ouverture automatique du portail [13].

La figure 1. 14 montre l'image d'un capteur de proximité.



Figure 1.14 : Capteur de proximité [13]

1.3.3.1 Les avantages

- Permet une ouverture et une fermeture automatique ;
- Protection des personnes et des biens.

1.3.3.2 Les inconvénients

- Risques de déclenchements accidentels (animaux, passant) ;
- Sensibilité aux intempéries (pluie, neige, vent).

1.3.4 Commande à distance (Communication sans fil)

La communication sans fil est devenue une nécessité car, par rapport à une communication câblée ou filaire, elle permet d'avoir une installation plus propre, plus simple surtout pour les lieux difficiles à connecter avec des câbles et elle est plus économique [12].

Il y a deux modes de transmission :

- **Par ondes infrarouges** : Dans cette transmission il faut que les appareils soient en face l'un des autres et aucun obstacle sépare l'émetteur du récepteur car l'onde infrarouge est émise d'une manière directionnelle. Les ondes infrarouges ont pour inconvénient majeur de n'est pas traversé les obstacles (murs, objet) [12].

- **Par ondes radios** : Ici les équipements sont alors actionnés par ondes radio, par le biais de télécommandes, de tablettes tactiles ou plus simplement d'un smartphone. Les ondes radios ont l'avantage de ne pas être arrêtés par les obstacles car elles sont émises d'une manière omnidirectionnelle [12].

Pour la communication par ondes radios ; Comme illustré sur la figure une information source est en bande de base d'un signal radiofréquence puis elle sera transmise par voie hertzienne via une antenne. Le signal modulé sera également intercepté par l'intermédiaire de l'antenne d'un récepteur ou il va être démodulé et envoyé vers le système d'estimation de source [12].

La figure 1. 15 montre l'image d'un schéma synoptique d'une radiocommunication.

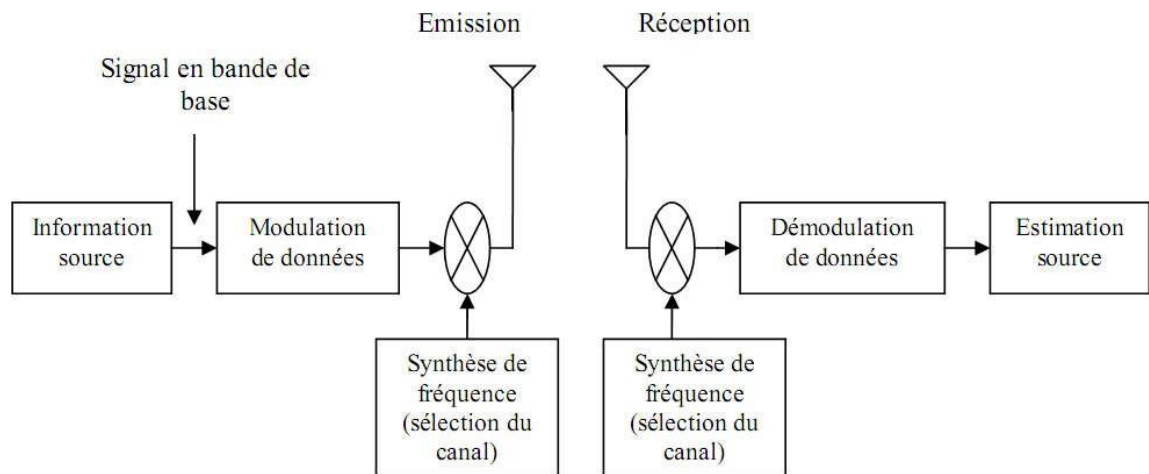


Figure 1.15 : Schémas synoptique d'une radiocommunication [12]

La communication radio fréquence désigne une gamme de fréquence entre 3KHz à 300 GHz ce qui comprend plusieurs protocoles et moyen de radio communication, à savoir la téléphonie mobile, le module RF 433MHz, le radar, Bluetooth, WiFi, Zigbee, ... [12].

1.3.4.1 Commande à distance via Smartphone

Les portails automatiques peuvent être intégrés à des systèmes de domotique pour une commande à distance via des applications mobiles [13].

La figure 1. 16 montre l'image d'un smartphone commandant un portail



Figure 1.16 : Commande via Smartphone [13]

1.3.4.1.1 Les avantages

- Confort et praticité grâce à une connexion Bluetooth ou WiFi ;
- Permet un contrôle même à longue distance.

1.3.4.1.2 Les inconvénients

- Dépendance à une connexion internet ou un réseau local ;
- Peut nécessiter des compétences techniques pour l'installation.

1.3.4.2 Commande à distance via une télécommande

Les télécommandes permettent de contrôler le portail via une communication sans fil (par ondes infrarouges ou radios) [13].

La figure 1. 16 montre l'image d'une télécommande commandant un portail



Figure 1.17 : Commande via une télécommande [13]

1.3.4.2.1 Les avantages

- Simplicité d'utilisation et longue durée de vie ;
- Offre un contrôle pratique depuis un véhicule ou à distance.

1.3.4.2.2 Les inconvénients

- Risque de perte ou de vol.

1.4 Avantages et Inconvénients du portail automatique

1.4.1 Avantages du portail automatique

1.4.1.1 A 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 à battants sont disponibles dans de nombreux matériaux comme le PVC, le bois, l'acier, ou encore l'aluminium [2].

1.4.1.2 Coulissant

- Le portail coulissant permet de conserver toute la largeur lumière ;
- Le portail coulissant s'ouvre plus rapidement que le portail à battant ;
- 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) [2].

1.4.2 Inconvénients du portail automatique

1.4.2.1 A 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 [2].

1.4.2.2 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) [2].

1.5 Critères et Choix

La sélection du type de portail, du mécanisme de motorisation et de la technologie de commande repose sur des critères liés à l'espace disponible, à la sécurité, au cout et maintenance [4].

1.5.1 Type de portail

Le choix du portail coulissant a été retenu pour les raisons suivantes :

- **Adaptation à espace restreint** : Contrairement au portail battant, le portail coulissant n'exige pas un dégagement important lors de l'ouverture, ce qui le rend idéal pour les habitations situées dans la ville de Goma dont la plupart ont des espaces limite.
- **Sécurité accrue** : Le système de verrouillage et la motorisation d'un portail coulissant offrent une meilleure résistance aux tentatives d'effraction.
- **Facilité de manœuvre** : La rapidité d'ouverture et la possibilité de grandes dimensions assurent une fluidité optimale des entrées et sorties, réduisant les blocages dans le trafic routière.

1.5.2 Mécanisme de motorisation

Le mécanisme de motorisation par pignon et crémaillère converti efficacement le mouvement rotatif du moteur en mouvement linéaire et c'est le seul compatible avec le portail coulissant.

Ce mécanisme offre également, grâce à son système de réduction de vitesse par engrenages et une vis sans fin, le verrouillage du portail en laissant le moteur entraîner le portail et non l'inverse.

1.5.3 Technologie de commande

La télécommande utilisant le mode de transmission par ondes radios grâce au module RF 433 MHz a été retenue comme technologie principale pour les raisons suivantes :

- **Praticité et confort d'utilisation** : Elle permet à l'utilisateur d'ouvrir et de fermer le portail sans quitter son véhicule, un avantage considérable pour la sécurité, notamment la nuit ou en cas de mauvais temps.
- **Portée suffisante** : Avec une fréquence de 433MHz, la télécommande offre une portée adaptée à l'usage résidentiel tout en traversant les obstacles comme les murs, contrairement aux systèmes infrarouges.
- **Cout abordable** : La télécommande RF est une solution économique par rapport aux commandes via smartphone ou RFID, tout en étant facile à installer et à utiliser.

1.6 Conclusion partielle

Dans ce premier chapitre, nous avons exploré les différents types de portails automatiques, en mettant l'accent sur les portails battants et coulissants, ainsi que leurs mécanismes de motorisation respectifs.

Nous avons également examiné les diverses technologies de commande disponibles, telles que les claviers, les systèmes RFID, les capteurs de proximité et les télécommandes. Après une analyse approfondie des avantages et des inconvénients de chaque option, le choix s'est porté sur un portail coulissant sur rail motorisé par un système de pignon et crémaillère et commandé à distance via une télécommande RF.

Le prochain chapitre sera consacré à la conception du dispositif de commande d'un portail coulissant.

Chapitre 2 Conception du dispositif de commande

Introduction

Ce chapitre est consacré à la conception d'un dispositif de commande qui permet de gérer l'ouverture et la fermeture d'un portail via une radiocommunication ainsi que la démarche à suivre pour le dimensionnement du motoréducteur pour un cas réel. Le choix, la justification et la description des composants utilisés sont effectués avant la présentation du schéma synoptique du système conçu.

2.1 Système d'un portail automatique

Notre système sera constitué de 4 blocs importants à savoir le bloc operateur, le bloc interfaces, le bloc de traitement et le bloc opératif ; Chacun jouant un rôle précis dans le fonctionnement du portail automatique. Le schéma de la figure 2.1 illustre le schéma bloc du système conçu.

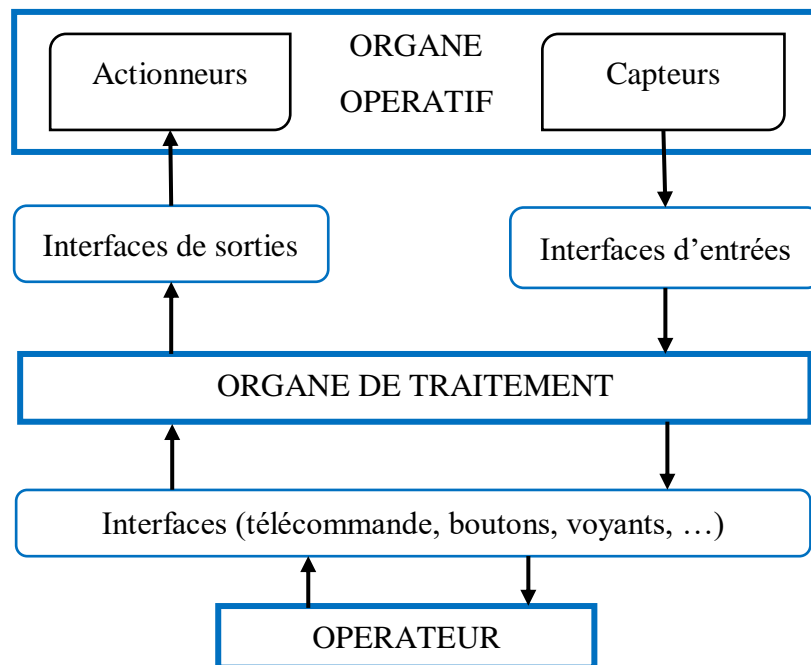


Figure 2.1 : Schémas bloc du système conçu

2.1.1 Operateur

L'opérateur ici représente l'homme, qui utilise les interfaces d'entrée-sortie pour communiquer avec le système.

2.1.2 Les interfaces

Ils regroupent l'ensemble des éléments permettant de transmettre une information à l'organe de traitement. Dans le cadre de ce travail, nous avons retenu les interfaces suivantes :

- a) **Communication opérateur – organe de traitement** : pour assurer cette communication, nous avons opté pour les interfaces suivantes :
- **Boitier à boutons poussoirs** : choisie pour la communication filaire de notre dispositif, il permet de transmettre des instructions vers l'organe de traitement (qui est le microcontrôleur Arduino pour notre cas) depuis l'intérieur de la maison. Il comprend deux boutons poussoirs momentanés pour l'ouverture et la fermeture, ainsi qu'un bouton non momentané dédié à l'arrêt d'urgence. Les boutons momentanés, de type à contact normalement ouvert (NO) permettent un contrôle temporaire précis des mouvements, évitant toute activation prolongée non désirée. Le bouton d'arrêt non momentané, de type à enclenchement, maintient la commande d'arrêt active jusqu'à réinitialisation, garantissant ainsi une sécurité renforcée pour notre dispositif de commande.
 - **Voyant lumineux** : utilisé comme interface de signalisation visuelle, il reçoit les instructions depuis l'organe de traitement et informe l'opérateur sur l'état du portail s'il est en mouvement en clignotant ou non en restant éteint. Un feu clignotant de 12V DC à fixation par panneau a été choisi car il fonctionne directement avec l'alimentation 12V du système, haute visibilité même à distance et il est idéal pour une installation sur pilier de portail.
 - **La télécommande** : une télécommande utilisant la transmission par ondes radio via un module RF 433 MHz a été choisie comme technologie de commande à distance sans-fil, pour les raisons exposées dans la section 1.5.3. Contrairement à une télécommande

commerciale, celle-ci sera conçue manuellement. L'organe de traitement de notre télécommande sera un microcontrôleur Arduino. Celui-ci recevra les ordres de l'opérateur à travers l'action sur des boutons-poussoirs, les encodera, puis les transmettra à l'organe de traitement, qui déterminera ensuite l'action à entreprendre en fonction des instructions reçues.

La figure 2.2 illustre en (a) un boîtier à bouton poussoirs et en (b) un feu clignotant



Figure 2.2 : (a) Boîtier à boutons poussoirs et (b) Feu clignotant [4]

b) Communication organe opératif – organe de traitement : pour assurer cette communication, nous avons opté pour les interfaces suivantes :

- **Transistor BC547 :** utilisé comme interface d'entrée entre l'organe de traitement et l'organe opératif (notamment le capteur de la barrière infrarouge) mais également comme interface de sortie combiné au relais électromécanique. Le transistor BC547 est un transistor bipolaire NPN qui, utilisé en mode commutation, se comporte comme un interrupteur électronique. En mode coupure (bloqué), il agit comme un interrupteur ouvert : le courant de base est insuffisant, ce qui empêche la circulation du courant collecteur. En mode saturation, il agit comme un interrupteur fermé : le courant de base devient suffisant pour permettre le passage du courant collecteur [14]. Ces deux états de fonctionnement font du BC547 une interface d'entrée idéale pour notre dispositif de commande.
- **Relais :** utilisé comme interface de sortie entre l'organe de traitement et l'organe opératif (motoréducteur) ; Il permet de commander à partir d'un signal de commande de 5V, des organes de puissance tel que le motoréducteur. Cette interface est composée

d'un transistor utilisé en mode commutation connecté au relais. Le transistor utilisé dans le cadre de travail sera un transistor BC 547 et le relais utilisé sera un relai électromécanique 2RT miniature alimentée en 12V DC et avec un pouvoir de coupure de 5A. Ce choix a été fait sur ces composants étant donné leur disponibilité sur le marché, leur faible coût, leur simplicité d'utilisation. Les relais électromécaniques, en particulier, présentent l'avantage d'assurer une isolation électrique efficace entre le circuit de commande (alimentation 12V dans notre cas) et le circuit de puissance, ce qui est essentiel pour notre dispositif, où le motoréducteur peut être alimenté en 12V, 24V ou même 48V.

La figure 2.3 illustre en (a) le transistor BC547 et en (b) un relais électromécanique 2RT

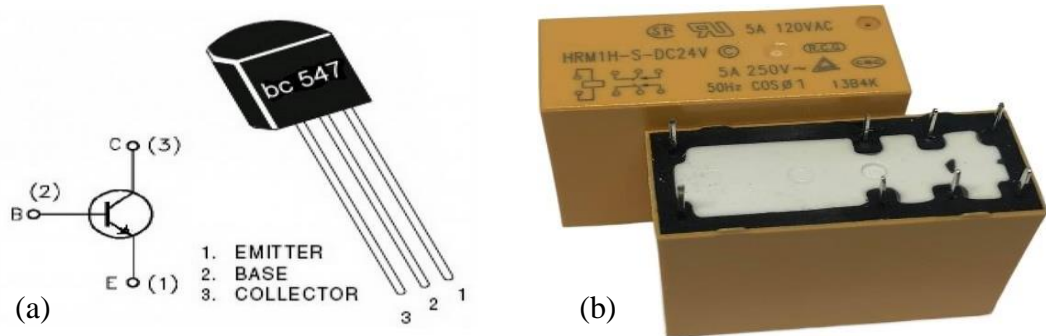


Figure 2.3 : (a) Transistor BC547 [14] et (b) Relais électromécanique 2RT

La figure 2.4 illustre en (a) le schéma de connexion des bobines des relais utilisés

La broche numérique I02 de l'Atmega328, qui délivre une tension de 5V en sortie HIGH, est connectée à la résistance R7 de base du transistor Q1. la borne 0V au niveau de l'émetteur est relié à la masse, laquelle est commune avec celle de l'Atmega328, formant un circuit fermé que l'on peut représenter par la maille (1) pour déterminer la valeur de R7.

Tableau 2.1 : Caractéristique des relais utilisés

HRM1H-(S)-DC12V	U nominale (V)	r (Ω)	P (mW)	I nominal (A)
	12	267	540mW	45mA

Le courant collecteur I_c de notre transistor sera le courant qui traverse la bobine du relais, et pour notre relais c'est 45mA comme courant nominal. Pour $I_c = 45\text{mA}$, on trouve sur la courbe caractéristique de I_c en fonction du gain en courant (h_{FE}) du BC547B illustré sur la figure 2.4 en (b), la valeur de $h_{FE} = 100$ correspondant à $I_c = 45\text{mA}$ en théorie, cependant en pratique la valeur de h_{FE} varie selon plusieurs facteurs (température, la tension collecteur-émetteur); pour garantir que le transistor entre bien en saturation on divise h_{FE} par un facteur de sécurité N compris entre 2 et 5. Si on prend $N = 2.5$, on aura $h_{FE} = 40$. En parcourant la maille (1) on a :

$$U_{I02} - I_b \times R7 - V_{BE} = 0 \quad (2-1)$$

$$I_b = \frac{I_c}{h_{FE}} \quad (2-2)$$

$$R7 = \frac{U_{I02} - V_{BE}}{I_c} \times h_{FE} \quad (2-3)$$

Avec : $U_{I02} = 5V$, $V_{BE} = 0.7V$, $I_c = 45\text{mA}$, $h_{FE} = 40$

AN: $R7 = \frac{5V - 0.7V}{45\text{mA}} \times 40$

$R7 = 3.9K\Omega$

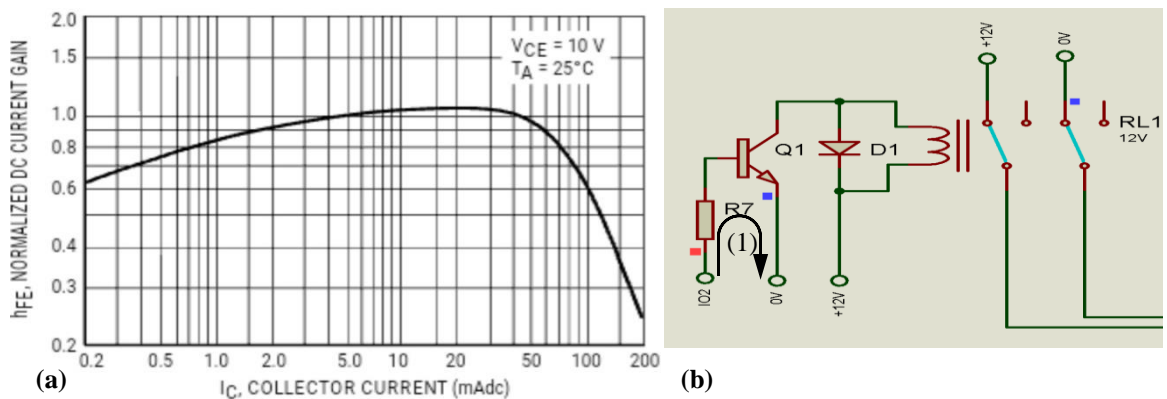


Figure 2.4 : Schéma de connexion des bobines des relais de notre dispositif

2.1.3 Organe de traitement

L'organe de traitement est le centre des décisions du système, il est responsable de la gestion des interactions entre l'opérateur, les capteurs et les actionneurs pour garantir un fonctionnement efficace et sécurisé du portail automatique [4]. Dans ce travail, le microcontrôleur de la famille Arduino a été retenu comme interface de traitement, en raison de sa disponibilité, de son prix abordable par rapport à d'autres solutions (l'automate programmable, le microcontrôleur PIC, ...), de sa facilité de programmation, et de l'accessibilité de son environnement de développement qui est en open source.

2.1.3.1 Arduino

Arduino est une plateforme de développement électronique open-source basée sur des microcontrôleurs reprogrammable. Elle est largement utilisée dans le prototypage rapide, l'automatisation et les systèmes embarqués grâce à sa simplicité et sa flexibilité. Arduino est composé de deux principaux outils, qui sont le matériel et le logiciel [15].

2.1.3.1.1 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 [15].

Des cartes Arduino les plus populaires à savoir Arduino NANO ; Arduino UNO ; Arduino MEGA, nous avons porté notre choix sur la carte UNO étant donné qu'elle permet de détacher facilement son microcontrôleur pour le souder sur un circuit imprimé dédié, tout en conservant la carte pour d'autres projets.

La figure 2.5 illustre la carte Arduino UNO et ses parties

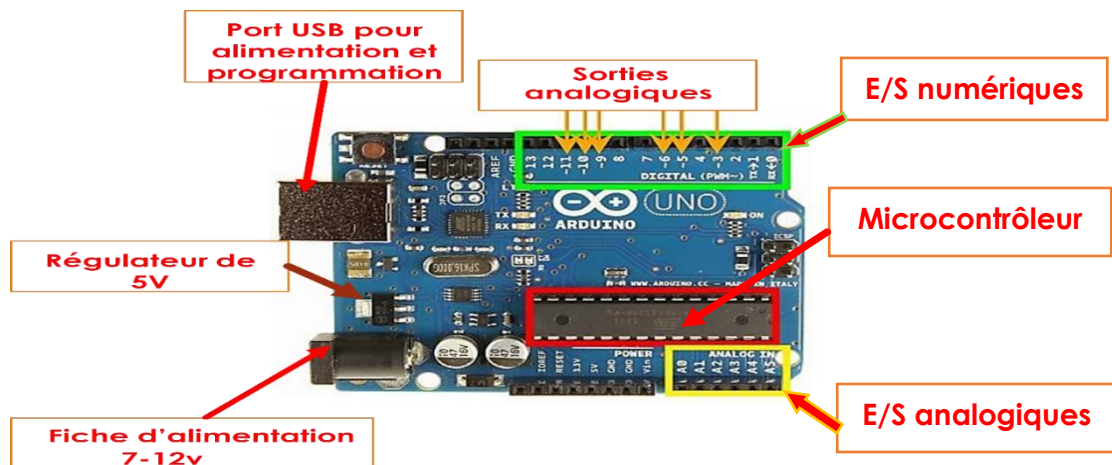


Figure 2.5 : Carte Arduino UNO [15]

Caractéristiques de la carte Arduino UNO [15] :

- Contient un microcontrôleur de type Atmega328 ou Intel 8086 : 32 ko de ROM, 2 ko de RAM, 16 MHz (Intel 8086 : de 5 à 10 MHz) ;
- Contient 14 ports entrées/sorties numériques : Peuvent recevoir/fournir deux valeurs de tension 0V ou LOW et 5V ou HIGH ;
- Contient 6 ports entrées/sorties analogiques (qui peuvent aussi être utilisés comme entrées/sorties numériques) : Peuvent recevoir une infinité de valeur de tensions comprises entre 0V et 5v ;
- Contient 6 ports de sortie analogiques (PWM) : Peuvent fournir une infinité de valeurs de tensions comprises entre 0V et 5V ;
- Programmable par port USB ;
- Intensité de courant par port E/S : nominale 20mA et max 40 mA ;
- Tension d'entrée(limites) : 7-20 V ; Tension de Fonctionnement : 5 V.

Le cœur de la carte Arduino UNO repose sur le microcontrôleur Atmega328. Ce composant peut être détaché de la carte Arduino et utilisé de manière autonome sur un circuit imprimé dédié, à condition de lui fournir les éléments essentiels à son fonctionnement tels qu'un oscillateur (quartz de 16 MHz avec ces deux condensateurs de 22 pF par exemple), une alimentation stable (5V), un système de reset [16]. Cette approche permet de réduire le coût, le volume du montage final, tout en conservant la logique de programmation réalisée sur l'Arduino UNO.

La figure 2.6 illustre le branchement d'un Atmega328 détaché de sa carte

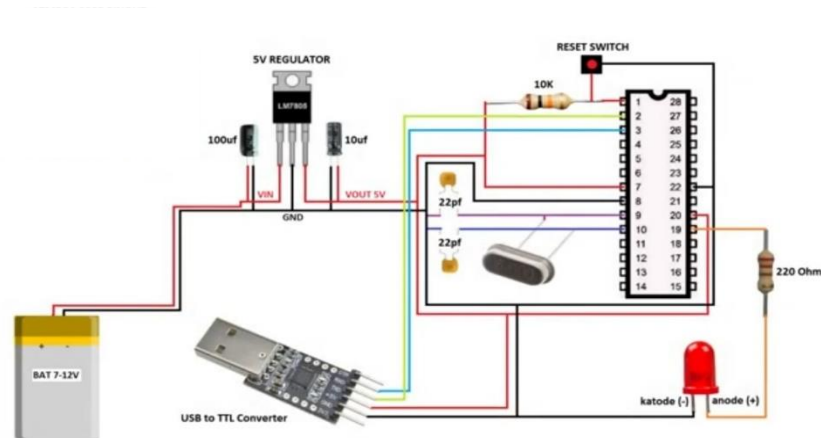


Figure 2.6 : Branchement d'un Atmega 328 détaché de la carte Arduino [17]

2.1.3.1.2 Le logiciel

Le logiciel Arduino va nous permettre de programmer notre carte Arduino UNO et faire un débogage logiciel. Il nous offre une multitude de fonctionnalités. Il est gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir [15]

2.1.4 Organe opératif

L'organe opératif est chargée de l'exécution physique des commandes reçues de l'organe de traitement, telles que l'ouverture, la fermeture ou l'arrêt du portail. Il assure également la détection des changements physiques de l'environnement et transmet ces informations à

l'organe de commande. Dans notre dispositif, l'organe opératif est composé d'un actionneur et des capteurs.

2.1.4.1 L'actionneur

Un actionneur est un dispositif qui effectue une action physique en réponse à un signal reçu de l'organe de traitement. Pour notre dispositif, le seul actionneur que nous avons c'est le motoréducteur, qui est un organe mécanique qui combine un moteur électrique et un réducteur de vitesse dans une seule unité. Le rôle principal du réducteur est de réduire la vitesse de rotation du moteur tout en augmentant le couple de sortie, ce qui est adapté aux exigences de manœuvre d'un portail coulissant, ou un mouvement lent, régulier et puissant est nécessaire.

La figure 2.7 illustre un motoréducteur



Figure 2.7 : Motoréducteur [18]

2.1.4.2 Les capteurs

Un capteur est un dispositif qui détecte des changements dans son environnement et envoie des signaux à l'organe de traitement. Pour notre système, les capteurs utilisés sont :

- a) **Capteurs de fin de course** : il en existe trois sortes : capteur à croix, à came et de position [4]. Le capteur à came est un interrupteur mécanique à trois positions avec une tige à ressort ; Sortie de l'extérieur et solidaire à la came, est en contact avec le butin se trouvant sur le portail. Nous avons choisi le capteur de fin de course à came pour sa simplicité d'installation et son confort dans l'installation du bloc moteur d'un portail automatique coulissant contrairement aux autres capteurs.

La figure 2.8 illustre en (a) un capteur de fin de course à croix ; en (b) un capteur de fin de course à came et en (c) un capteur de fin de course à position.

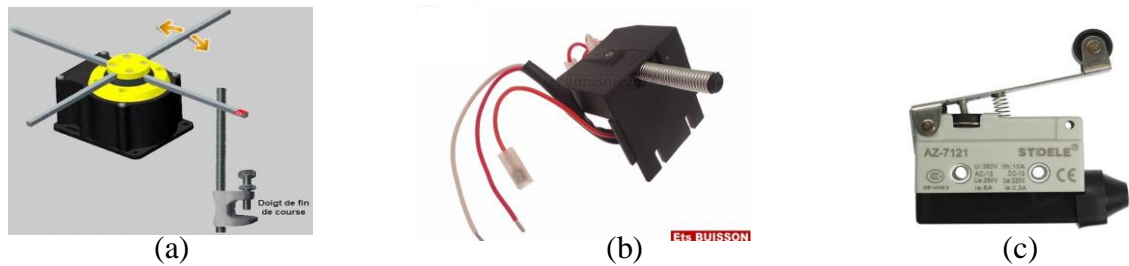


Figure 2.8 : Capteurs de fin de course [4]

b) **Cellules photoélectriques** : elles permettent de détecter la présence d'un objet par l'envoi d'un faisceau lumineux. Nous avons choisi d'utiliser des **cellules photoélectriques de type barrage** en raison de leur principe de fonctionnement, qui convient particulièrement bien à notre application. Ce type de cellule repose sur l'interruption d'un ou plusieurs faisceaux lumineux établis entre un émetteur et un récepteur placé dans deux boîtiers distincts. Lorsqu'un véhicule ou un obstacle coupe ce faisceau, sa présence est détectée, permettant ainsi au système de réagir en conséquence. Ce choix a été préféré aux autres types de cellules pour les raisons suivantes :

- **Cellule réflex** : peut confondre une surface réfléchissante, comme une vitre ou une carrosserie de voiture, avec le réflecteur, ce qui peut entraîner une détection incorrecte.
- **Cellule de proximité** : ne détecte que les objets opaques et présente une portée de détection limitée.
- **Cellule polarisée rétro** : ne détecte efficacement que les objets réfléchissant la lumière, ce qui n'est pas adapté à notre cas d'usage.

La figure 2.9 illustre les cellules photoélectriques de type en (a) proximité ; en (b) barrage ; en (c) réfléchissant et en (d) polarisé rétro

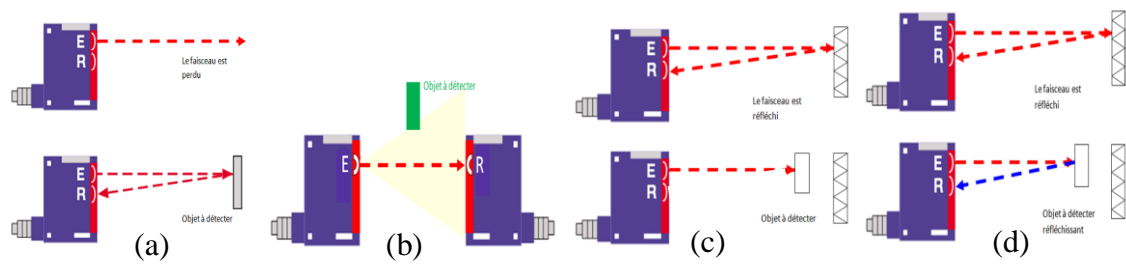


Figure 2.9 : Les cellules photoélectriques [19]

2.2 Modules RF 433 MHz

Le choix du module RF433 MHz s'est imposé naturellement pour ce projet en raison de leur simplicité de mise en œuvre, leur faible coût, leur portée suffisante pour un portail résidentiel et leur faible consommation. Contrairement à des technologies comme le Wi-Fi, Zigbee ou le Bluetooth, ils ne nécessitent pas de configuration réseau ou de protocole complexe. Bien qu'il soit unidirectionnel, cette limite est facilement compensée par l'ajout d'une signalisation servant de retour visuel, indiquant que la commande a bien été reçue et exécutée [20].

2.2.1 L'émetteur

- Il se compose de 3 broches : Vcc, GND et les données à envoyer ;
- Il y a aussi la possibilité de souder une antenne (fil de 16 à 18 cm) pour augmenter la distance d'envoi ;
- L'alimentation doit être comprise entre 3 et 12 V ;
- La puissance émise est de 25 mW pour Vcc = 12V ;
- La modulation de la porteuse est de type ASK/OOK [20].

La figure 2.10 illustre l'émetteur RF 433 MHz

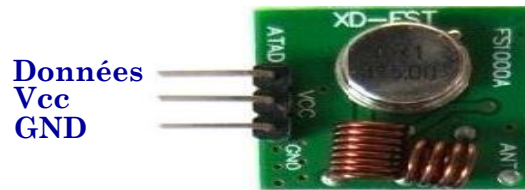


Figure 2.10 : Emetteur RF 433 MHz [20]

2.2.2 Le récepteur

- Il se compose de 4 broches : Vcc, GND et deux broches pour les données reçues ;
- Il y a aussi la possibilité de souder une antenne ;
- L'alimentation doit être $V_{cc} = 5V$.

La figure 2.11 illustre le récepteur RF 433 MHz [20]

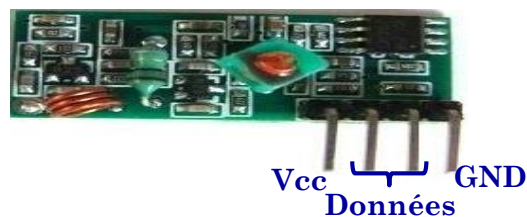


Figure 2.11 : Récepteur RF 433 MHz [20]

2.3 Motoréducteur et le système pignon/crémaillère

Le motoréducteur est constitué d'un moteur électrique et d'un système de transmission de puissance par engrenages ; Son rôle est de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique. Bien qu'il existe des motoréducteurs à courant alternatif et à courant continu, le choix s'est porté sur un modèle à courant continu. Ce choix s'explique par la simplicité de commande avec notre dispositif, la sécurité offerte par la basse tension, et la possibilité d'utiliser une batterie en cas de coupure de courant.

2.3.1 Les engrenages

Les engrenages servent à transmettre le mouvement et la puissance par obstacle entre deux arbres parallèles, concourants, non concourants ou gauches et à réduire ou multiplier les vitesses de sortie. Pour notre système les engrenages (roue et vis sans fin) déjà inclus dans le motoréducteur vont permettre de réduire la vitesse de sortie tout en augmentant le couple.

L'engrènement d'une roue dentée et vis sans fin est généralement irréversible et donc utilisé comme anti-retour(sécurité) [21], qui est un grand avantage pour notre système où le moteur est le seul à entrainer le portail et non l'inverse.

2.3.2 Système pignon/crémaillère

Le système pignon-crémaillère fait partie des engrenages à dentures droites, il transforme le mouvement de rotation en mouvement de translation ou l'inverse. Ce système comprend une roue dentée extérieure fermée qu'on appelle « pignon » et une roue dentée intérieure ouverte qu'on appelle « crémaillère » [21]. Lorsque le pignon tourne, ses dents s'engrènent avec ceux de la crémaillère et entraînent cette dernière dans un mouvement de translation.

La figure 2.12 illustre un système pignon-crémaillère

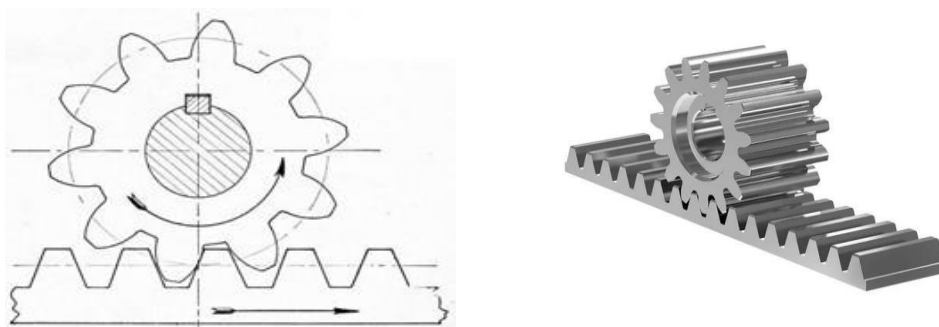


Figure 2.12 : Système pignon-crémaillère [4]

2.3.3 Marche à suivre pour le Dimensionnement du Motoréducteur

Le dimensionnement d'un motoréducteur pour portail coulissant est crucial pour garantir son bon fonctionnement et sa durabilité. Un motoréducteur correctement dimensionné permet au

portail de s'ouvrir et de se fermer sans effort, minimisant l'usure des composants. Pour faire un bon dimensionnement du motoréducteur pour un portail coulissant, il faut prendre en compte le poids du portail, sa longueur ; Le poids détermine la puissance requise du moteur, tandis que la longueur du portail influence la force nécessaire pour le déplacer sur toute sa longueur.

Ainsi nous allons présenter les techniques et formules nécessaires pour le dimensionnement du motoréducteur d'un portail coulissant.

2.3.4 Principe fondamentale de la dynamique sur un portail coulissant

On va considérer un portail coulissant qui a une masse m . Pour faire l'étude mécanique de ce portail on ne considère que selon le principe de la mécanique du solide que son point G , qui représente le centre de gravité du portail. Avant d'appliquer le Principe Fondamental de la Dynamique (PFD) il faut faire le bilan des forces sur l'objet qui se déplace et les forces seront appliquées au centre de gravité G .

La figure 2.13 illustre les forces appliquées sur un portail coulissant

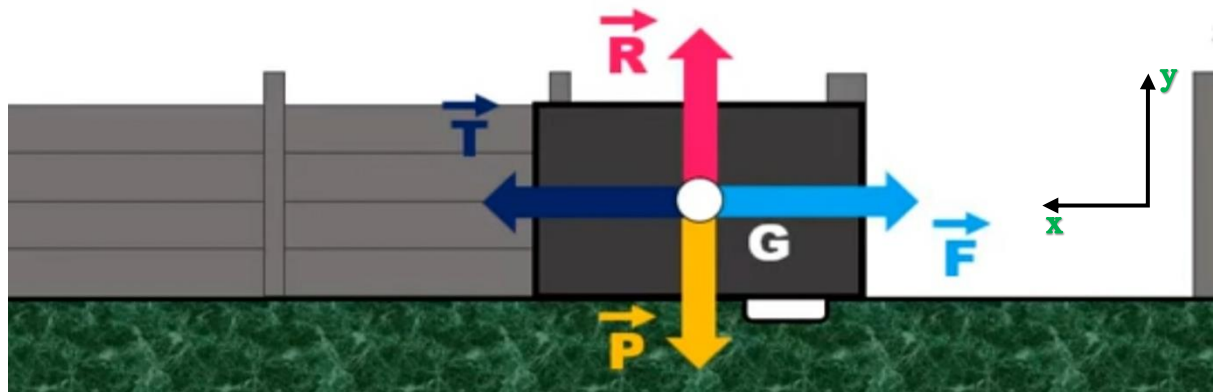


Figure 2.13 : Les forces appliquées sur un portail coulissant [22]

Avec :

- \vec{P} : Le Poids

- \vec{R} : La Réaction du sol sur le portail
- \vec{T} : La Traction exercée par le motoréducteur via une crémaillère sur le portail
- \vec{F} : Les Frottement

Le principe fondamental de la dynamique nous dit que la somme vectorielle de toutes les forces qui sont appliquées sur le portail est égale à la masse du portail multipliée par le vecteur accélération ; cette relation est vérifiée lorsque le portail se déplace.

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} + \vec{F} = m \times \vec{a} \quad (2-4)$$

Pour faire disparaître les flèches des vecteurs, il faut projeter la relation vectorielle sur des axes OX et OY :

- OX : L'axe OX est dirigé dans le sens de l'ouverture ; En projetant toutes les forces sur cet axe on a $\vec{P} = 0.\vec{i}$, $\vec{R} = 0.\vec{i}$, $\vec{T} = +T.\vec{i}$, $\vec{F} = -F.\vec{i}$ et $\vec{a} = +a.\vec{i}$

$$0 + 0 + T - F = m \times a \quad (2-5)$$

- OY : L'axe OY est dirigé vers le haut ; En projetant toutes les forces sur cet axe on a $\vec{P} = -P.\vec{j}$, $\vec{R} = R.\vec{j}$, $\vec{T} = 0.\vec{j}$, $\vec{F} = 0.\vec{j}$ et $\vec{a} = 0.\vec{j}$

$$-P + R + 0 + 0 = 0$$

$$P = R \quad (2-6)$$

2.3.4.1 Détermination des forces en jeu

- **Force verticale** : Poids et Réaction du sol en Newton

$$P = m \times g \quad (2-7)$$

Avec :

- m – masse du portail en Kg ;
- g – accélération gravitationnelle en m/s^2 .

➤ **Force horizontale** : Frottement et Force motrice en Newton

La force de frottement F dépend du coefficient de frottement f entre le portail et le rail.

$$F = f \times P \quad (2-8)$$

La force de traction du motoréducteur T doit être calculer pendant la phase d'accélération, car c'est là que le motoréducteur doit fournir le plus de force.

$$T = m \times a + F \quad (2-9)$$

➤ **Calcul du couple** : Le motoréducteur entraîne le portail via une roue dentée (pignon) de rayon r qui agit sur la crémaillère. La formule du couple C_{pignon} est donné par ;

$$C_{pignon} = T \times r \quad (2-10)$$

Avec :

- C_{pignon} – couple nécessaire pour déplacer le portail en Nm ;
- r – rayon du pignon en m.

➤ **Calcul de la puissance mécanique du motoréducteur** : La formule de la puissance mécanique du motoréducteur est donnée par :

$$Pm = C_{pignon} \times \Omega_s \quad (2-11)$$

Avec :

- Pm – Puissance mécanique du motoréducteur en W ;

○ Ωs – Vitesse angulaire du pignon en rad/sec ; $\Omega s = \frac{v}{r}$

○ V – Vitesse du portail constant en m/s

➤ **Calcul de la puissance électrique du motoréducteur :** La puissance électrique du motoréducteur est proportionnelle à sa puissance mécanique

$$P_{\text{él}} = \frac{P_m}{\eta} \quad (2-12)$$

2.3.4.2 Application numérique

Considérons un portail automatique métallique coulissant sur rail de 2.4 m de largeur et 4.5 m de longueur. Supposons que la masse de ce portail soit estimée à 250 kg. Le motoréducteur, initialement à l'arrêt, doit mettre un temps de démarrage $t_1 = 2$ sec pour atteindre la vitesse de croisière de ce portail $v = 0.3$ m/s. Le coefficient de frottement entre rail et roue en acier est de 0.35, et l'accélération gravitationnelle est de $9,81$ m/s². Le rayon du pignon est supposé être de 4 cm. Déterminer les caractéristiques d'un motoréducteur pour la motorisation de ce portail, fonctionnant sous 24V. On prendra pour hypothèse que le rendement électrique est de 90%.

Force de gravité P : L'équation (2-7) donne

$$P = m \times g$$

AN :

$$P = 250 \times 9.81$$

$$P = R = 2452.5 \text{ N}$$

Force de frottement : L'équation (2-8) donne

$$F = f \times P$$

AN :

$$F = 0.35 \times 2452,5$$

$$F = 858.375 \text{ N}$$

- **Force de traction du motoréducteur T :** L'équation (2-9) donne

$$T = m \times a + F$$

$$T = m \times \frac{v}{t1} + F$$

AN :

$$T = 250 \times \frac{0.3}{2} + 858.375$$

$$T = 895.875 \text{ N}$$

- **Couple C_{pignon} et la vitesse angulaire Ωs à la sortie du réducteur**

$$C_{pignon} = T \times r$$

$$\Omega s = \frac{v}{r}$$

$$Ns = \frac{\Omega s \times 60}{2 \times \pi}$$

AN :

$$C_{pignon} = 895.875 \times 0.04$$

$$C_{pignon} = 36 \text{ Nm}$$

$$\Omega_s = \frac{0.3}{0.04}$$

$$\Omega_s = 7.5 \text{ rad/s}$$

$$N_s = \frac{7.5 \times 60}{2 \times \pi}$$

$$N_s = 72 \text{ tr/min}$$

- **Puissance mécanique du motoréducteur P_m** : L'équation (2-11) donne

$$P_m = C_{\text{pignon}} \times \Omega_s$$

AN :

$$P_m = 36 \times 7.5$$

$$P_m = 270 \text{ W}$$

- **Puissance électrique du motoréducteur $P_{\text{él}}$** : L'équation (2-12) donne

$$P_{\text{él}} = \frac{p_m}{\eta}$$

Pour un rendement de 90% la puissance du moteur sera :

AN :

$$P_{\text{él}} = \frac{270}{90} \times 100$$

$$P_{\text{él}} = 300 \text{ W}$$

- **Caractéristiques**

Tableau 2.2 : Caractéristiques d'un motoréducteur pour un portail de 250Kg

Tension	Puissance	Vitesse de rotation	Couple nominale
24 V	300 W	72 tr/min	36 Nm

2.4 Le schéma synoptique de notre dispositif de commande

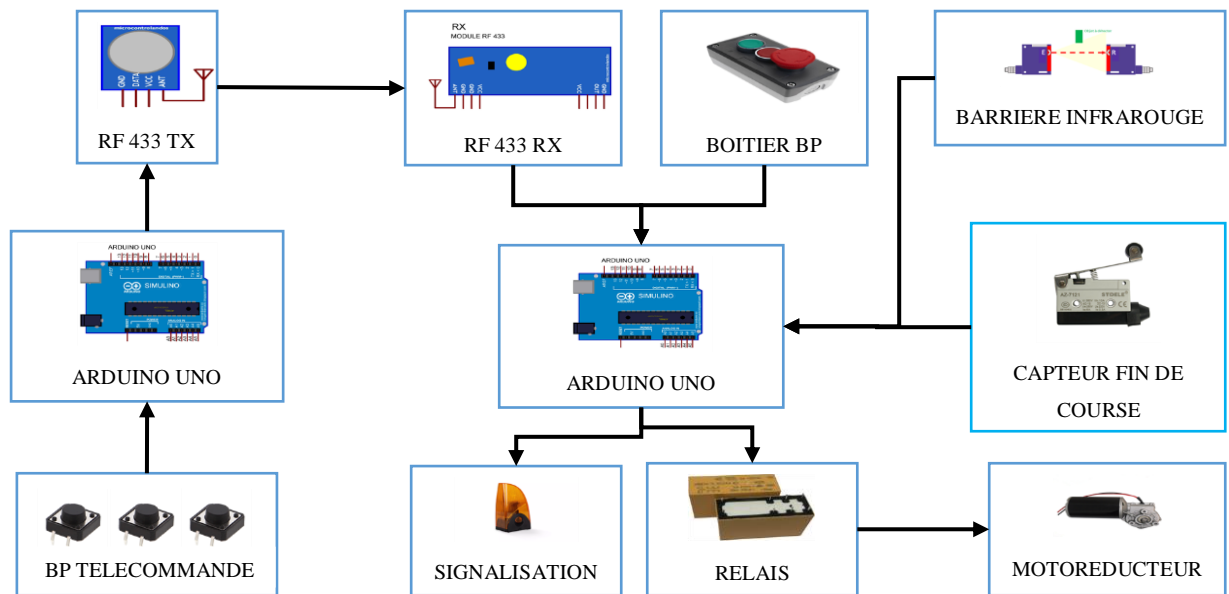


Figure 2.14 : Schémas synoptique de notre dispositif de commande

2.5 Conclusion partielle

Dans ce chapitre, nous avons présenté la conception de notre dispositif de commande que nous avons divisé en quatre organes principaux : l'opérateur, l'organe de traitement, l'organe opératif et les interfaces.

Nous avons dimensionné, justifié le choix et décrit les composants essentiels de chaque organe, puis. Tout cela nous a permis de ressortir à la fin un schéma synoptique qui va guider l'implantation du montage sous Proteus dans le chapitre suivant.

Chapitre 3 Simulation et Réalisation

Introduction

Après avoir étudié les modules utilisés, ce chapitre porte sur la simulation et la réalisation de notre dispositif de commande. L'objectif de ce chapitre est de valider le fonctionnement du dispositif à travers une simulation sous Proteus, puis de passer à la réalisation pratique et en fin, tester ce dispositif sur une maquette qui reprend la fonctionnalité d'un portail automatique.

3.1 Présentation du Logiciel Proteus

Proteus est un outil logiciel de simulation et de conception développé par Labcenter Electronics pour la conception de circuits électriques et électroniques. Il possède deux logiciels principaux à savoir ISIS et ARES.

3.1.1 Interface de logiciel ISIS

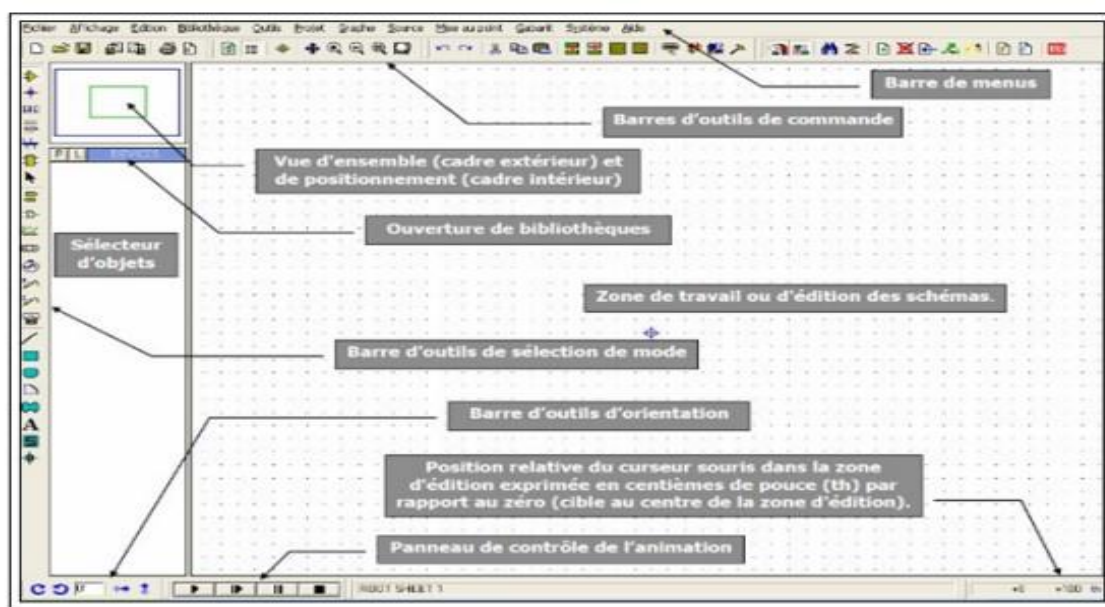


Figure 3.1 : L'interface de logiciel ISIS [23]

ISIS est le logiciel utilisé pour dessiner des schémas et simuler les circuits en temps réel.

3.1.2 Interface de logiciel ARES

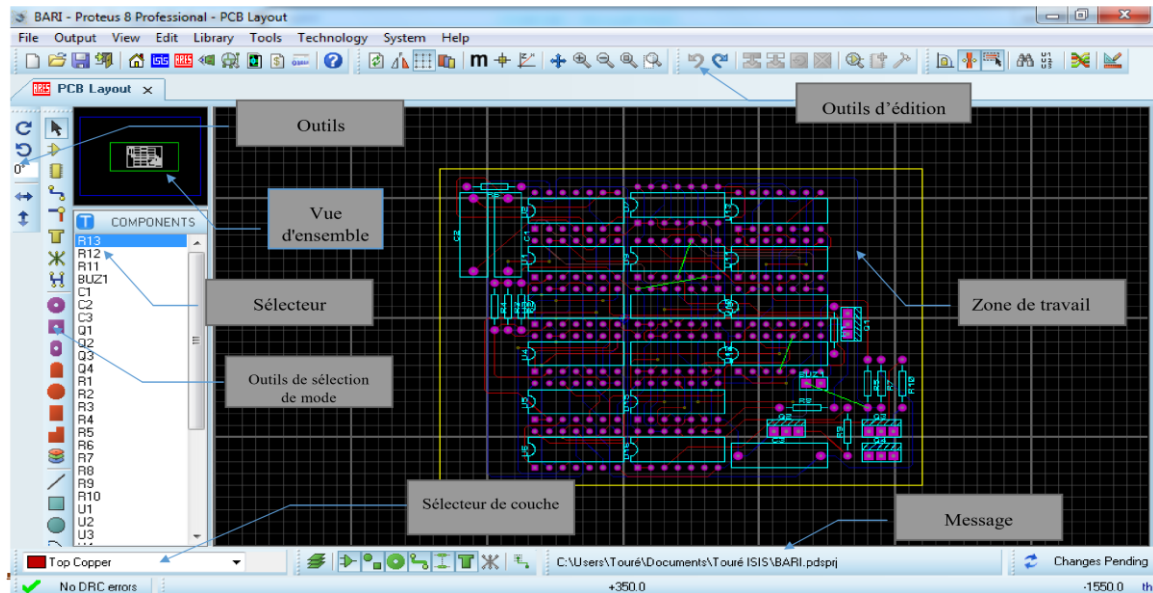


Figure 3.2 : L'interface de logiciel ARES [23]

ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB de la carte électronique.

3.2 Schémas fonctionnels de notre dispositif de commande

La figure 3.3 illustre les schémas fonctionnels de notre dispositif de commande d'un portail automatique coulissant.

Sur cette figure, la partie A, illustre le circuit de notre télécommande RF 433 MHz qui comprend :

- Trois boutons poussoirs pour transformer les actions physiques de l'opérateur (Arrêter, Ouvrir et Fermer) en signal électrique.

- Un microcontrôleur Atmega 328P pour convertir les informations à transmettre, en un signal numérique compatible avec le module RF transmission des données (TX).
- Le module RF TX convertit le signal numérique reçu en ondes radio qui est transmis à une fréquence de 433MHz.

La partie **B**, illustre le circuit de contrôle de notre dispositif de commande avec :

- Un microcontrôleur Atmega 328P comme l'organe de traitement.
- Le module RF RX qui intercepte l'onde radio émise par le module RF TX puis le démodule pour extraire les données originales.
- Une signalisation pour indiquer l'état du portail (en mouvement ou non).
- Un boîtier à boutons poussoirs pour la commande depuis l'intérieure de la maison.
- La partie **B1**, représente le circuit qui sert à inverser le sens de rotation du motoréducteur, en utilisant trois relais : un relais principal pour son alimentation, un relais pour commander l'ouverture et un relais pour commander la fermeture.
- La partie **B2**, illustre le circuit de la barrière infrarouge pour la détection d'obstacle lors de la fermeture du portail.
- Les boutons poussoirs de fin des courses du portail.

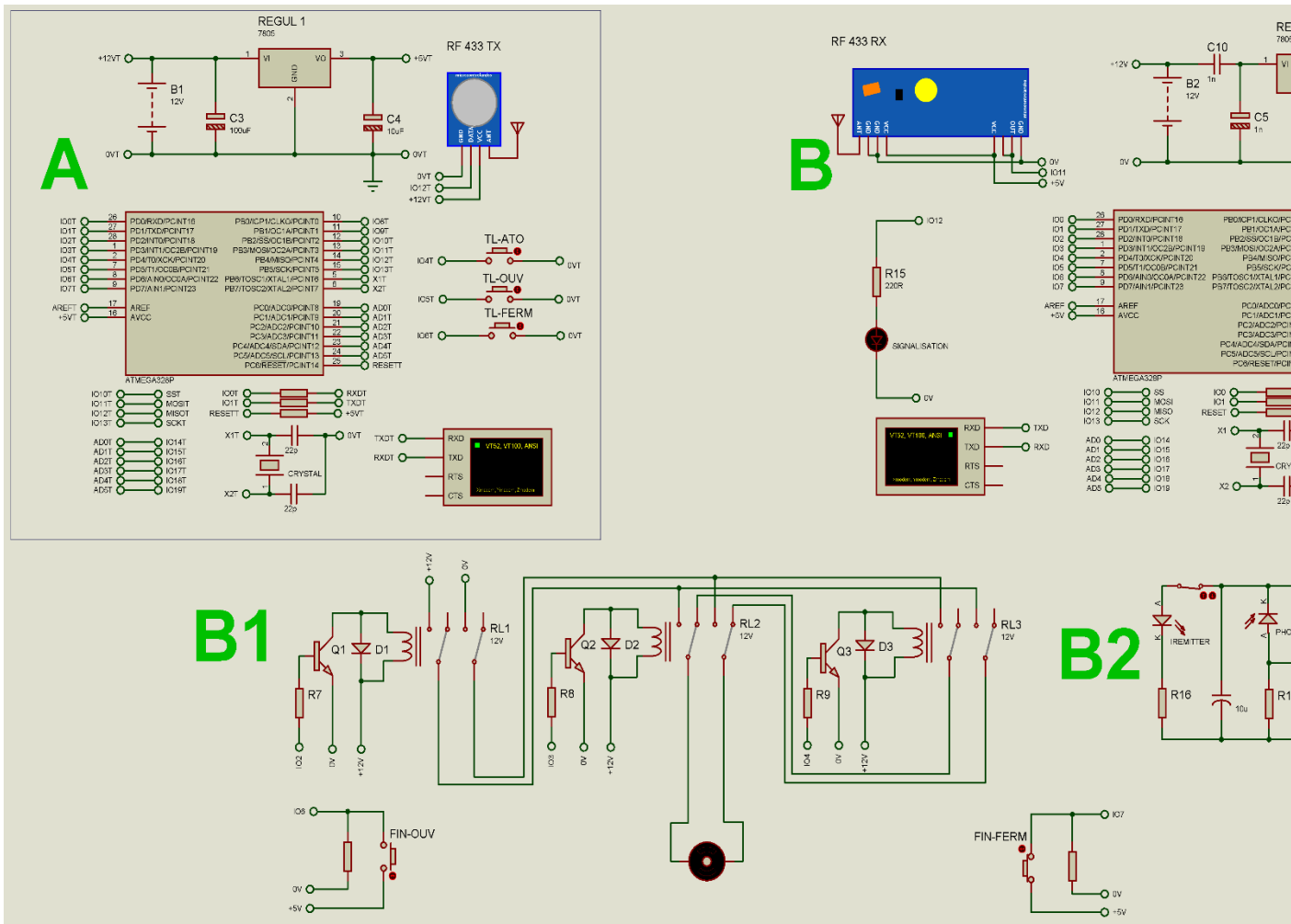


Figure 3.3 : Schémas fonctionnels de notre dispositif

3.2.1 Commande sans fil

La commande sans fil de notre dispositif est obtenue par la télécommande RF 433MHz.

3.2.1.1 Présentation et simulation du circuit de la télécommande

La figure 3.4 illustre en (a) le circuit de la télécommande RF 433MHz, simulé et en (b) le résultat de la simulation de trois actions à obtenir pour notre télécommande (Arrêter, Ouvrir, Fermer)

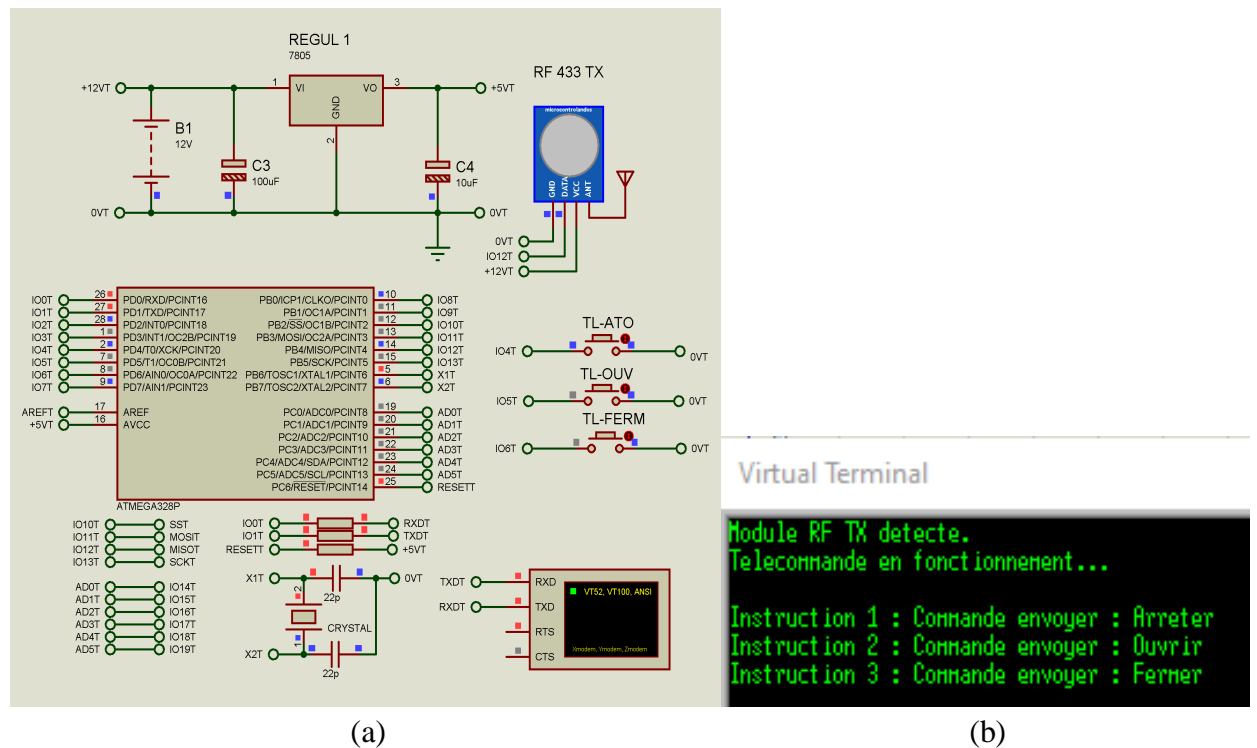


Figure 3.4 : Simulation du circuit de la télécommande RF 433MHz

Avec :

- TL-ATO : Bouton poussoir de la télécommande pour l'arrêt d'urgence ;
- TL-OUV : Bouton poussoir de la télécommande pour l'ouverture ;
- TL-FERM : Bouton poussoir de la télécommande pour la fermeture.

Fonctionnement

Quand l'opérateur actionne l'un des boutons poussoirs (TL-ATO, TL-OUV, TL-FERM), ce dernier convertit cette action physique en un signal électrique binaire en ayant la masse 0V au microcontrôleur Atmega ; L'Atmega 328P à son tour distingue le bouton poussoir actionner par sa broche dédiée, puis traduit cette action en un message, l'encode en bits car compréhensible par notre module RF, et enfin l'envoie au module RF 433 TX ; Le module RF TX module cette info en onde radio et l'émet à 433MHz dans l'air.

3.2.1.2 Présentation et simulation du coté circuit de contrôle

La figure 3.5 illustre le circuit de contrôle avec le module RF réception des données simulé en rapport avec les instructions envoyées par la télécommande et la figure 3.6 illustre le résultat de cette simulation en considérant que l'opérateur a pu attendre que le portail soit ouvert avant de donner l'instruction 3 : Commande envoyer : Fermer.

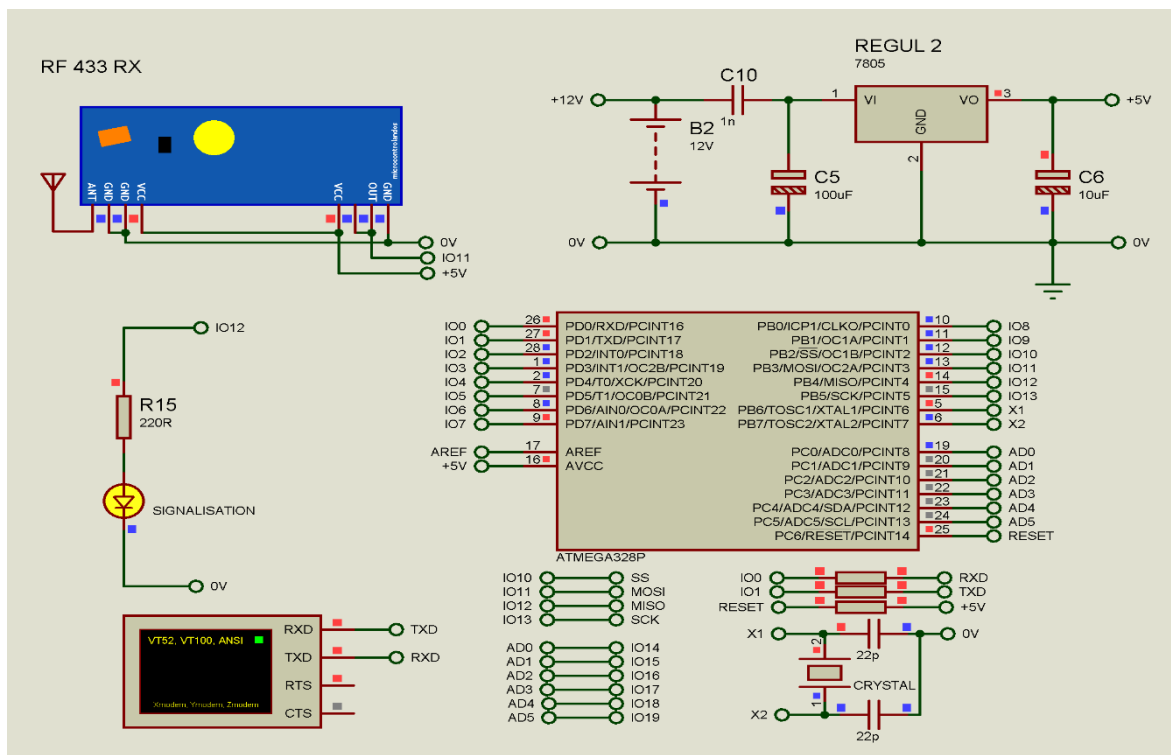


Figure 3.5 : Simulation Circuit de contrôle avec le module RF RX

Virtual Terminal

```
Module RF RX detecter.  
Dispositif de commande en fonctionnement...  
  
Instruction 1 : Commande via Telecommande recue : Arrêter  
Instruction 1 : Action : Arrêt d'urgence du motoreducteur et la signalisation  
  
Instruction 2 : Commande via Telecommande recue : Ouvrir  
Instruction 2 : Action : Clignotant signalisation et ouverture portail  
  
Instruction 3 : Commande capteur recue : Fin de course ouverture  
Instruction 3 : Action : Arrêter le motoreducteur et la signalisation  
  
Instruction 4 : Commande via Telecommande recue : Fermeture  
Instruction 4 : Action : Pas d'obsatcle, clignotant signalisation et fermeture portail  
  
Instruction 5 : Commande capteur recue : Fin de course fermeture  
Instruction 5 : Action : Arrêter le motoreducteur et la signalisation
```

Figure 3.6 : Résulta de la simulation coté circuit de contrôle

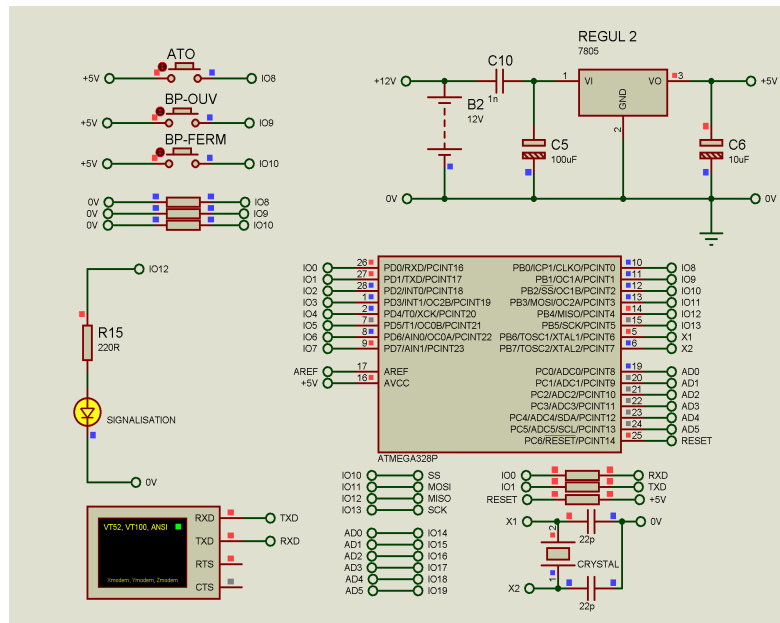
Fonctionnement

Le module RF RX intercepte l'onde radio émise par le module RF TX de la télécommande, le démodule, il en ressort un signal numérique qu'il envoie au microcontrôleur Atmega 328P ; L'Atmega 328P à son tour lit ce signal, fait le décodage pour enclencher l'action correspondante ; Comme l'illustre la figure 3.6 à chaque commande envoyée par l'opérateur via la télécommande correspond une action.

3.2.2 Commande filaire

En cas de perte, ou de dysfonctionnement de la télécommande un boîtier fixe à 3 boutons poussoirs a été prévu. Il est relié au circuit de contrôle par des fils.

La figure 3.7 présente : en (a), le circuit de contrôle simulé avec la commande filaire ; en (b), le résultat de la simulation des trois actions attendues pour cette commande filaire (Arrêter, Ouvrir, Fermer)



(a)

```

Instruction 1 : Commande via boitier BP recue : Arreter
Instruction 1 : Action : Arret d'urgence du motoreducteur et la signalisation

Instruction 2 : Commande via boitier BP recue : Ouvrir
Instruction 2 : Action : Clignotant signalisation et ouverture portail

Instruction 3 : Commande capteur recue : Fin de course ouverture
Instruction 3 : Action : Arreter le motoreducteur et la signalisation

Instruction 4 : Commande via boitier BP recue : Fermeture
Instruction 4 : Action : Pas d'obsatcle, clignotant signalisation et fermeture portail

Instruction 5 : Commande capteur recue : Fin de course fermeture
Instruction 5 : Action : Arreter le motoreducteur et la signalisation

```

(b)

Figure 3.7 : Simulation du circuit de contrôle avec la commande filaire

Avec :

- BP-ATO : Bouton poussoir pour l'arrêt d'urgence ;
- BP-OUV : Bouton poussoir pour l'ouverture ;
- BP-FERM : Bouton poussoir pour la fermeture.

Fonctionnement

Quand l'opérateur actionne l'un des boutons poussoirs (BP-ATO, BP-OUV, BP-FERM), ce dernier convertit cette action physique en un signal électrique binaire en ayant 5V au microcontrôleur Atmega ; L'Atmega 328P à son tour distingue le bouton poussoir actionné par sa broche dédiée, puis traduit cette action en un message et enfin déclenche l'action correspondante comme l'illustre la figure 3.7.

3.2.3 Organe opératif de notre dispositif

Notre dispositif de commande du portail automatique coulissant est conçu pour gérer quatre actions principales, qu'elles soient déclenchées via la télécommande ou via le boîtier à boutons poussoirs : l'ouverture, la fermeture, l'arrêt, ainsi que la détection d'obstacle en cas de fermeture.

La figure 3.8 illustre la partie opérative de notre système.

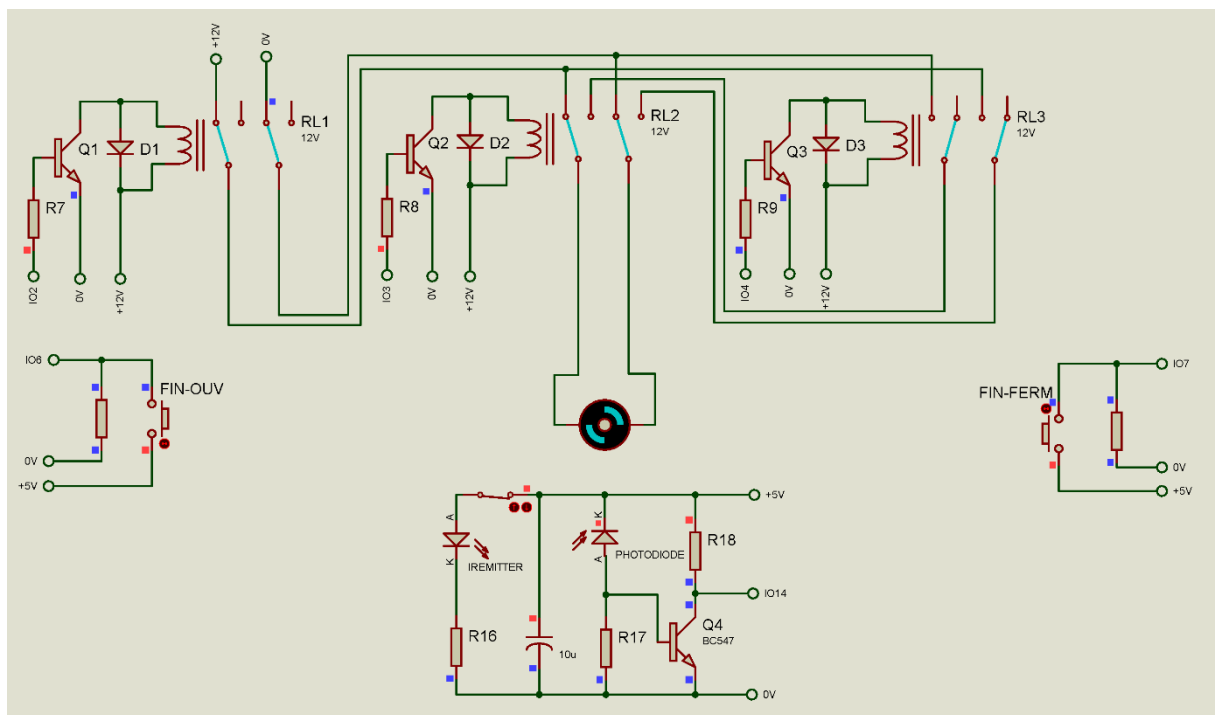


Figure 3.8 : Partie opératif de notre système

Cette partie comprend :

- Un motoréducteur pour actionner le portail ;
- Trois relais (RL1, RL2, RL3) pour gérer les actions suivantes :
 - Ouverture : RL1 et RL2 commander via le microcontrôleur Atmega 328P ;
 - Fermeture : S'il n'y a pas d'obstacles RL1 et RL2 commander via le microcontrôleur Atmega 328P ;
 - L'Arrêt : RL1, RL2 et RL3 Non commander.
- Les boutons de fin de course pour la détection des positions extrêmes du portail ;
- Un circuit pour la barrière infrarouge utilisé pour la détection d'obstacles avec :
 - Une led infrarouge comme émettrice de la lumière infrarouge ;
 - Une photodiode comme réceptrice de cette lumière
 - Un transistor pour amplifier le signal faible de la photodiode en fin de produire une sortie exploitable par l'Arduino
 - Un interrupteur pour la simulation, fermer pour dire il n'y a pas d'obstacles comme sur la figure 3.8 et ouvert pour dire il y a obstacles.

La commande reçue de la barrière infrarouge agit en cas de fermeture du portail pour éviter tout risque d'écrasement ou de collision de ce dernier avec l'obstacle ; Et en cas d'obstacles si le portail est en mouvement de fermeture il y a ouverture du portail par défaut et non pas dans le cas d'ouverture car il n'y aucun risque.

La figure 3.9 illustre en (a) la simulation du circuit de la barrière infrarouge en cas de détection d'obstacles et en (b) les résultats de cette simulation en cas de fermeture.

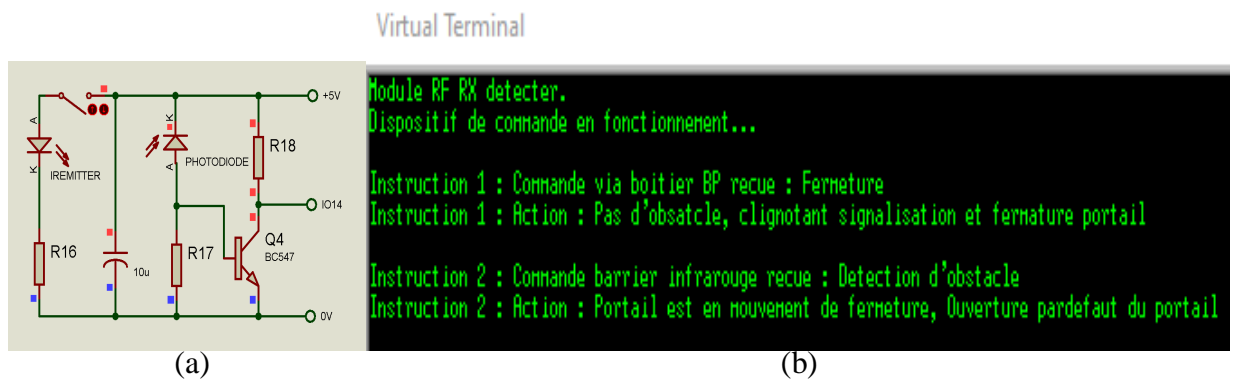


Figure 3.9 : Barriere infrarouge détection d'obstacles

3.3 Réalisation des circuits imprimés de notre dispositif

Le schéma fonctionnel de notre dispositif est subdivisés quatre circuits :

- Circuit pour la télécommande figure 3.3, partie **A**
- Circuit pour le contrôle de notre dispositif figure 3.3, partie **B**
- Circuit des relais pour le pilotage du motoréducteur figure 3.3, partie **B1**
- Circuit de la barrière infrarouge figure 3.3, partie **B2**

3.3.1 Typon

La figure 3. 10 illustre en

- (a) : Typon circuit de contrôle de notre dispositif.
- (b) : Typon circuit des relais pour le motoréducteur.
- (c) : Typon circuit de la télécommande.
- (d) : Typon circuit de la barrière infrarouge.

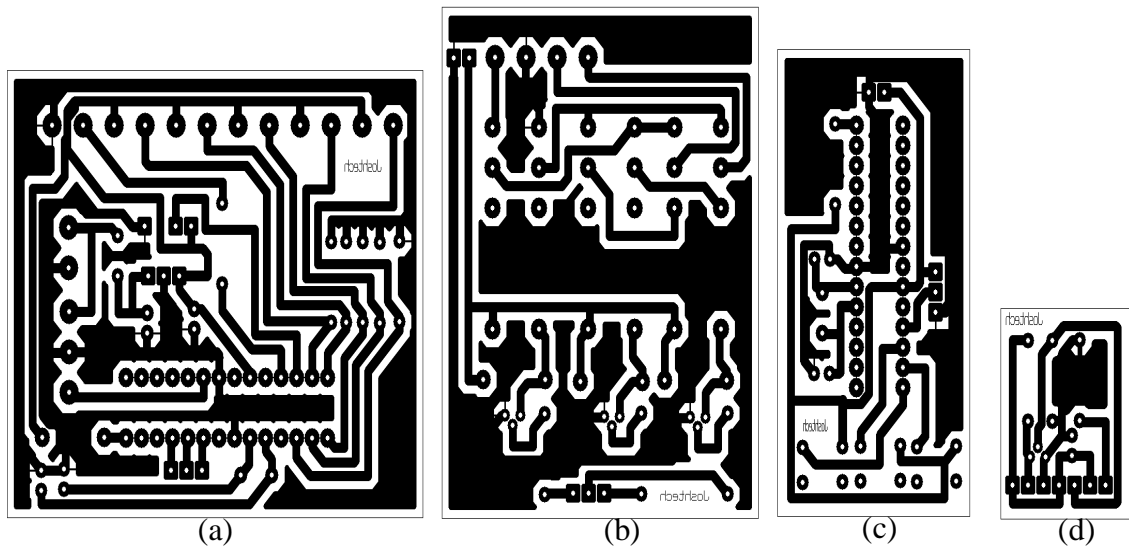


Figure 3.10 : Typons pour les quatre circuits de notre dispositif

La figure 3.11 illustre la vue 3DS

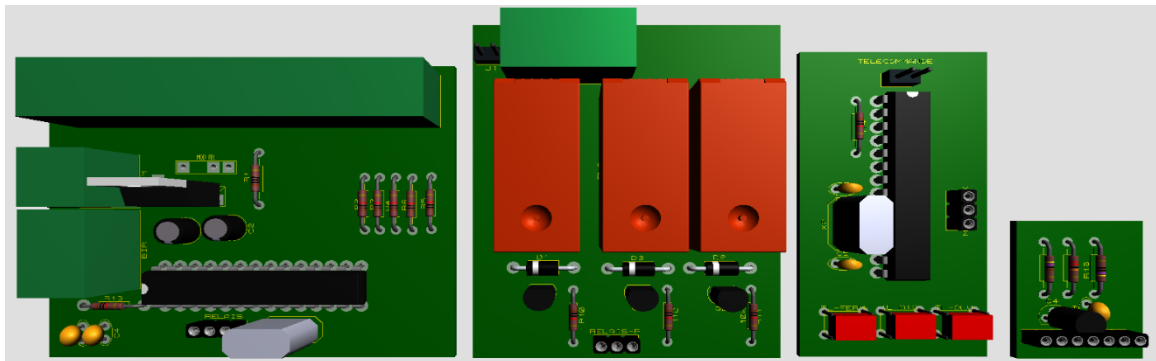


Figure 3.11 : Vue 3DS pour les quatre circuits de notre dispositif

3.3.2 Présentation des circuits imprimés réalisés

La figure 3.12 illustre en

- (a) : Circuit de contrôle de notre dispositif, réalisé et prêt à être tester.
- (b) : Circuit des relais pour le motoréducteur, aussi réalisé et prêt à être tester

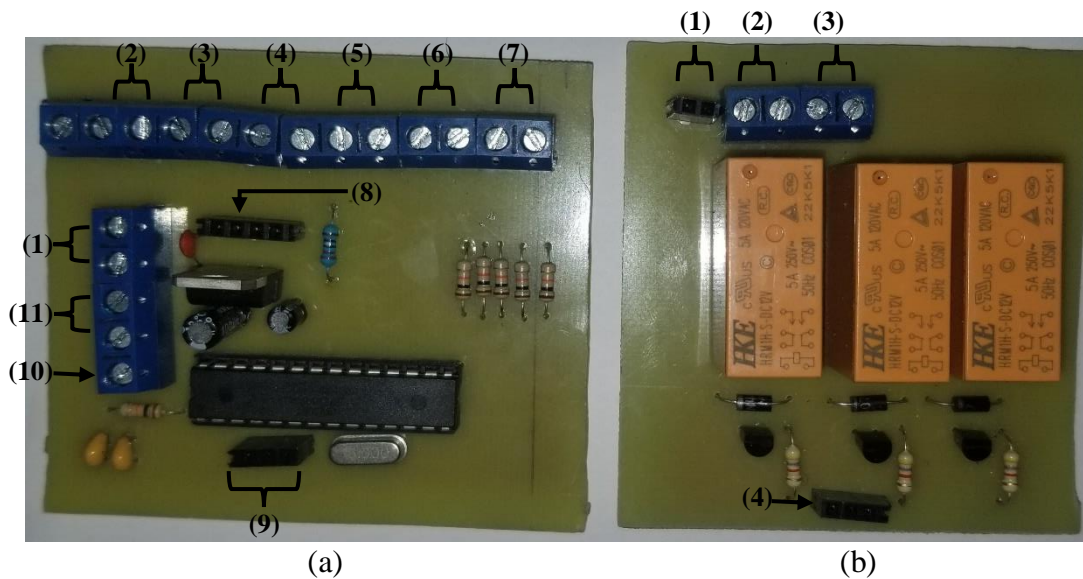


Figure 3.12 : Circuits de traitement et des relais

Sur la figure 3.12 en (a) nous avons les connexions suivantes :

- | | |
|--|---|
| (1) : L'alimentation 12V | (2) : Feu clignotant 5V |
| (3) : BP Fermeture | (4) : BP Ouverture |
| (5) : BP Arrêt d'urgence | (6) : Fin de course fermeture |
| (7) : Fin de course ouverture | (8) : Module RF réception des données |
| (9) : Commande des relais | (10) : Commande de la barrière infrarouge |
| (11) : Sortie 12V pour l'alimentation des relais | |

Sur la figure 3.12 en (b) nous avons les connexions suivantes :

- | | |
|----------------------------|--|
| (1) : L'alimentation 12V | (2) Alimentation motoréducteur 1V – 250V |
| (3) : Sortie motoréducteur | (4) Commande des relais |

La figure 3.13 illustre en

- (a) : Circuit de la télécommande, réalisé et prêt à être tester.
- (b) : Circuit de la barrière infrarouge, aussi réalisé et prêt à être tester

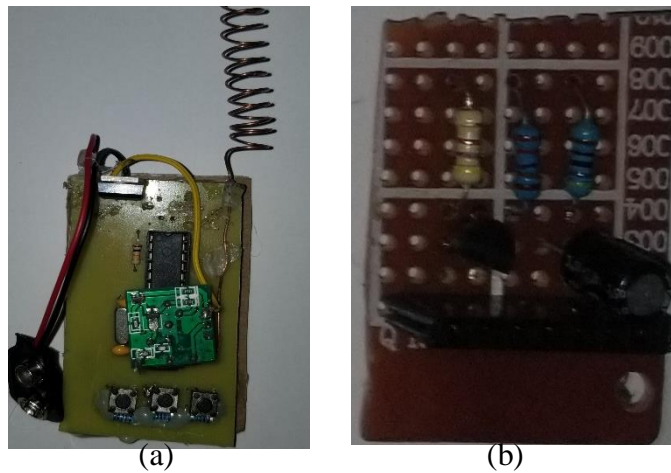


Figure 3.13 : Circuit de la télécommande et de la barrière infrarouge

3.4 Test de notre dispositif sur une maquette

➤ Présentation de la maquette

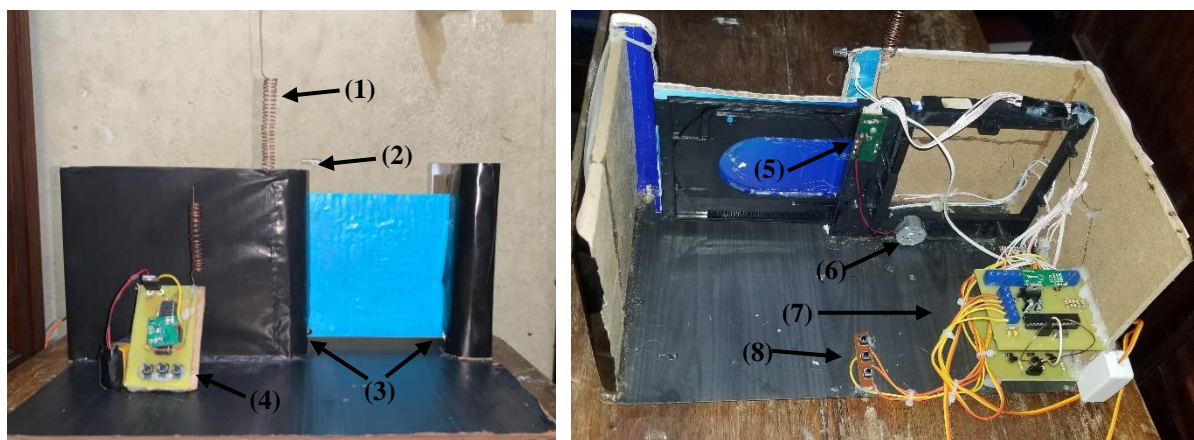


Figure 3.14 : Maquette avec la vue de l'extérieure et de l'intérieure

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| (1) : Antenne réception RF | (2) : Feu clignotant 5V |
| (3) : Barriere infrarouge | (4) : Télécommande |
| (5) : Capteur de fin de course | (6) : Moteur DC 5V |
| (7) : Dispositif de commande | (8) : Commande manuelle |

➤ Test mode ouverture

La figure 3.15 montre en (a) le portail en mouvement d'ouverture et en (b) le portail complètement ouvert

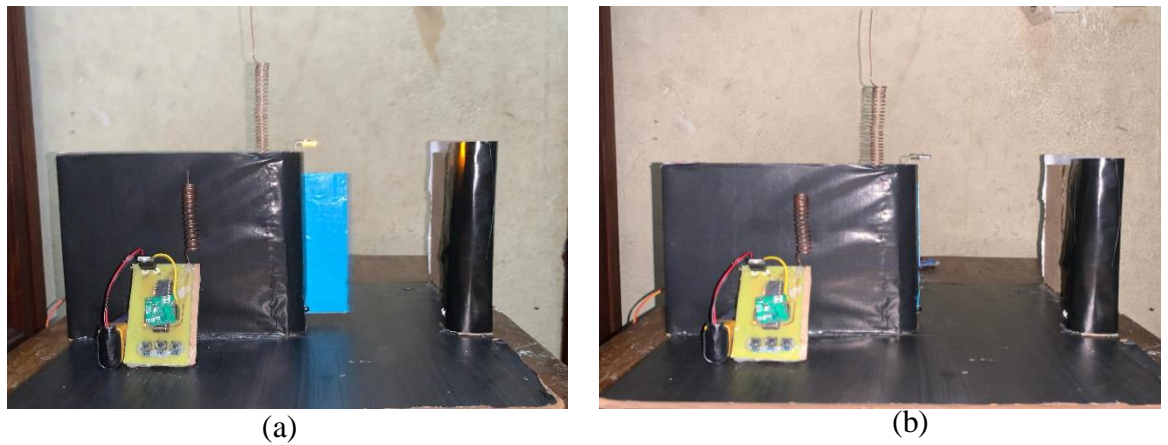


Figure 3.15 : Test mode ouverture

➤ Mode fermeture

La figure 3.16 montre en (a) le portail en mouvement de fermeture et en (b) le portail complètement fermé

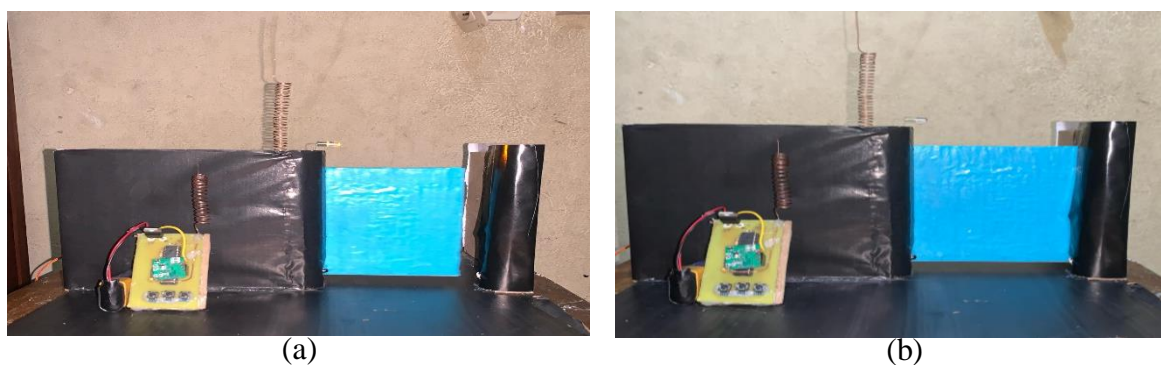


Figure 3.16 : Test mode fermeture

➤ Test détection d'obstacle et d'anomalie

Lorsque le portail est en mouvement de fermeture et détecte la présence d'un obstacle entre ses piliers, il entre en mode ouverture par défaut. Si le portail est fermé et qu'on donne la commande de fermeture, le feu clignotant reste allumé sans clignoter pour indiquer qu'il y a anomalie. Il en est de même pour le mode ouverture. La figure 3.17 illustre en (a) le portail en mode détection d'obstacle et en (b) l'anomalie en mode fermeture



Figure 3.17 : Test détection d'obstacle et d'anomalie

3.5 Conclusion partielle

Dans ce chapitre, nous avons simulé et réalisé notre dispositif de commande d'un portail automatique coulissant en utilisant la technologie RF. La simulation effectuée sous Proteus a permis de tester virtuellement le fonctionnement du dispositif et la phase de test sur une maquette a confirmé les résultats obtenus en simulation, en validant la réactivité et la fiabilité de notre dispositif.

Conclusion générale

Dans le cadre de ce travail, nous avons conçu et réalisé un dispositif de commande pour un portail automatique coulissant, utilisant un module RF 433 MHz pour la commande sans fil, complété par une commande filaire via un boîtier à boutons poussoirs. Fonctionnant sous une tension de 12V, ce système propose une solution simple, fiable et adaptée aux besoins spécifiques du contexte local de la ville de Goma. De plus, l'utilisation d'une basse tension facilite l'intégration d'une alimentation de secours, augmentant ainsi la fiabilité du système.

Afin d'atteindre cet objectif, nous avons, dans un premier temps, présenté une étude comparative des différentes technologies existantes de portails automatiques, en mettant en lumière leurs avantages et inconvénients. Cette analyse nous a guidés dans le choix d'une solution technique pertinente et adaptée. Le deuxième chapitre a été consacré à la conception du dispositif, au dimensionnement des composants, ainsi qu'au choix des technologies appropriées. Enfin, le troisième chapitre a porté sur la simulation et la réalisation du prototype, permettant de valider notre approche et d'illustrer concrètement le fonctionnement du système. Le dispositif développé permet ainsi le contrôle automatique à distance de l'ouverture et de la fermeture du portail, répondant aux objectifs fixés et apportant une solution concrète aux problématiques rencontrées au quotidien dans la ville de Goma. Il intègre des fonctionnalités de sécurité essentielles, telles que des capteurs de fin de course, des photocellules pour la détection d'obstacles, et un feu clignotant pour signaler les mouvements du portail, tout en offrant une commande filaire de secours en cas de perte ou de défaillance de la télécommande. Ces résultats confirment la validité des hypothèses formulées au début de ce travail. Les logiciels ISIS et ARES de Proteus ont été utilisés pour simuler et développer le typon de notre système.

Cependant, certaines limitations demeurent. En effet, le prototype réalisé n'intègre pas encore de boîtier de protection, ni de motoréducteur, ni de système d'engrenage pignon/crémaillère, ce qui limite son exploitation en conditions réelles.

Compte tenu de la pertinence de cette thématique pour la ville de Goma, il serait judicieux que de futurs travaux de recherche s'attachent à l'amélioration du dispositif. Parmi les perspectives

d'évolution, nous pouvons citer l'intégration de capteurs de détection de mouvement et d'intrusion, l'ajout de commandes par SMS ou par identification RFID, ainsi que l'introduction de solutions d'intelligence artificielle permettant l'apprentissage des habitudes d'entrée et de sortie. Ces innovations contribueraient à rendre les portails automatiques plus intelligents, plus sûrs, et mieux intégrés aux systèmes de sécurité modernes.

Bibliographie

- [1] «ATLANTEM,» ATLANTEM, 15 Septembre 2022. [En ligne]. Available: <https://www.atlantem.fr/conseils/differents-types-portails/>. [Accès le 01 Novembre 2024].
- [2] Y. BENHAMMOU et M. BENAÏSSA, «ETUDE ET REALISATION D'UN PORTAIL AUTOMATIQUE POUR L'ENTREE DE LA FST,» Mostaganem, 2018.
- [3] C. RAFFAUD, F. DASTOT et B. GUILLOU, «systemed.fr,» PGV Maison, [En ligne]. Available: <https://www.systemed.fr/menuiserie/equiper-portail-coulissant,2046.html>. [Accès le 31 Octobre 2024].
- [4] P. WAMBEREKI, «CONCEPTION ET REALISATION D'UN SYSTEME AUTOMATIQUE DE COMMANDE D'UN PORTAIAL(CAS L'ULPGL OMA),» FSTA ULPGL, Goma, 2022.
- [5] «hdconductions.fr,» Construction Habitat Domotique, 4 Aout 2023. [En ligne]. Available: <https://www.hdconstructions.fr/comprendre-le-fonctionnement-dun-portail-automatique/>. [Accès le 31 Octobre 2024].
- [6] «www.sib-europe.com,» SIB, 2020. [En ligne]. Available: <https://www.sib-europe.com/portail-alu/portail-telescopique>. [Accès le 14 Novembre 2024].
- [7] M. Benchouia, «Etude et conception d'un mécanisme ouvre-portail,» Université Mohamed Khider de Biskra, Biskra, 2021.
- [8] «www.illico-travaux.com,» illico travauX, [En ligne]. Available: <https://www.illico-travaux.com/amenagement-dexterieur/portail/motorisation/>. [Accès le 31 Octobre 2024].
- [9] «www.maelsoucaze.com,» Blog MS, [En ligne]. Available: <https://www.maelsoucaze.com/savoir-motorisation-de-portail-battant/>. [Accès le 5 Novembre 2024].

- [10] «www.gyt.fr,» GYT, [En ligne]. Available: <https://www.gyt.fr/nos-produits/motorisations/portails-motorises>. [Accès le 5 Novembre 2024].
- [11] «automatismes-portail.fr,» [En ligne]. Available: <https://automatismes-portail.fr/motorisation-portail-coulissant/>. [Accès le 5 Novembre 2024].
- [12] I. ZETILI et M. KOUIDER, «Commande d'un moteur électrique par une carte Arduino en utilisant une communication sans fil,» chez *Mémoire-Kouider%20et%20Zteli-□□□□.pdf*, Mila, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf -Mila, Institut des Sciences et de Technologie, 2020, pp. 19-25.
- [13] N. Zergui et D. Harrouz, «Développement d'une application Android pour la commande d'ouverture/fermeture d'un portail automatique,» chez *MEMOIRE-ESE-G1-2023-Zergui%20Nafissa%20-%20Harrouz%20Downia.pdf*, Bordj Bou Arreridj, Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj, 2023, pp. 7-12.
- [14] B. R. IRENGE, *Electronique*, Goma: ULPGL GOMA, 2023.
- [15] O. Baraka, *Initiation à la Programmation des Systèmes Embarqués*, Goma: FSTA ULPGL Goma, 2024.
- [16] M. J. Hughes, *Arduino : le guide complet*, Paris: O'Reilly Media, 2016.
- [17] O. Orzechowski, Réalisateur, *How to power up your ATmega 328P Part2*. [Film]. Pologne: @dodfpv, 2020.
- [18] «moteur-electrique-pro.fr,» BSM TRANSMISSIONS, [En ligne]. Available: <https://moteur-electrique-pro.fr/categorie-produit/motoreducteur/motoreducteur-24v/>. [Accès le 20 12 2024].
- [19] «blog.technic-achat.com,» TECHNIC-ACHAT, [En ligne]. Available: <https://blog.technic-achat.com/les-differents-types-de-cellules/>. [Accès le 20 02 2025].
- [20] P. MASSON, *Eléments de robotique avec Arduino : communication RF*, Nice: Universitaire de Nice Sophia-Antipolis, 2019.
- [21] D. MUGANZA, *ELEMENTS DE CONSTRUCTION DES MACHINES*, Goma, 2023.

[22] Doms, Réalisateur, *PFD sur portail coulissant - TSTI2D - Nouveau programme*. [Film].
France: Doms ToolBox, 2021.

[23] M. L. TOURE, Cours de Proteus professional (ISIS & ARES), Conakry, 2018.

Annexes

Code Télécommande

```
1 #include <RH_ASK.h> // Inclure la bibliothèque RadioHead
2 #include <SPT.h> // Non utilisé directement mais requis par la bibliothèque RH_ASK
3 // La bibliothèque RadioHead établit des communications sans fil fiables entre microcontrôleurs
4 // via des modules radio courants
5
6 // Définition des broches pour les boutons poussoirs
7 const int btnStop = 4; // Bouton pour l'arrêter à la broche 4 d'arduino
8 const int btnOpen = 5; // Bouton pour l'ouverture à la broche 5 d'arduino
9 const int btnClose = 6; // Bouton pour la fermeture à la broche 6 d'arduino
10
11 // Instanciation du pilote radio ASK qui permet à l'Arduino de communiquer via le module RF433
12 // en utilisant la bibliothèque RadioHead
13 RH_ASK rf_driver;
14
15 // ID de l'émetteur pour identifier l'appareil
16 const char* deviceID = "17891";
17 int cpt = 1; // compteur
18
19 void setup() {
20     // Initialiser le module RF
21     Serial.begin(9600);
22     if (!rf_driver.init()) {
23         Serial.println("Module RF non détectée.");
24         while (1);
25     }
26     Serial.println("Module RF TX détecté.");
27     Serial.println("Télécommande en fonctionnement...");
28     Serial.println();
29     // Configuration des broches des boutons en entrée avec résistance interne pull-up activée
30     pinMode(btnOpen, INPUT_PULLUP); // Bouton d'ouverture
31     pinMode(btnClose, INPUT_PULLUP); // Bouton de fermeture
32     pinMode(btnStop, INPUT_PULLUP); // Bouton d'arrêt
33 }
34
35 void loop() {
36     // Vérification si le bouton d'ouverture est pressé
37     if (digitalRead(btnOpen) == LOW) {
38         sendCommand("open"); // Envoyer la commande pour ouvrir
39         printlnNumerote("Commande envoyer : Ouvrir");
40     }
41
42     // Vérification si le bouton de fermeture est pressé
43     if (digitalRead(btnClose) == LOW) {
44         sendCommand("close"); // Envoyer la commande pour fermer
45         printlnNumerote("Commande envoyer : Fermer");
46     }
47
48     // Vérification si le bouton d'arrêt est pressé
49     if (digitalRead(btnStop) == LOW) {
50         sendCommand("stop"); // Envoyer la commande pour arrêter
51         printlnNumerote("Commande envoyer : Arrêter");
52     }
53 }
54
55 // Fonction pour envoyer les commandes via le module RF
56 void sendCommand(const char* command) {
57     char msg[11]; // Création du tableau msg pour y stocker notre message
58     // Créer un message avec l'ID du dispositif et la commande
59     sprintf(msg, "%s:%s", deviceID, command);
60     // Envoyer le message via le module RF
61     rf_driver.send((uint8_t *)msg, strlen(msg));
62     rf_driver.waitPacketSent(); // Attendre la fin de l'envoi
63     delay(50);
64 }
65
66 // Fonction pour afficher dans le moniteur série
67 void printlnNumerote(String sms) {
68     Serial.print("Instruction ");
69     Serial.print(cpt);
70     Serial.print(" : ");
71     Serial.println(sms);
72     cpt++;
73 }
```

Code organe de traitement

```
1 #include <RH_ASK.h>
2 #include <SPI.h> // Non utilisé directement mais requis par la bibliothèque RH_ASK
3 // Déclarer les broches pour contrôler le moteur et le feu clignotant
4 const int motorArretPin = 2; // Broche relais de Ligne
5 const int motorOpenPin = 3; // Broche relais marche arriere
6 const int motorClosePin = 4; // Broche relais marche avant
7 const int bpFinCourseOuv = 6; // Fin de course avant
8 const int bpFinCourseFerm = 7; // Fin de course arriere
9 const int bpATO = 8; //
10 const int bpOuv = 9; // Bouton marche arriere
11 const int bpFerm = 10; // Bouton marche avant
12 const int lightPin = 12; // Broche pour le feu clignotant
13 const int birPin = A0;
14 // Déclarer le module RF avec la broche DATA sur le pin 11
15 RH_ASK rf_driver;
16 // ID attendu du transmetteur pour éviter les interférences
17 const String expectedID = "17891";
18 int motorState = 0;
19 // Variables pour le clignotement non bloquant
20 unsigned long previousMillis = 0;
21 const long interval = 30; // Intervalle de clignotement (100 ms)
22 bool lightState = false;
23 bool portailOuvert = false; // État du portail
24 bool portailFerme = false;
25 int cpt=1;
26
27 void setup() {
28     // Initialiser le module RF
29     Serial.begin(9600);
30     if (!rf_driver.init()) {
31         Serial.println("Module RF RX non détecté.");
32         while (1);
33     }
34     Serial.println("Module RF RX detector.");
35     Serial.println("Dispositif de commande en fonctionnement...");
36     Serial.println();
37
38     // Initialiser les broches du moteur et du feu
39     pinMode(motorOpenPin, OUTPUT); // Commande pour ouvrir
40     pinMode(motorClosePin, OUTPUT); // Commande pour fermer
41     pinMode(motorArretPin, OUTPUT);
42     pinMode(lightPin, OUTPUT); // Feu clignotant
43     pinMode(bpFinCourseOuv, INPUT);
44     pinMode(bpFinCourseFerm, INPUT);
45     pinMode(bpOuv, INPUT);
46     pinMode(bpFerm, INPUT);
47     pinMode(bpATO, INPUT);
48     pinMode(birPin, INPUT);
49 }
```

```

49
50 void loop() {
51     // Lire l'état des capteurs de fin de course
52     portailOuvert = digitalRead(bpFinCourseOuv) == HIGH; // Capteur activé (ouvert)
53     portailFerme = digitalRead(bpFinCourseFerm) == HIGH; // Capteur activé (fermé)
54
55     // Contrôler via les boutons manuels
56     if (digitalRead(bpFinCourseFerm) == HIGH && motorState == 2 ){
57         stopGate();
58         printlnNumerote("Commande capteur recue : Fin de course fermeture",
59             "Action : Arrêter le motoreducteur et la signalisation");
60     }
61     if (digitalRead(bpFinCourseOuv) == HIGH && motorState == 1 ){
62         stopGate();
63         printlnNumerote("Commande capteur recue : Fin de course ouverture",
64             "Action : Arrêter le motoreducteur et la signalisation");
65     }
66
67     if (digitalRead(bpOuv) == HIGH) {
68         digitalWrite(lightPin, HIGH);
69         if (motorState == 2) stopGate();
70         if (!portailOuvert) openGate();
71         printlnNumerote(
72             "Commande via boitier BP recue : Ouvrir","Action : Clignotant signalisation et ouverture portail");
73
74     } else if (digitalRead(bpFerm) == HIGH ) { // Fermer si BP AV est pressé et pas déjà fermé
75         digitalWrite(lightPin, HIGH);
76         if (motorState == 1) stopGate();
77         if (digitalRead(birPin)== LOW && (!portailFerme)){
78             closeGate();
79             printlnNumerote(
80                 "Commande via boitier BP recue : Fermeture",
81                 "Action : Pas d'obsatcle, clignotant signalisation et fermeture portail");
82         }
83     } else if (digitalRead(bpATO) == HIGH) { // Commande automatique
84         digitalWrite(lightPin, LOW);
85         stopGate();
86         printlnNumerote(
87             "Commande via boitier BP recue : Arrêter",
88             "Action : Arret d'urgence du motoreducteur et la signalisation");
89     }
90     if (digitalRead(birPin)== HIGH && motorState == 2){
91         openGate();
92         printlnNumerote(
93             "Commande barrier infrarouge recue : Detection d'obstacle",
94             "Action : Portail est en mouvement de fermeture, Ouverture pardefaut du portail");
95     }
96     uint8_t buf[11];
97     uint8_t buflen = sizeof(buf);
98     // Vérifier si une commande est reçue via le module RF
99     if (rf_driver.recv(buf, &buflen) ) {
100         buf[buflen] = 0; // Terminer le buffer pour en faire une chaîne de caractères
101         String receivedMsg = String((char*)buf); // Convertir le buffer en chaîne
102         String receivedID = receivedMsg.substring(0, 5); // Extraire l'ID de l'émetteur
103         String command = receivedMsg.substring(6); // Extraire la commande
104
105         // Si l'ID correspond à celui attendu
106         if (receivedID == expectedID) {
107             digitalWrite(lightPin, HIGH);
108             if (command == "open") {

```

```

107         if (motorState == 2) stopGate();
108         if (!portailOuvert) openGate();

```

```

109         printlnNumerote("Commande via Telecommande recue : Ouvrir",
110             "Action : Clignotant signalisation et ouverture portail");
111     }
112     else if (command == "close") {
113         if (motorState == 1) stopGate();
114         if (digitalRead(birPin) == LOW && (!portailFerme)){
115             closeGate();
116             printlnNumerote("Commande via Telecommande recue : Fermeture",
117                 "Action : Pas d'obstacle, clignotant signalisation et fermeture portail");
118         }
119         if (digitalRead(birPin) == HIGH){
120             openGate();
121             printlnNumerote("Commande barrier infrarouge recue : Detection d'obstacle",
122                 "Action : Portail est en mouvement de fermeture, Ouverture pardefaut du portail");
123         }
124     }
125     else if (command == "stop") {
126         stopGate(); // Arrêter le portail
127         digitalWrite(lightPin, LOW);
128         printlnNumerote("Commande via Telecommande recue : Arrêter",
129             "Action : Arret d'urgence du motoreducteur et la signalisation");
130     }
131 }
132 }
133 // Gestion non bloquante du clignotement du feu
134 if (motorState == 1 || motorState == 2) { // Si le portail est en mouvement (ouverture ou fermeture)
135     unsigned long currentMillis = millis();
136     if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
137         previousMillis = currentMillis;
138         lightState = !lightState; // Inverser l'état du feu
139         digitalWrite(lightPin, lightState); // Allumer ou éteindre le feu
140     }
141 }
142 }
143
144 // Fonction pour ouvrir le portail

```

```

145 void openGate() {
146     if (motorState != 1) { // Vérifier si le portail n'est pas déjà en ouverture
147         motorState = 1; // Mettre à jour l'état du moteur
148         delay(100);
149         digitalWrite(motorClosePin, LOW); // Désactiver la fermeture
150         digitalWrite(motorArretPin, HIGH);
151         digitalWrite(motorOpenPin, HIGH); // Activer le moteur pour ouvrir
152     }
153 }
154
155 // Fonction pour fermer le portail
156 void closeGate() {
157     if (motorState != 2) { // Vérifier si le portail n'est pas déjà en ouverture
158         motorState = 2; // Mettre à jour l'état du moteur
159         delay(100);
160         digitalWrite(motorOpenPin, LOW); // Désactiver la fermeture

```

```

161     digitalWrite(motorArretPin, HIGH);
162     digitalWrite(motorClosePin, HIGH); // Activer le moteur pour ouvrir
163 }
164 }
165
166 // Fonction pour arrêter le portail
167 void stopGate() {
168     if (motorState != 0) { // Vérifier si le moteur n'est pas déjà arrêté
169         digitalWrite(motorArretPin, LOW);
170         digitalWrite(motorOpenPin, LOW); // Désactiver l'ouverture
171         digitalWrite(motorClosePin, LOW); // Désactiver la fermeture
172         digitalWrite(lightPin, LOW); // Éteindre le feu clignotant
173         motorState = 0; // Mettre à jour l'état du moteur
174     }
175 }
176 //Fonction pour afficher dans le moniteur serie
177 void printlnNumerote(String sms,String action) {
178     Serial.print("Instruction ");
179     Serial.print(cpt);
180     Serial.print(" : ");
181
182     Serial.println(sms);
183     Serial.print("Instruction ");
184     Serial.print(cpt);
185     Serial.print(" : ");
186     Serial.println(action);
187     Serial.println();
188     cpt++;
189 }

```

ETUDE FINANCIERE DE NOTRE DISPOSITIF DE COMMANDE

N°	DESIGNATION	DESCRIPTION/PIECES	VALEUR	QUANTITE	PRIX (\$)	TOTAL (\$)
1	MONTAGE ELECTRONIQUE					
1,1	REGULATEUR 5V	7805	5V	2	0,5	1,0
1,2	CONNECTEURS	7Conn-sil femelle	40 broches	1	2,0	2,0
		TBLOCK(0.2mm)		11	0,25	2,75
1,3	CARTE ARDUINO	UNO R3		1	13,0	13,0
1,4	MICROCONTROLEUR	ATMEGA328P		1	7,0	7,0
1,5	MODULE	RF	433MHz	1	8,00	8,00
1,6	RELAIS	HRMIH-S-DC-24V	12V-5A	3	5,00	15,00
1,7	TRANSISTOR	BC547		4	0,16	0,64
1,8	BOUTON POUSSOIR	MICRO		6	0,16	0,96
		FIN DE COURSE		2	1,00	2,00
1,9	RESISTANCE			14	0,16	2,24
1,10	CAPACITE			9	0,25	2,25
1,11	CRYSTAL	QUARTZ	16MHz	2	0,50	1,00
1,12	PHOTODIODE			1	0,50	0,50
1,12	LED	INFRAROUGE		1	0,50	0,50
1,12	PCB	Plaque cuivr�	SIMPLE FACE	1	6,00	6,00
1,13	PILE		9 V	1	1,50	1,50
1,14	LED	NORMALE		1	0,50	0,50
SOUS-TOTAL (\$)						71,34
MAIN D'ŒUVRE (\$)						21,4
TOTAL (\$)						92