

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA-BEJAIA



جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

Faculté de technologie
Département de génie électrique

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master en Electrotechnique

Option : Electrotechnique industrielle

Thème

Etude, dimensionnement et automatisation d'un système de
stationnement rotatif d'un parking de voiture

Présenté par :

Mr. KHELIFA Amazigh

Mr. DEHAMLA Rabah

Promoteur :

Mr. TAZERART Farid

Examineurs :

Mr. HAMMAS Karim

Mr. IMAOUCHEN Yacine

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciement

Nous exprimons notre gratitude à Dieu Tout-Puissant pour nous avoir accordé la santé et la volonté d'entamer et d'achever ce mémoire.

Notre encadreur : Tazerart Farid

Nous adressons nos sincères remerciements à M. Tazerart Farid pour avoir accepté de superviser notre projet. Nous sommes particulièrement reconnaissants pour l'attention, les conseils avisés, la disponibilité et le soutien continu qu'il nous a offerts tout au long de l'année. Son enthousiasme et ses orientations précieuses ont été essentiels à la réussite de ce travail.

Les membres du jury

Nos remerciements vont également aux membres du jury pour avoir honoré notre travail de leur présence et pour l'évaluation rigoureuse de notre mémoire.

Notre président :.....

Qui nous a offert la chance de prendre la présidence du jury de soutenance PFE. Nous vous adressons ici notre sincère reconnaissance pour toutes vos qualités scientifiques et humaines. Ce travail nous permet de vous exprimer notre sincère reconnaissance.

Notre examinateur :.....

Nous vous remercions d'avoir accepté avec beaucoup de sympathie de faire partie du jury de notre soutenance.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire de fin d'études à ceux qui ont illuminé mon chemin et contribué à mon succès, faisant de ce rêve une réalité.

À ma chère mère et mon chère père .

Vous avez été ma source d'inspiration et de guide. Votre puissance, votre gentillesse et vos dévouements ont été les bases de cette réalisation. Je vous remercie sincèrement pour votre amour sans conditions et votre confiance en moi.

À ma sœur Lydia et mon frère Mohamed

Vos encouragements constants, vos rires partagés et vos précieux conseils ont été ma bouée de sauvetage dans les moments de doute. Merci d'avoir toujours cru en moi.

À tous mes amis et ceux qui m'ont aidé tout au long de mon cheminement

Votre précieux soutien a été un avantage inestimable. Grâce à votre présence et à vos incitations, j'ai réussi à réaliser mes objectifs avec fierté et persévérance.

À mon binôme

Notre collaboration a été cruciale pour ma réussite. Je te suis reconnaissant pour notre travail d'équipe exceptionnel.

RABAH

Dédicaces

Je dédie ce mémoire de fin d'études à ceux qui ont illuminé mon chemin et contribué à mon succès, faisant de ce rêve une réalité.

À ma chère maman.

Tu as été ma source d'inspiration et de guide. Ta puissance, ta gentillesse et tes dévouements ont été les bases de cette réalisation. Je te remercie sincèrement pour ton amour sans conditions et ta confiance en moi.

À mes frères Mimi, Jiji, Nini et ma sœur Hafida

Vos encouragements constants, vos rires partagés et vos précieux conseils ont été ma bouée de sauvetage dans les moments de doute. Merci d'avoir toujours cru en moi.

À mon cousin Fares

Ton soutien m'a incité à redoubler d'efforts et à surmonter les difficultés. Je suis vraiment reconnaissant.

À tous mes amis et ceux qui m'ont aidé tout au long de mon cheminement

Votre précieux soutien a été un avantage inestimable. Grâce à votre présence et à vos incitations, j'ai réussi à réaliser mes objectifs avec fierté et persévérance.

À mon binôme

Notre collaboration a été cruciale pour ma réussite. Je te suis reconnaissant pour notre travail d'équipe exceptionnel.

AMAZIGH

Sommaire

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I

I.1. Introduction.....	2
I.2. Définition d'un parking.....	2
I.3. Types de parkings de stationnement des voitures.....	2
I.3.1. Parking de surface.....	2
I.3.2. Parking fermé ou souterrain.....	3
I.3.3. Parking à étages.....	3
I.3.4. Parking automatisé dans une tour.....	4
I.4. Parkings automatisés.....	4
I.4.1. Fonctionnement des parkings automatisés.....	5
I.4.2. Différents types des parkings automatisés.....	5
I.4.2.1- System AVG (véhicule à guidage automatique).....	6
I.4.2.2- Systèmes de grue.....	6
I.4.2.3- systèmes de stationnement puzzle.....	7
I.4.2.4- systèmes de RGC (chariots guidés par rail) :.....	8
I.4.2.5- Systèmes de silos :.....	9
I.4.3. Avantages d'un parking automatisé.....	10
I.4.4. Les inconvénients d'un parking automatisé.....	11
I.4.5. Exigences en matière d'entretien.....	11
I.5. Conclusion.....	12

Chapitre II

II.1. Introduction.....	13
II.2. Cahier de charge.....	13
II.2.1. Objectifs.....	13
II.2.2. Exigences techniques.....	13
II.3. Dimensionnement et choix des moteurs.....	14
II.3.1. Moteur de l'arbre central.....	14
II.3.1.1. Dimensionnement du moteur.....	14
II.3.1.2. Choix de moteur.....	14
II.3.1.3. Vérification de choix de moteur.....	14
II.3.2. Moteur de levage.....	15
II.3.2.1. Dimensionnement du moteur.....	15
II.3.2.2. Choix du moteur.....	15
II.3.3. Moteur de transition horizontal.....	16
II.3.3.1. Dimensionnement du moteur.....	16

II.3.3.2. Choix du moteur	17
II.4. Dimensionnement de la partie mécanique	17
II.4.1 Description de logiciel utilisé.....	17
II.4.2 Dimensionnement de la structure externe	18
II.4.3 Dimensionnement du chariot	24
II.4.4 Dimensionnement du mécanisme de rotation.....	33
II.5. Conclusion	39

Chapitre III

III.1. Introduction	40
III.2. Automatisation	40
III.2.1. Système automatisé.....	40
III.2.2. Objectif de l'automatisation.....	40
III.2.3. L'API (Automate Programmable Industriel)	40
III.2.4. Structure d'un system automatisé.....	40
III.2.5. Principe et fonctionnement de L'API	41
III.3. Automate SIMATIC S7-1200.....	41
III.3.1. Logiciel TIA PORTALE V15.....	42
III.4. Carte Arduino	42
III.4.1. Carte Arduino Méga 2560.....	43
III.4.2. Logiciel ARDUIONO IDE	44
III.5. Cahier de charge	45
III.5.1. Tableaux de nomenclature	49
III.5.1.1. Les entrés	49
III.5.1.2. les sorties.....	49
III.6. Réalisation du programme de l'installation.....	49
III.6.1. Programmation sur l'Arduino	49
III.6.2. Programmation sur le TIA PORTALE V15	51
III.7. Conclusion.....	52

Chapitre IV

IV.1 Introduction	53
IV.2. Composants utilisés pour la réalisation de prototype	53
IV.2.1. Composent mécanique	53
IV.2.1.1. Tiges filetées.....	53
IV.2.1.2. Ecrrous	53
IV.2.1.3. Roulements	54
IV.2.1.4. Bouton poussoir.....	54
IV.2.1.5. Interrupteur de fin de course	54
IV.2.1.6. Engrenage	55
IV.2.2. Composants électriques	55
IV.2.2.1. Module de pilotage du moteur L298N	55
IV.2.2.2 Relais de commande	56
IV.2.2.3 Pavé numérique 4x4 (Keypad)	57
IV.2.2.4. Cristal liquide d'affichage (LCD).....	58
IV.2.2.5. Voyants lumineux	59
IV.3 Conception de prototype.....	59
IV.4. Réalisations de prototype	60
IV.4.1. Chariot de levage	60
IV.4.2. L'arbre centrale	60
IV.4.3. Structure du parking.....	61
IV.4.4. Partie électrique	62
IV.5 Conclusion	64
Conclusion Générale	65

Liste des figures

CHAPITRE I

FIGURE (I.1) : PARKING DE SURFACE.	2
FIGURE (I.2) : PARKING SOUTERRAIN.	3
FIGURE (I.3) : PARKING A ÉTAGES.	3
FIGURE (I.4) : PARKING AUTOMATISE DANS UNE TOUR.	4
FIGURE (I.5) : SYSTEMES DE STATIONNEMENT POUR VEHICULES GUIDES AUTOMATISES.	6
FIGURE (I.6) : SYSTEMES DE STATIONNEMENT DES GRUES.	7
FIGURE (I.7) : SYSTEMES DE STATIONNEMENT DE PUZZLE.	8
FIGURE (I.8) : SYSTEMES DE STATIONNEMENT POUR CHARIOTS GUIDES PAR RAIL (RGC).	9
FIGURE (I.9) : SYSTEMES DE STATIONNEMENT EN SILO.	10

CHAPITRE II

FIGURE (II.1) : MOTEUR REDUCTEUR A COURANT CONTINU.	15
FIGURE (II.2) : MOTEUR A COURANT CONTINU TN378412.	17

CHAPITRE III

FIGURE (III.1) : STRUCTURE D'UN SYSTEME AUTOMATISE.	42
FIGURE (III.2) : AUTOMATE SIMATIC S7-1200	43
FIGURE (III.3) : VUE DE LOGICIEL TIA PORTALE V15.	44
FIGURE (III.4) : CARTE ARDUINO MEGA 2560.	45
FIGURE (III.5) : VUE DE LOGICIEL ARDUINO IDE.	46
FIGURE (III.6) : POSITION DES FINS DE COURSE SUR LA STRUCTURE.	47
FIGURE (III.7) : CODE CONTROLE LE PAVE NUMERIQUE 4X4.	52
FIGURE (III.8) : CODE CONTROLE L'ARBRE CENTRAL DE SYSTEM.	52
FIGURE (III.9) : CODE QUI DEFINIT LE NUMERO DE LA CABINE.	53
FIGURE (III.10) : RESEAUX D'ETAPE D'INITIALISATION.	53
FIGURE (III.11) : RESEAUX D'ETAPE DE CHOIX D'ETAGE.	54
FIGURE (III.12) : RESEAUX D'ETAPE DE SELECTIONNEE L'ETAGE DE RECUPERATION.	54

CHAPITRE IV

FIGURE (IV.1) : TIGE FILETEE.....	53
FIGURE (IV. 2) : ECROUS.....	53
FIGURE (IV. 3) : ROULEMENTS	54
FIGURE (IV. 4) : BOUTON POUSSOIR.	54
FIGURE (IV.5) : INTERRUPTEUR DE FIN DE COURSE.	54
FIGURE (IV.6) : ENGRENAGES	55
FIGURE (IV.7) : COMPOSANTS DU MODULE DE PILOTAGE DE MOTEURS L298N	55
FIGURE (IV.8) : RELAIS A 14 BROCHES 24VDC AVEC BASE	56
FIGURE (IV.9) : PAVE NUMERIQUE 4X4.....	57
FIGURE (IV.10) : SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DE PAVE NUMERIQUE 4X4.....	57
FIGURE (IV.11) : CRISTAL LIQUIDE D'AFFICHAGE (LCD)	58
FIGURE (IV.12) : VOYANTS LUMINEUX	59
FIGURE (IV.13) : DIFFERENTES VUES DE LA MAQUETTE EN 3D.	59
FIGURE (IV.14) : CHARIOT DE LEVAGE REALISER.....	60
FIGURE (IV.15) : ARBRE CENTRAL DE PARKING.....	60
FIGURE (IV.16) : STRUCTURE EXTERNE DE PARKING.	61
FIGURE (IV.17) : CABLAGE DES ELEMENTS ELECTRONIQUES.	62
FIGURE (IV.18) : CABLAGE REALISE ET DEFERENTS COMPOSANTS ELECTRIQUES.....	63

Liste des tableaux

CHAPITRE II

TABLEAU 1 : LES ENTRES.....	51
TABLEAU 2 : LES SORTIES.....	51

Liste des abréviations

- APS==Advanced Parking Guidance System
- AGV==Automatic Guided Vehicle
- AT Méga== is a family of microcontroller chips developed by ATmel, which is now owned by Microchip Technology.
- Arduino UNO== premières versions de la carte de prototypage Arduino
- API== automate programmable industriel
- C_{Ch} == Couple de charge
- CO₂==Carbon dioxide
- CC== courant continu
- CAO== conception assister par ordinateur
- C++ == un langage de programmation
- D== Diamètre
- 2D== deux dimensions
- 3D== trois dimensions
- DC== Direct Current
- E/S ==Entrée / Sorties
- EEPROM ==Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
- F== force
- GND==serves as a reference point for measuring voltages in a circuit.
- GRAFCET == Graphe Fonctionnel de Commande Étape Transition
- H== Hauteur
- HMI ==Human-Machine Interface
- IDE== Integrated Development Environment
- I²C== Inter-Integrated Circuit
- LED == Light-Emitting Diode

- LCD== Liquid Crystal Display
- LADDER ==langage de programmation visuel
- LOG ==langage de programmation visuel
- LIST ==langage de programmation visuel
- M== Masse
- N== Vitesse de rotation

- PROFINET IO == un standard technique de l'industrie pour la communication de données sur Ethernet industriel

- PMW==Pulse Width Modulation
- r== Rapport de reduction
- RGC== Rail Guided Cart
- RPM==rotations par minute

- SAM3X8E==is a microcontroller chip developed by Atmel, now owned byMicrochip Technology. SAM3 family of microcontrollers

- SIMATIC == un système d'automatisation développé par Siemens

- TIA Portal ==Totally Integrated Automation Portal
- USB== Universal Serial Bus
- V_n == Vitesse nominale
- VMS==Voltage Maximum Supply
- Z== nombre de dent

Introduction Générale

Introduction générale

Le nombre de véhicules augmente chaque jour dans toutes les villes en raison de la population urbaine en croissance rapide. Cela entraîne un problème de congestion. Le parking est l'un des éléments les plus cruciaux pour résoudre cette situation.

Les conducteurs avaient de réels problèmes pour trouver facilement une place de stationnement. La demande de places de stationnement est généralement beaucoup plus importante que l'offre. Les parkings conventionnels présentent beaucoup d'inconvénients, il y a peu de place de stationnement et il y a un problème de sécurité et de perte de temps, et un problème de pollution se pose lorsque les conducteurs cherchent une place de stationnement polluent la ville sans s'en rendre compte.

Face à ces défis, il devient impératif de mettre en place des solutions de gestion de parking intelligentes et optimisées. Notre projet propose une approche innovante pour répondre à cette problématique et améliorer la vie urbaine.

Pour cela nous avons divisé notre projet en quatre chapitres :

A travers le premier chapitre nous allons citer l'état de l'art des prototypes de stationnement des véhicules, les avantages et les inconvénients ainsi que la gestion optimisée des systèmes parking automatisé.

Le deuxième chapitre consistera à faire une étude et dimensionnement d'un prototype de stationnement vertical à étage rotatif, nous allons montrer des dessins de parking dessinés à l'aide du logiciel SOLIDWORKS, accompagnés par des calculs.

Le troisième chapitre s'intéressera à la programmation et au fonctionnement de notre system. Nous allons décrire notre cahier des charges et la traduction de ce dernier en Grafset. Nous allons aussi faire la description de l'automate S7-1200 et la carte Arduino en vue de faire une programmation en langage LADDER.

Le quatrième chapitre présentera la conception et la réalisation pratique du prototype de la tour de stationnement. De plus, nous allons définir les composants électroniques utilisés dans ce système.

Et enfin ce travail sera clôturé par une conclusion générale et quelques perspectives.

Chapitre I :

*Etat de l'art des prototypes de
stationnement des véhicules*

I.1. Introduction

Tout trajet en voiture se termine probablement dans un parking. Le manque de stationnement, le temps perdu, la pollution et les embouteillages pendant que les conducteurs cherchent à se garer sont de réels problèmes pour les automobilistes et même pour les villes.

Pour mieux appréhender ce problème, il exige de revoir la place de l'automobile dans la ville, notamment de reconsidérer la quantité et la localisation des cases de stationnement.

Dans ce chapitre, nous décrirons les systèmes de stationnement et distinguerons les types.

I.2. Définition d'un parking

Un parking est une zone clôturée où les conducteurs peuvent garer leur voiture en toute sécurité pendant une durée déterminée.

On peut trouver le parking des voitures dans des différents endroits (les centres commerciaux, les hôtels, les hôpitaux...Etc).

I.3. Types de parkings de stationnement des voitures

I.3.1. Parking de surface

Situé de plain-pied, à l'extérieur, dans un espace public ou privé. Ces stationnements sont généralement accessibles et pratiques pour les usagers car ils ne nécessitent ni élévation ni pente c'est comme illustré sur la figure I.1. Ils sont souvent utilisés pour le stationnement de courte durée comme dans les centres villes ou les zones commerciales.



Figure (I.1): Parking de surface.

I.3.2. Parking fermé ou souterrain

Le stationnement souterrain (voir la figure I.2) permet de garer différents types de véhicules, voitures, motos et parfois vélos en sous-sol. Le stationnement souterrain se compose souvent de plusieurs niveaux de sous-sol où des rampes, des ascenseurs et des escaliers permettent de passer d'un niveau à un autre.

Il s'agit notamment des divers équipements de sécurité : éclairage, ventilation pour éviter d'étouffer l'air du parking, extincteur et matériel d'extinction d'incendie, et dans certains cas, du parking.



Figure (I.2): Parking souterrain.

I.3.3. Parking à étages

Un parking à étage est un bâtiment construit à l'extérieur, il ressemble à un parking sous-sol voir la figure I.3. Ils ont même principe de fonctionnement où la rampe permet aux voitures de monter et descendre les étages, ou ascenseur et des escaliers.

Les places de parking aérien sont particulièrement adaptées à un usage partagé. Ils sont fabriqués à partir de structures en béton ou en métal.



Figure (I.3): Parking à étages.

I.3.4. Parking automatisé dans une tour

Il est construit dans une haute tour, comme le montre la figure (I.4). Le stationnement automatisé est un système complet de gestion du stationnement qui utilise une technologie plus complexe. Ce terme fait référence à un système de stationnement dans lequel les véhicules se garent et se garent de manière autonome sans intervention du conducteur. Il s'agit d'une technologie plus avancée et n'est donc pas encore largement utilisée.



Figure (I.4): Parking automatisé dans une tour.

I.4. Parkings automatisés

Les parkings automatisés sont conçus pour permettre le stationnement et la récupération automatiques des véhicules grâce à des systèmes utilisant souvent des palettes et des ascenseurs. L'objectif est d'optimiser l'utilisation de l'espace en compactant davantage de véhicules dans un même espace. Ces parkings peuvent être aménagés au-dessus ou au-dessous du sol, voire en combinaison des deux. Alimentés électriquement, ces systèmes automatisés permettent de réduire la distance parcourue par chaque véhicule lors de son stationnement et de sa récupération. Selon le cabinet de consultants environnementaux Waterman Group, les parkings utilisant des systèmes robotisés pour le rangement des véhicules émettent moins de CO₂ que les structures de stationnement traditionnelles.

Le stationnement automatisé nécessite également une diversité de méthodes de paiement, telles que les cartes et les Smartphones, adaptées à l'évolution des habitudes de consommation. Avec l'essor des véhicules électriques, qui contribuent à la réduction de la pollution, il est essentiel de prévoir des zones de chargement dans

les parkings pour permettre aux utilisateurs de recharger leurs véhicules pendant leur stationnement, favorisant ainsi une mobilité durable et pratique.

I.4.1. Fonctionnement des parkings automatisés

➤ Garer dans le APS

Il est simple de garer votre voiture dans un système de stationnement automatisé.

Le conducteur conduit le véhicule jusqu'à la porte d'entrée du parking automatisé. Ensuite, des panneaux et des signaux automatiques guident le conducteur pour les étapes à suivre. Lorsqu'une voiture entre dans le sas, le système mesure ses dimensions et lui attribue la meilleure position disponible pour sa taille. Le conducteur coupe ensuite le moteur, descend de la voiture avec le passager, verrouille la voiture, récupère le ticket au terminal désigné et quitte le hall d'entrée. En ce moment, des capteurs déterminent que le véhicule est vide, la porte extérieure se ferme automatiquement et la porte qui permet d'accéder à l'APS s'ouvre.

APS travaille à l'aide des systèmes mécaniques qui portent le véhicule, puis là déposer à des endroits désignés. Tout cela se fait automatiquement grâce à un ascenseur de véhicule dédié.

Le véhicule restera stationné à cet endroit jusqu'à ce que le conducteur souhaite le récupérer.

➤ Récupérer le véhicule

En ce qui concerne la récupération du véhicule garé dans un système de stationnement automatique, les conducteurs saisissent leur titre de transport au terminal situé devant l'APS, paient le montant dû et sont ensuite dirigés vers la porte de sortie où attend leur voiture. Dès que le système de stationnement automatique place le véhicule dans la trappe de sortie, la porte s'ouvre, le conducteur et le passager peuvent à nouveau s'asseoir dans le véhicule. La porte extérieure de l'écluse s'ouvre alors et le conducteur n'a plus qu'à se diriger vers la rue et sortir.

Dans un système de stationnement automatique puissant, cette opération prendra jusqu'à 1 min, plus rapide que les parkings traditionnels.

I.4.2. Différents types des parkings automatisés

En général, le processus de stationnement du conducteur dans un système de stationnement automatisé reste le même quelle que soit la technologie utilisée : il s'agit simplement de la méthode de déplacement du véhicule vers et depuis l'unité de stationnement.

Les types de technologies utilisées dans les systèmes de stationnement automatisé peuvent être divisés en plusieurs catégories.

I.4.2.1. System AVG (véhicule à guidage automatique)

Plus récemment, la technologie des véhicules guidés automatisés (AGV) est utilisée dans le stationnement automatisé et bien que les AGV soient utilisés dans l'entreposage automatisé depuis des décennies, ils ne font pas encore leurs preuves dans les systèmes de stationnement automatisés. Les véhicules sont garés sur des palettes dans les modules de stationnement qui sont collectées des modules de stationnement par les AGV conduisant sous la palette de véhicule, la soulevant, puis la déplaçant hors du module de stationnement dans le système. Le nombre d'AGV dans le système est flexible et peut être basé sur le débit du client et les exigences budgétaires.

En règle générale, les systèmes AGV fonctionnent sur des sols en béton finis solides et peuvent se déplacer dans les deux sens sur la longueur et sur les côtés (plans X et Y) le long de chemins fixes et peuvent également tourner sur place. Cela permet potentiellement aux palettes du véhicule d'être collectées par un AGV dans n'importe quelle direction, et avec plusieurs AGV fonctionnant sur un étage, cela permet également des mouvements de stationnement et de récupération multiples et simultanés le long de plusieurs chemins.

Des ascenseurs sont utilisés dans le système pour déplacer les palettes du véhicule avec ou sans AGV [1].

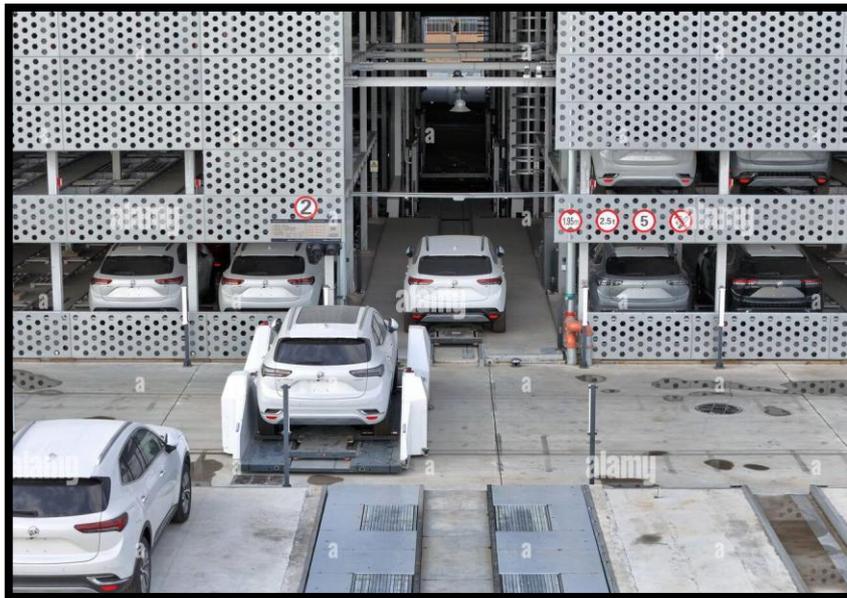


Figure (I.5) : Systèmes de stationnement pour véhicules guidés automatisés.

I.4.2.2. Systèmes de grue

Les systèmes de stationnement de grue utilisent un seul mécanisme pour effectuer simultanément les mouvements horizontaux et verticaux du véhicule à stationner ou à récupérer dans le système de stationnement. Les mouvements horizontaux et verticaux simultanés permettent à la plate-forme du véhicule de se déplacer d'un emplacement de stationnement à un autre très rapidement. Le mécanisme de la grue se déplace horizontalement sur des rails, généralement situés sur le sol et le plafond du système de stationnement, et dispose d'une plate-forme d'ascenseur verticale où les véhicules à garer et à récupérer sont placés. Cela signifie qu'une ouverture du sol au plafond au centre du système est nécessaire pour que la ou les grues puissent fonctionner.

Le mécanisme de la grue peut se déplacer dans la direction normale d'un véhicule (un système longitudinal) ou orthogonal, c.-à-d. latéralement (un système transversal) en fonction des contraintes du site. Si un débit ou une redondance plus élevé est requis, les systèmes de grues peuvent également avoir deux grues parallèles si les contraintes du site le permettent. Comme il n'y a généralement qu'un seul mécanisme pour le stationnement et la récupération des véhicules, la redondance du système est potentiellement faible, mais des moteurs de secours, des interrupteurs, etc. peuvent être installés pour augmenter la redondance du système. Des dispositifs de rotation peuvent être installés sous la plate-forme d'ascenseur verticale si cela est nécessaire [2].



Figure (I.6) : systèmes de stationnement des grues.

I.4.2.3. Systèmes de stationnement puzzle

Les systèmes Puzzle offrent la forme la plus dense de stationnement automatisé, utilisant généralement environ 95% de la surface au sol, et sont souvent utilisés dans des systèmes plus petits. Dans un système de puzzle horizontal, une grille de palettes couvre un plancher solide, ou un cadre en acier, et chaque palette est soutenue par un ensemble de rouleaux et de courroies qui sont entraînés par des moteurs montés sur les cadres de support sous chaque emplacement de palette. Les rouleaux et les courroies manœuvrent les palettes jusqu'à ce que la palette avec le véhicule requis soit manœuvrée à l'emplacement souhaité, par ex. module de stationnement, ascenseur, etc. Les cadres de support de palette sont installés dans toutes les positions de stationnement possibles et il y a généralement deux palettes de moins que les cadres de support par étage, ce qui fournit les espaces libres nécessaires pour manœuvrer les palettes.

Les systèmes Puzzle offrent également des options de disposition flexibles car la configuration du système est très adaptable car une palette peut être manœuvrée d'un cadre de support à un cadre adjacent dans n'importe quelle direction. Cela signifie que la forme du système peut varier considérablement, au lieu d'être rectangulaire ou carrée, les systèmes de puzzle peuvent également être en forme de « T », en forme de « U », en forme de « L », en forme de « H ». En forme, etc. tant qu'il y a un itinéraire pour que les palettes puissent se rendre de leur emplacement actuel à leur emplacement de destination par un cadre de support adjacent. Cela permet également de manœuvrer autour des éléments structurels, ce qui n'est pas possible avec d'autres types de systèmes. Les élévateurs à ciseaux sont généralement utilisés dans les systèmes de puzzle car ils permettent aux palettes de se déplacer sur et hors des plates-formes de levage dans toutes les directions. Des ascenseurs électriques en porte-à-faux peuvent également être utilisés, mais les mouvements de palettes sur et hors de la plate-forme de levage sont plus restreints. La rotation des véhicules peut se faire dans le module de stationnement, sur un ascenseur ou dans le système de stationnement [3].



Figure (I.7) : systèmes de stationnement de puzzle.

I.4.2.4. Systèmes de RGC (chariots guidés par rail)

Aujourd'hui, la technologie du Chariot Guidé par Rail (RGC) est utilisée dans le stationnement automatisé. Les CGR fonctionnent de la même façon que les véhicules guidés automatisés (AGV), sauf que les CGR sont moins complexes et plus robustes que les AGV et sont donc plus rentables et plus fiables.

Les véhicules sont garés sur des palettes dans les modules de stationnement qui sont collectées des modules de stationnement par les CGR conduisant sous la palette de véhicule, la soulevant, puis la déplaçant hors du module de stationnement dans le système. Le nombre de CGR dans le système est flexible et peut être basé sur le débit du client et les exigences budgétaires.

En général, les systèmes RGC fonctionnent sur des sols en béton massif et peuvent se déplacer dans les deux sens sur la longueur et sur les côtés (plans X et Y) le long de petits rails de guidage fixés au sol

Les élévateurs de véhicule sont utilisés dans le système pour déplacer les palettes de véhicule avec ou sans RGC [4].



Figure (I.8) : Systèmes de stationnement pour chariots guidés par rail (RGC).

I.4.2.5. Systèmes de silos

Les systèmes de silo sont des systèmes cylindriques généralement dotés d'un seul mécanisme centralisé utilisé pour garer et récupérer les véhicules. Le mécanisme central se déplace verticalement et tourne simultanément permettant à la plate-forme du véhicule de se déplacer d'un emplacement de stationnement à un autre très rapidement. Généralement, les systèmes de silo sont installés sous terre et sont plus appropriés lorsque les conditions du sol sont particulièrement défavorables, mais peuvent également être installés au-dessus du sol.

Des modules de stationnement simples ou multiples sont possibles avec des systèmes de silo, mais généralement un seul véhicule peut être garé ou récupéré à la fois. Comme il n'y a qu'un seul mécanisme de stationnement et de récupération des véhicules et qu'il est peu possible d'en ajouter un autre, la redondance du système peut être un problème [5].



Figure (I.9) : Systèmes de stationnement en silo.

I.4.3. Avantages d'un parking automatisé

➤ Avantages pour les utilisateurs

1. Gain de temps et d'efforts: Plus besoin de chercher une place de parking ou de se garer soi-même [6].
2. Confort accru: Le conducteur est déposé à l'entrée du parking et sa voiture est garée automatiquement.
3. Sécurité renforcée: Risque réduit de vol, d'accident ou d'agression grâce à la surveillance et au contrôle automatisés.
4. Diminution de la consommation d'essence.

➤ Avantages pour les exploitants

1. Efficacité: Comparaison entre un parking conventionnel et un système de parking automatisé (APS) de Skyline Parking. L'un des facteurs déterminants dans la construction d'un parking de stationnement de voitures est toujours la taille du bâtiment. Les systèmes de parking automatisé requièrent environ 70 % moins de surface et 50 % moins de volume qu'une installation conventionnelle pour un nombre équivalent d'automobiles. Le promoteur immobilier a ainsi beaucoup plus de possibilités d'augmenter par exemple le nombre de places de stationnement, disposer d'espace supplémentaire en dehors du parking, créer des espaces verts, etc. [12]
2. Réduction des coûts: Moins de personnel nécessaire pour la gestion du parking.
3. Faisabilité et rentabilité : La construction d'un parking ou d'un garage a souvent un impact direct sur la faisabilité d'un projet immobilier. La liberté de conception qu'offrent les systèmes de parking automatisé tels que Skyline présente des avantages en termes de faisabilité et de rentabilité. Ils permettent notamment de créer des parkings automatiques là où il serait impossible d'installer un parking conventionnel. Les APS peuvent s'installer quasiment partout : en élévation, en

souterrain, en tour indépendante, sous ou à l'intérieur de bâtiments existants, et même dans des espaces très étroits ou de forme irrégulière [6].

4. Amélioration de l'image de marque: Innovation et technologie de pointe pour attirer les clients.

➤ **Avantages pour l'environnement:**

1. Éco-responsabilité et développement durable : Les systèmes de parking automatisé (APS) réduisent les émissions de CO₂ de 85 % ou plus car les véhicules ne circulent pas à l'intérieur pour chercher une place. Concernant la construction, les APS requièrent généralement moins de matériaux et d'excavation. Le chantier dure moins longtemps, de même que les perturbations sonores du voisinage. Systèmes écoresponsables par excellence, les parkings automatiques sont la plupart du temps les solutions les moins chères et les plus rentables pour les configurations de parking souterraines [6].
2. Meilleure qualité de l'air: Moins de gaz d'échappement dans les parkings.

I.4.4. Les inconvénients d'un parking automatisé

1. Coût élevé d'installation et de maintenance.
2. Les places de stationnement dans les parkings automatisés coûtent habituellement plus cher que dans les parkings traditionnels. Cela s'explique par le système de fonctionnement complexe et les coûts de maintenance élevés associés à ces infrastructures.
3. Risques techniques et de sécurité.
4. Manque d'habitude et d'acceptation du public.
5. La complexité de ces systèmes rend plus difficile leur maintenance en cas de problème.
6. Limitations de places dans le parking.

I.4.5. Exigences en matière d'entretien

Il devrait y avoir au moins deux visites de maintenance majeures par an. En outre, il peut y avoir des tâches plus fréquentes dans la liste. Ces tâches seront également effectuées lors de la plus grande session de maintenance. Entre ces sessions, ces tâches peuvent être effectuées par la personne compétente.

Lors des visites de service majeures, les tâches suivantes sont effectuées au minimum.

Graissage et remplacement des pièces usées

Resserrement des vis et des boulons, Travaux de réparation préventive lorsque cela est nécessaire.

Test des mouvements des systèmes de transport.

Des exigences détaillées en matière de maintenance du système doivent toujours être obtenues.

Les exigences varient considérablement en fonction du type de système de sorte que des conseils spécifiques doivent être obtenus.

Personne d'autre que les personnes de maintenance n'ont accès aux niveaux de stationnement. En outre, une bonne conception devrait équiper les installations avec des systèmes de vidéosurveillance [7].

I.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné différents types de parkings ainsi que leurs avantages et inconvénients. Nous sommes intéressés par le système de stationnement automatique pour véhicules de la tour, parce que ce type vous permet de maximiser la position de votre véhicule et d'assurer un contrôle et une sécurité appropriés. Rappelons que ce système de stationnement peut être construit en surface ou en sous-sol, garantissant une optimisation des surfaces.

Chapitre II :

Etudes et Dimensions de prototype

II.1. Introduction

Ce chapitre consiste à faire une étude sur un prototype d'un parking automatisé rotatif ainsi qu'un dimensionnement pour les composants utiliser.

II.2. Cahier de charge

II.2.1. Objectifs

L'objectif principal de ce projet est de développer un prototype fonctionnel d'un parking automatisé rotatif à deux étages. Le prototype doit démontrer les fonctionnalités suivantes :

- **Capacité de stationnement** : Le parking doit pouvoir accueillir 16 voitures de taille standard.
- **Système de rotation d'arbre** : Accéder aux places de stationnement en utilisant un système de rotation, qui faire tourner l'arbre central de la structure du parking à l'aide d'un moteur à courant continu.
- **Contrôle automatisé** : Le système doit être entièrement automatisé, permettant aux utilisateurs de garer et de récupérer leurs voitures sans intervention manuelle.
- **Interface utilisateur** : Une interface utilisateur simple et facile à utiliser doit être mise à disposition pour permettre aux utilisateurs d'interagir avec le système et de stationner leurs véhicules.

II.2.2. Exigences techniques

- **Structure du parking** : La structure du parking doit être robuste et capable de supporter le poids des voitures et des mécanismes rotatifs.
- **Système de rotation d'arbre** : Le moteur à courant continu doit être suffisamment puissant pour faire tourner l'arbre central de la structure du parking de manière fluide et contrôlée.
- **Contrôleurs électroniques** : Des contrôleurs électroniques robustes doivent être utilisés pour commander les moteurs pas à pas et les moteurs à courant continu, garantissant un fonctionnement précis et fiable.
- **Capteurs et systèmes de sécurité** : Des capteurs de présence doivent être installés pour détecter les voitures et éviter les collisions. Des systèmes de verrouillage doivent être intégrés pour empêcher l'accès non autorisé aux places de stationnement. Des mesures de protection contre les pannes mécaniques doivent être mises en place pour garantir la sécurité des utilisateurs et des véhicules.
- **Interface utilisateur** : L'interface utilisateur doit être simple à utiliser et intuitive, permettant aux utilisateurs de garer et de récupérer leurs voitures facilement.

II.3. Dimensionnement et choix des moteurs

La détermination et le choix d'un moteur doit se faire suivant le type d'application en terme de vitesse, couple, puissance, environnement, secteur d'alimentation, système de contrôle de commande.

II.3.1. Moteur de l'arbre central

II.3.1.1. Dimensionnement du moteur

Masse totale maximum (chariot + arbre centrale) $M = 2\text{kg}$;

Hauteur de l'arbre $H = 1\text{m}$;

Diamètre enroulement $D = 8\text{mm}$;

Vitesse de rotation $N = 25\text{ tr/min}$;

➤ Calcule de couple de charge C_{ch} :

$$F = M * G \quad (\text{II.1}) \quad \text{AN : } F = 2 * 9.81 = 19.62 \text{ N}$$

$$C_{ch} = F * D/2 \quad (\text{II.2}) \quad \text{AN : } C_{ch} = 19.62 * 0.008 = 0.15 \text{ N.m}$$

II.3.1.2. Choix de moteur

Le moteur choisi est un motoréducteur CS300-08

➤ Caractéristique

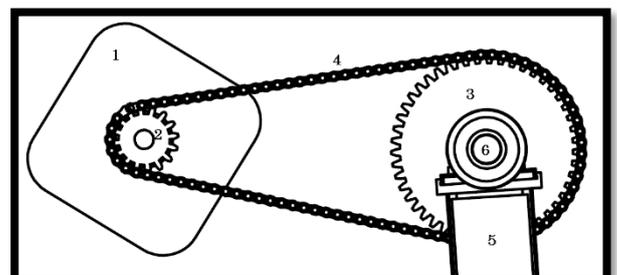
- Dimensions : 29,8 x 29,8 x 55,0 mm
- Tension d'entrée : 12 V CC
- Vitesse à vide : 85 rpm
- Courant nominale : 1.5A
- Puissance max d'entre : 17.9 W
- Couple nominale : 8 N.m
- Poids : 390g
- Température d'exploitation : -40 à 85 °C
- Température de stockage : -40 à 100



II.3.1.3. Vérification de choix de moteur

- 1 : Moteur ;
- 2 : Pignon 2 ;
- 3 : Pignon 1 ;
- 4 : Chaîne ;
- 5 : Chariot ;
- 6 : Arbre centrale ;

Nombre de dents : $Z_2 = 16$
 $Z_1 = 48$



- Calcul de rapport de réduction

$$r = Z_1 / Z_2 \quad (\text{II.3})$$

$$r = 48/16=3$$

- Calcul de $C_{\text{ch-ramene}}$

$$C_{\text{ch-ramene}} = C_{\text{ch}} / \eta * i \quad (\text{II.4})$$

$$C_{\text{ch-ramene}} = 0.15 * 3 / 0.85 = 0.52 \text{ N.m}$$

$$C_{\text{ch-ramene}} < C_{\text{moteur}}$$

L'équation est valide, le moteur choisi est bon

II.3.2. Moteur de levage

II.3.2.1. Dimensionnement du moteur

Masse totale maximum à soulever $M=0.7\text{kg}$;

Diamètre enroulement $D=15\text{mm}$;

Rendement global supposé $\eta=0.91$;

Vitesse nominale $V_n=0.14\text{m/s}$;

- Calculons la vitesse N en tr/mn :

$$\Omega = (2 * V_n / D) * 60 / \pi \quad (\text{II.5}) \quad \text{AN : } N = (2 * 0.14 / 0.015) * 60 / \pi = 187 \text{ tr/mn}$$

- Calculons le couple continu T_c :

$$C_{\text{ch}} = M * G * R \quad (\text{II.6}) \quad \text{AN : } C_{\text{ch}} = 0.7 * 9.81 * 0.015 / 2 = 0.051 \text{ N.m}$$

II.3.2.2. Choix du moteur

L'objectif est de choisir un moteur équipé d'un frein et d'un réducteur dont la vitesse de sortie correspond le plus précisément à la valeur calculée précédemment. Prenons l'exemple d'un moteur avec une vitesse angulaire de 9000 tr/min. Le rapport de réduction nécessaire serait de $n = (9000 \text{ tr/min}) / (187 \text{ tr/min}) = 48$.



Figure (II.1) : Motoréducteur à courant continu.

➤ **Caractéristiques**

- Tension nominale : 3~6V ;
- Courant permanent à vide : 150mA +/- 10% ;
- Min. Vitesse de fonctionnement (3V) : 90+/- 10% RPM ;
- Min. Vitesse de fonctionnement (6V) : 200+/- 10% RPM ;
- Couple : 0.15Nm ~0.60Nm ~0.60Nm ;
- Couple de décrochage (6V) : 0.8kg.cm ;
- Rapport d'engrenage : 1:48 ;
- Dimensions du corps : 70 x 22 x 18mm ;
- Longueur des fils : 200mm ;
- Poids du produit : 30,6g.

II.3.3. Moteur de transition horizontal

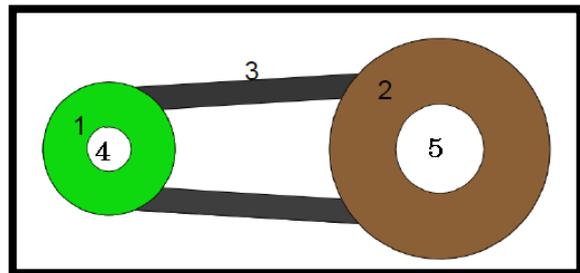
II.3.3.1. Dimensionnement du moteur

Masse totale maximum à déplacée $M=0.3\text{kg}$;

Vis sans fin : Longueur = 140mm, Diamètre = 6 mm, Pas = 1mm ;

Vitesse de déplacement $V=0.01\text{m/s}$;

- 1 : poulie 2
- 2 : Poulie 1
- 3 : Courroie
- 4 : Arbre moteur
- 5 : Vis sans fin



Dimension des poulies : $R_{P1} = D_{P1} / 2 = 3.5 \text{ mm}$

$$R_{P2} = D_{P2} / 2 = 7 \text{ mm}$$

- Calculée la vitesse Ω_{P2}

$$\Omega_{P2} = V * 2\pi / P \quad (\text{II.7})$$

$$\Omega_{P2} = 0.01 * 2\pi / 0.001$$

$$\Omega_{P2} = 63 \text{ rad/s}$$

- Calculée la vitesse Ω_{P1}

$$\Omega_{P1} = (R_{P2} * \Omega_{P2}) / R_{P1} \quad (\text{II.8})$$

$$\Omega_{P1} = (0.007 * 63) / 0.003$$

$$\Omega_{P1} = 147 \text{ rd/s}$$

- La vitesse de rotation du moteur N

$$N = 147 * 60 / 2\pi = 1400 \text{ tr/min}$$

- Calcul de couple de charge

$$C_{ch} = R_{vis} * M * G \quad (\text{II.9})$$

$$C_{ch} = 0.003 * 0.3 * 9.81$$

$$C_{ch} = 0.08 \text{ N.m}$$

II.3.3.2. Choix du moteur

Le moteur choisi pour cette application est : le moteur à courant continu TN378412

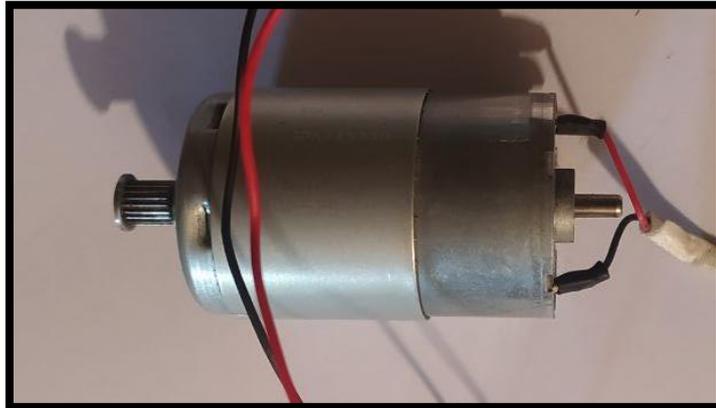


Figure (II.2) : Moteur à courant continu TN378412

➤ Caractéristiques

- Tension nominale : 24 V CC ;
- Courant nominale : 1.2 A ;
- Vitesse à vide : 1900 tr/min ;
- Plage de tension de fonctionnement : 12 V à 42 V CC ;
- Puissance de sortie : 30 W ;
- Couple max : 30 mN.m ;
- Type de moteur : Moteur à balais en carbone ;
- Poids : 127g ;
- Diamètre d'arbre de sortie : 4mm ;

II.4. Dimensionnement de la partie mécanique

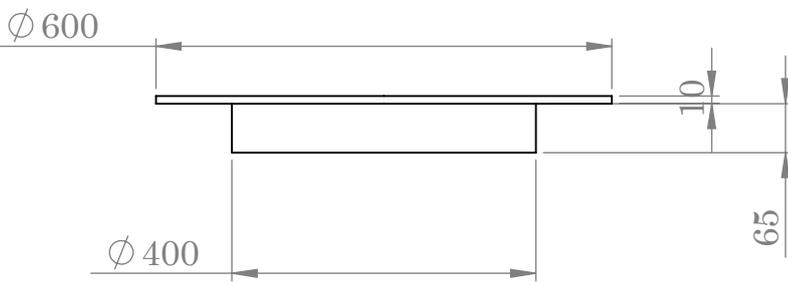
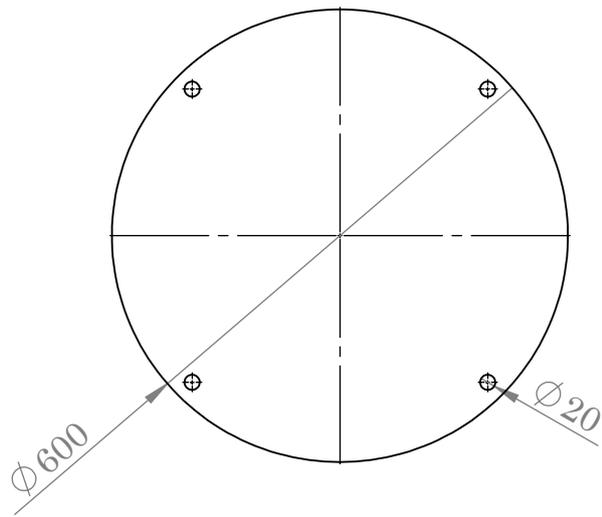
II.4.1. Description de logiciel utilisé

SolidWorks est un logiciel d'assistance à la conception assistée par ordinateur (CAO) en 2D et 3D basé sur Windows. Les utilisateurs ont la possibilité de concevoir des modèles précis et complexes de pièces et d'assemblages mécaniques. On utilise ce logiciel dans différents secteurs de l'ingénierie et de la conception afin de réaliser des modélisations, des simulations et des analyses de produits. La création de dessins techniques, la création de plans et la gestion des données de conception sont simplifiées grâce à SolidWorks, ce qui améliore l'efficacité et la précision du processus de développement de produits.

II.4.2. Dimensionnement de la structure externe

Cette section se concentre sur les dimensions détaillées de la structure externe et les composants spécifiques utilisés dans sa construction. Le tableau ci-dessus fournit une correspondance entre chaque compas de prototype et la page correspondante où ses caractéristiques et son utilisation sont décrites en détail. En rassemblant ces informations, vous obtiendrez une image complète de la structure externe, de ses composants et de la manière dont ils s'intègrent pour créer une structure solide et fonctionnelle.

Désignation	N° de la page
Dessin de base	19
Dessin d'étage	20
Dessin de la surface supérieure	21
Dessin de support structure	22
Dessin de la structure externe	23



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES
 ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM

PRENOM

Dehamla Rabah

Khelifa Amazigh

TITRE:

Base

QUAL.

MATERIAU:

No. DE PLAN

A4

MASSE:

ECHELLE:1:20

FEUILLE 1 SUR 1

4

3

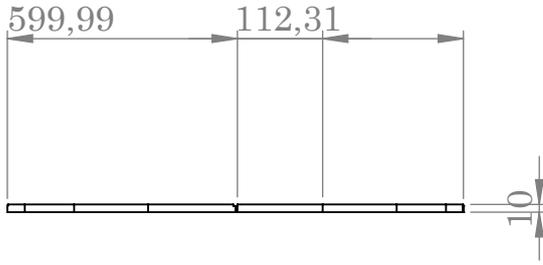
2

1

4 3 2 1

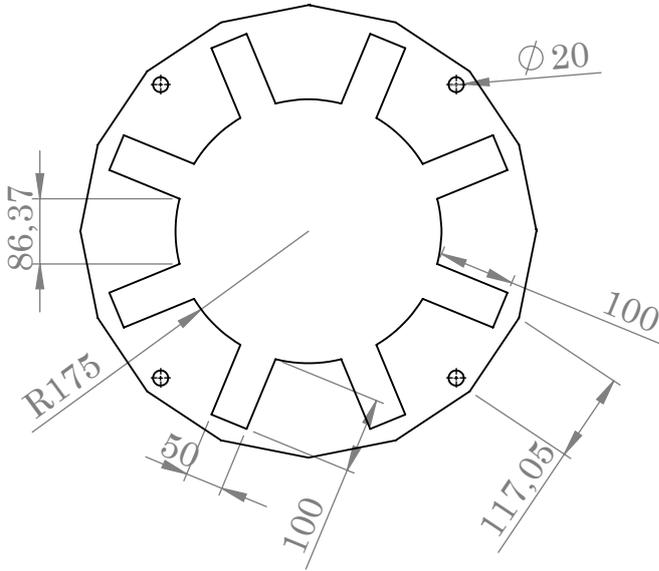
F

F



E

E

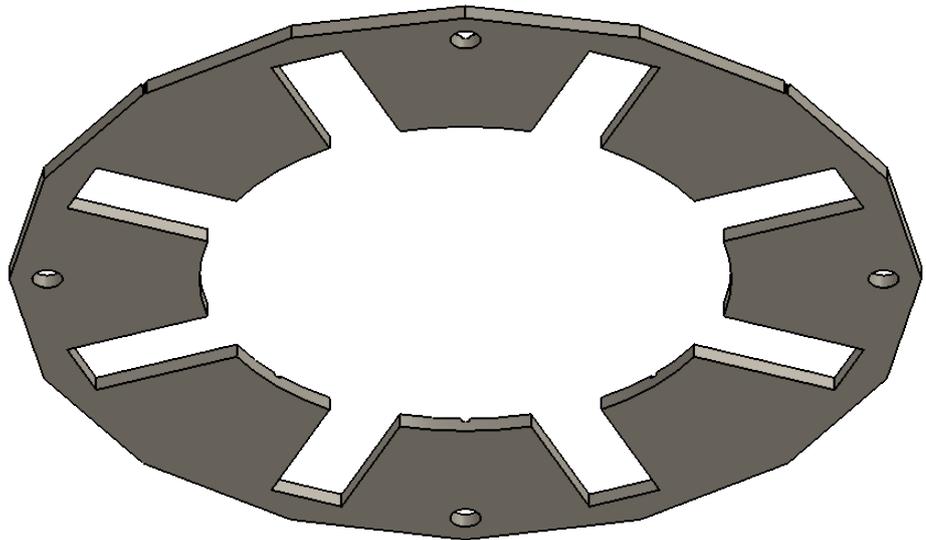


D

D

C

C



B

B

SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
LES COTES SONT EN MILLIMETRES
ETAT DE SURFACE:
TOLERANCES:
LINEAIRES:
ANGULAIRES:

CASSER LES
ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM PRENOM

TITRE:

Dehamla Rabah
Khelifa Amazigh

Etage

A

A

QUAL.

MATERIAU:

No. DE PLAN

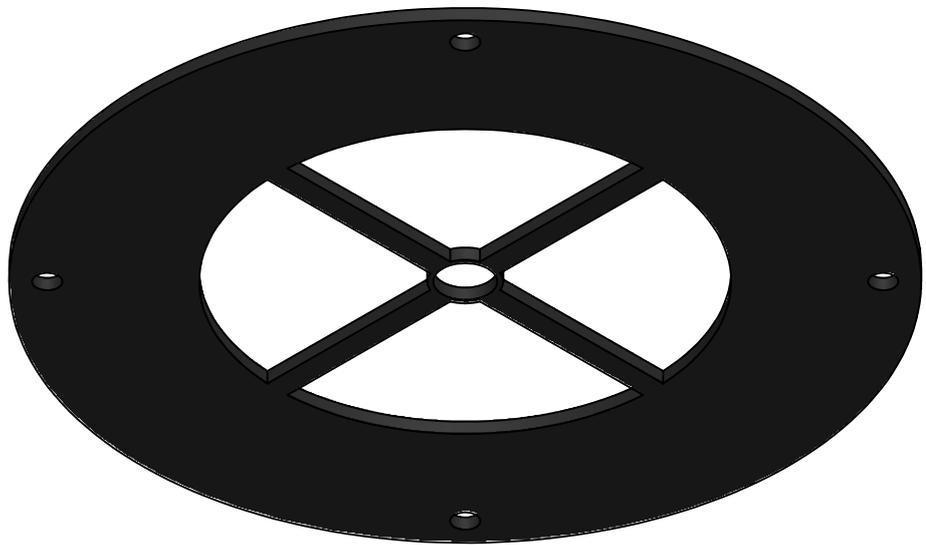
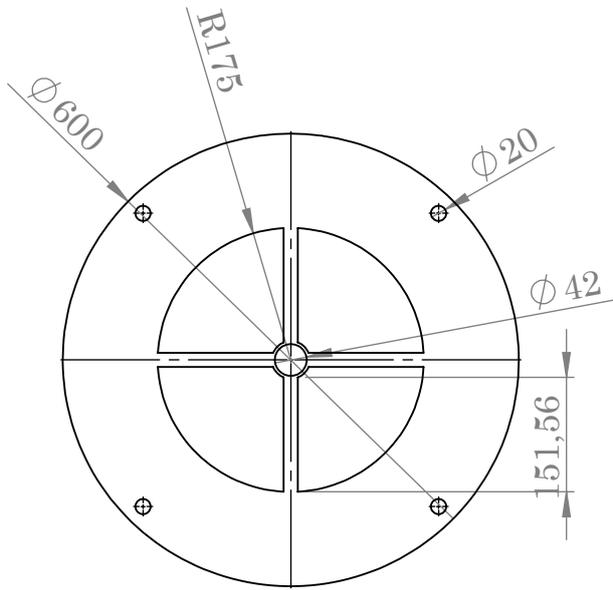
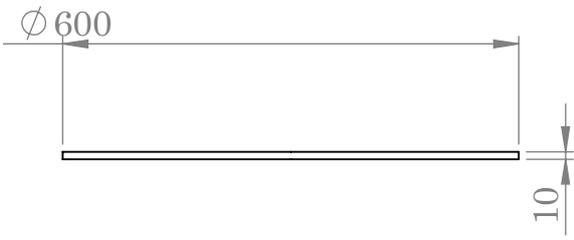
A4

MASSE:

ECHELLE:1:20

FEUILLE 1 SUR 1

4 3 2 1



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES
 ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM PRENOM

Dehamla Rabah
 Khelifa Amazigh

TITRE:

Surface supérieure

QUAL.

MATERIAU:

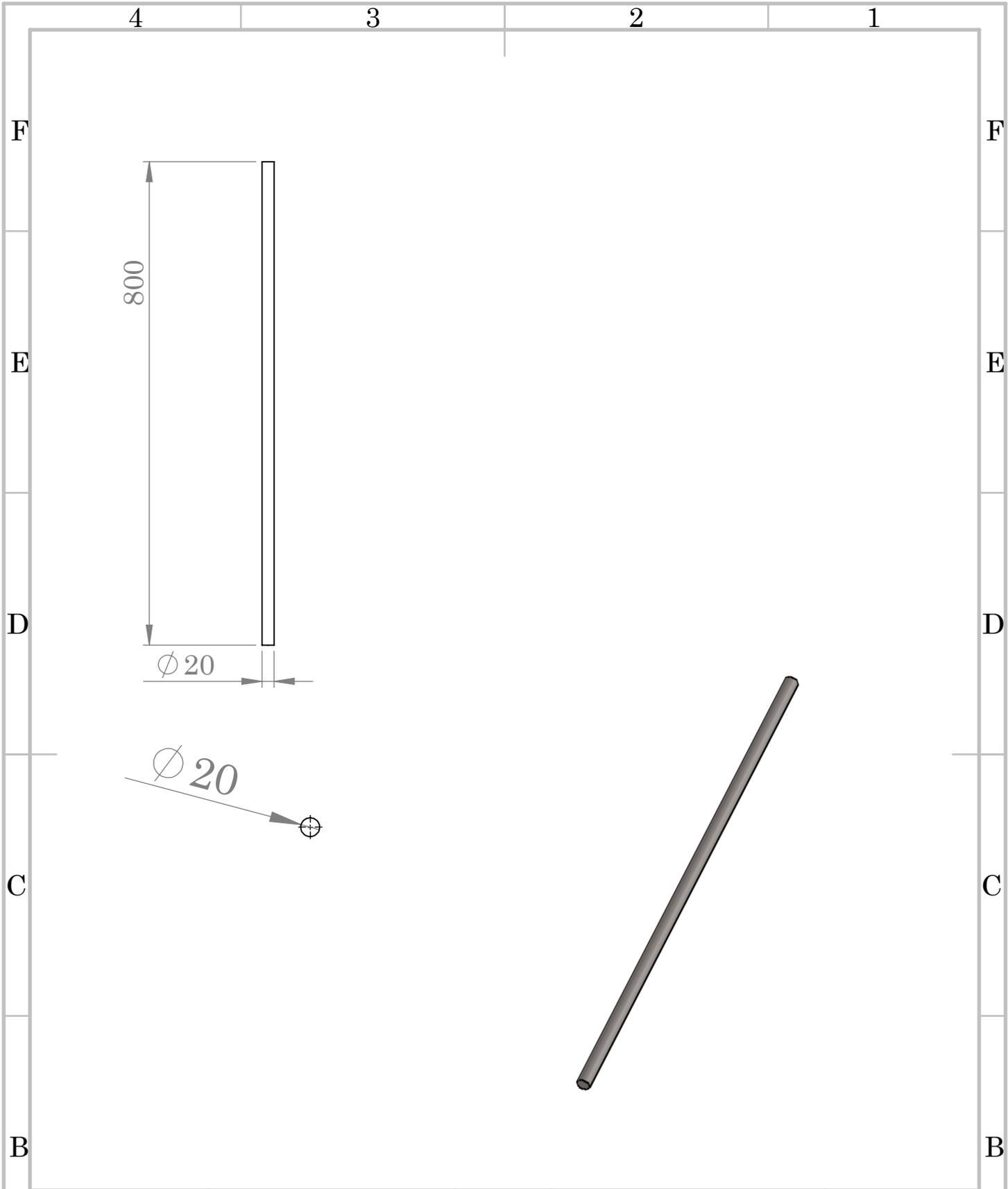
No. DE PLAN

A4

MASSE:

ECHELLE:1:20

FEUILLE 1 SUR 1



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM	PRENOM	TITRE:
Dehamla Rabah		Support structure
Khelifa Amazigh		

QUAL.	MATERIAU:	No. DE PLAN	A4
	MASSE:	ECHELLE:1:10	FEUILLE 1 SUR 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

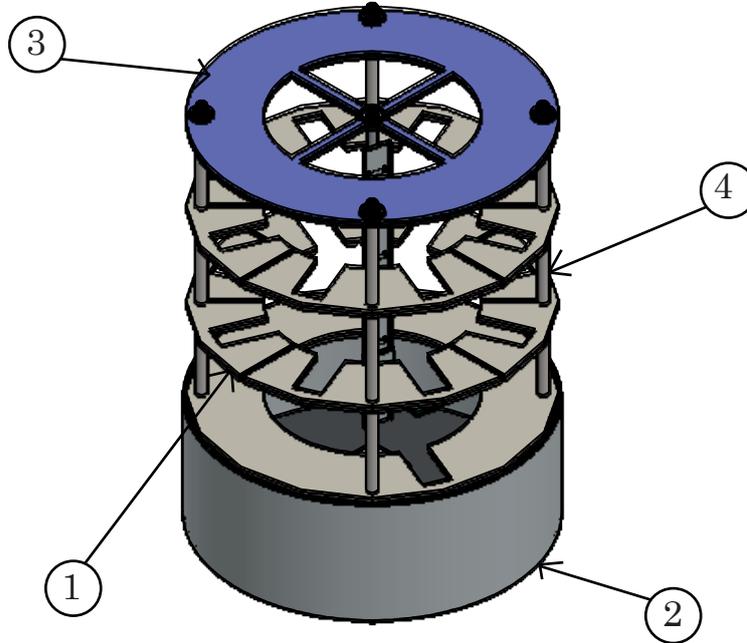
D

C

C

B

B



REP	Désignation
1	Etage
2	Base
3	Surface supérieure
4	Support

SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES
 ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM

PRENOM

TITRE:

Dehamla Rabah
 Khelifa Amazigh

Structure externe

QUAL.

MATERIAU:

No. DE PLAN

A4

MASSE:

ECHELLE:1:1

FEUILLE 1 SUR 1

4

3

2

1

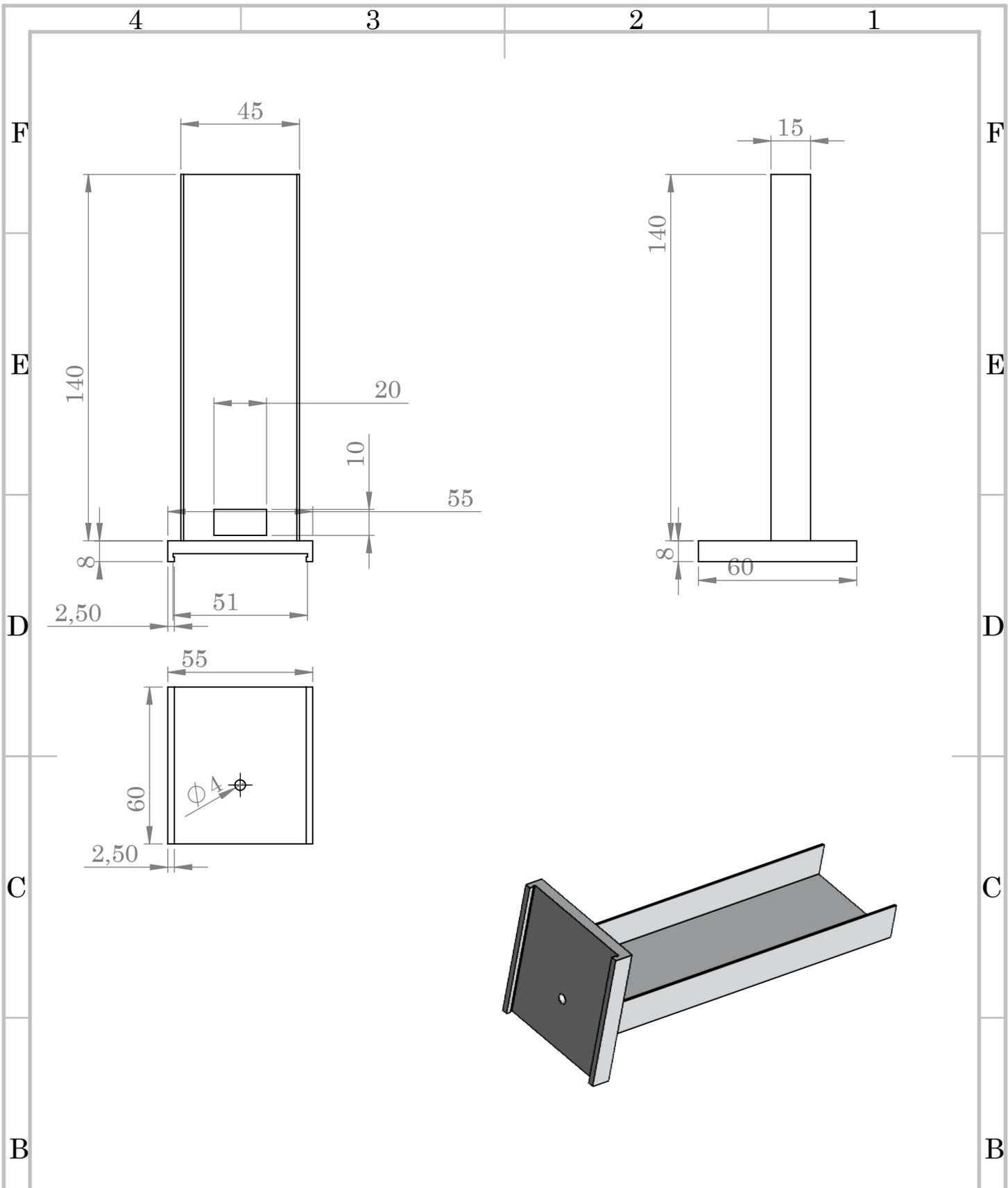
A

A

II.4.3. Dimensionnement du chariot de levage

Cette section se concentre sur les dimensions détaillées de la structure de chariot de levage et les composants spécifiques utilisés dans sa construction. Le tableau ci-dessus fournit une correspondance entre chaque composant de prototype et la page correspondante où ses caractéristiques et son utilisation sont décrites en détail. En rassemblant ces informations, vous obtiendrez une image complète de la structure de chariot de levage.

Désignation	N° de la page
Dessin de la structure de chariot	25
Dessin vis sans fin	26
Dessin de poulie 1	27
Dessin de poulie 2	28
Dessin de support palette	29
Dessin d'écrou	30
Dessin de la palette	31
Dessin d'ensemble de chariot	32



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES
 ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM	PRENOM
Dehamla Rabah	
Khelifa Amazigh	

TITRE:
Structure de chariot

QUAL.	

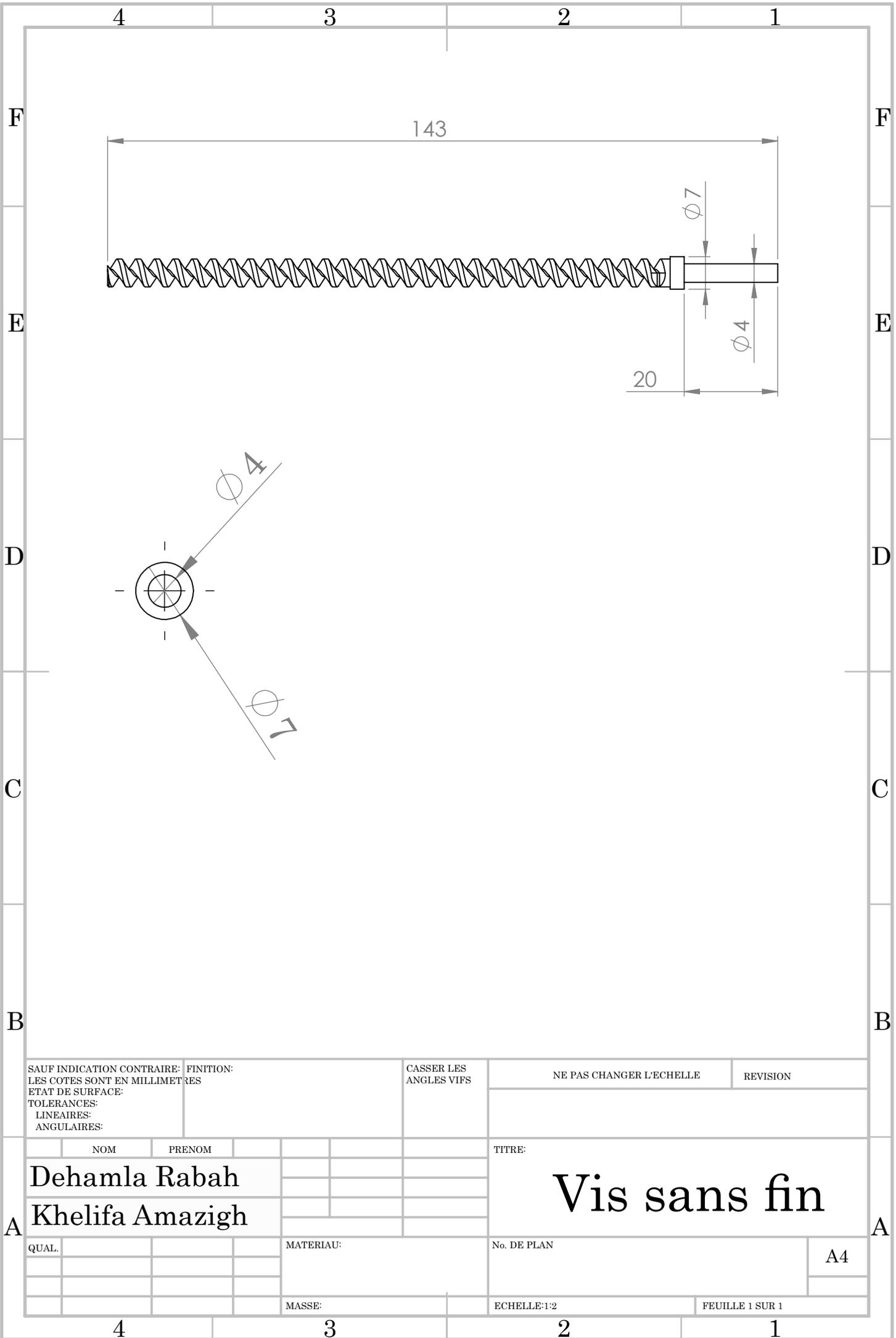
MATERIAU:

 MASSE:

No. DE PLAN

 ECHELLE:1:2
 FEUILLE 1 SUR 1

A4



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION: LES COTES SONT EN MILLIMETRES ETAT DE SURFACE: TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES:		CASSER LES ANGLES VIFS	NE PAS CHANGER L'ECHELLE	REVISION

NOM		PRENOM		TITRE:	
Dehamla Rabah		Khelifa Amazigh		Vis sans fin	
QUAL.		MATERIAU:			
		MASSE:		ECHELLE:1:2	FEUILLE 1 SUR 1

4 3 2 1

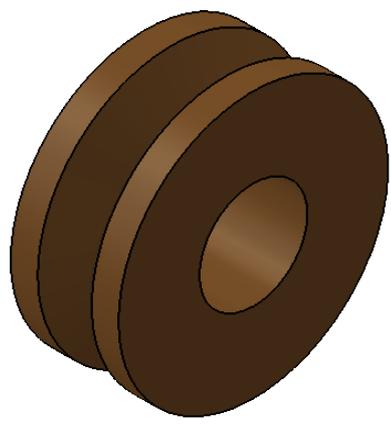
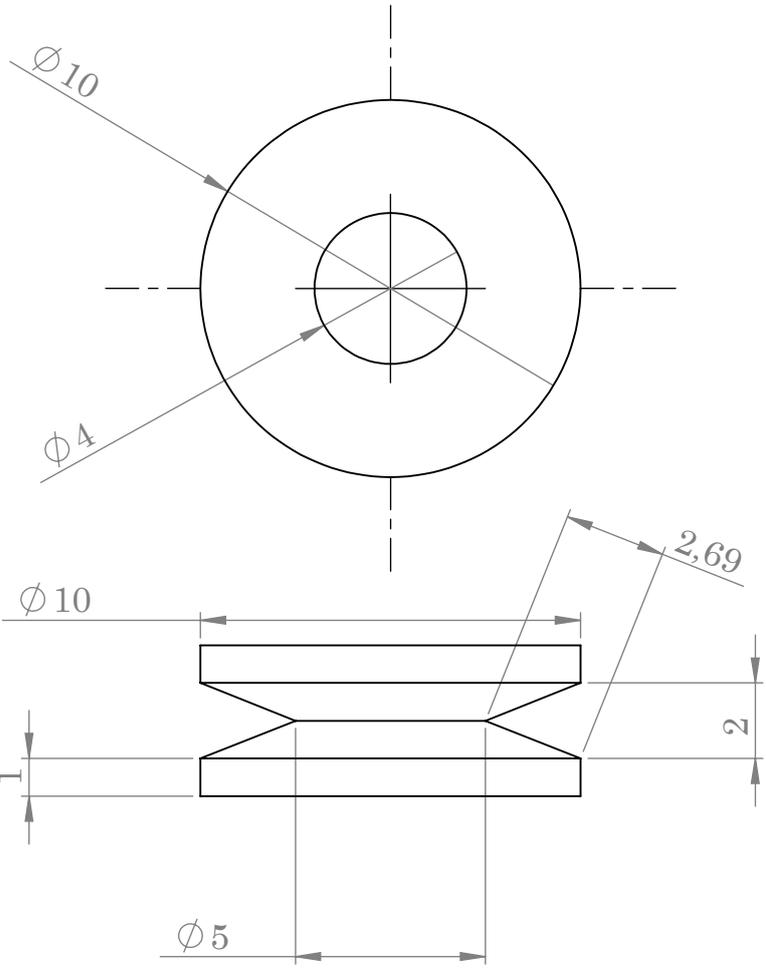
F F

E E

D D

C C

B B



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION: CASSER LES ANGES VIFS
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

NE PAS CHANGER L'ECHELLE REVISION

NOM		PRENOM		TITRE:	
Dehamla Rabah		Khelifa Amazigh		Poulie 1	
QUAL.		MATERIAU:			
				A4	
MASSE:		ECHELLE:5:1		FEUILLE 1 SUR 1	

4 3 2 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

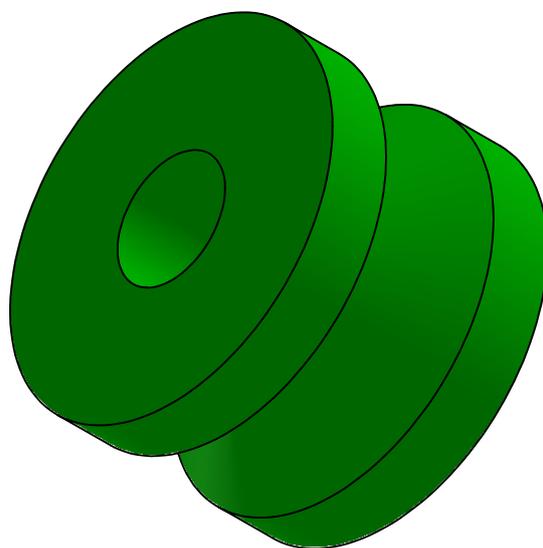
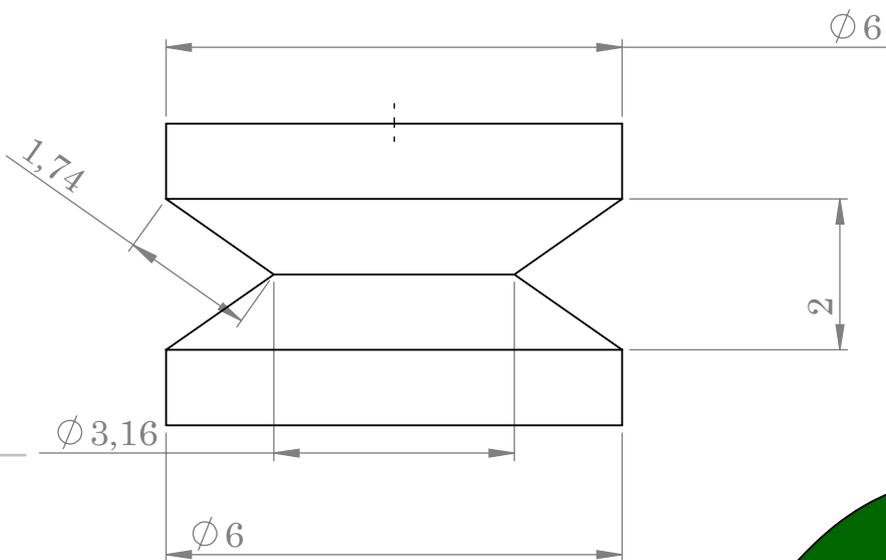
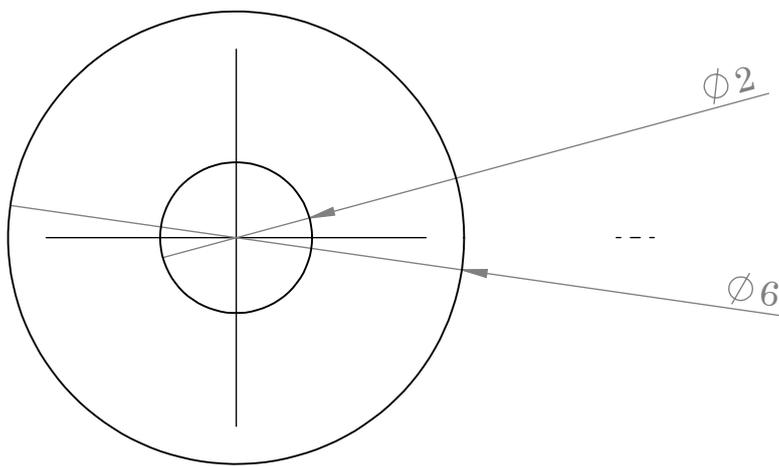
C

B

B

A

A



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES ANGES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM PRENOM

TITRE:

Dehamla Rabah

Poulie 2

Khelifa Amazigh

QUAL.

MATERIAU:

No. DE PLAN

A4

MASSE:

ECHELLE:10:1

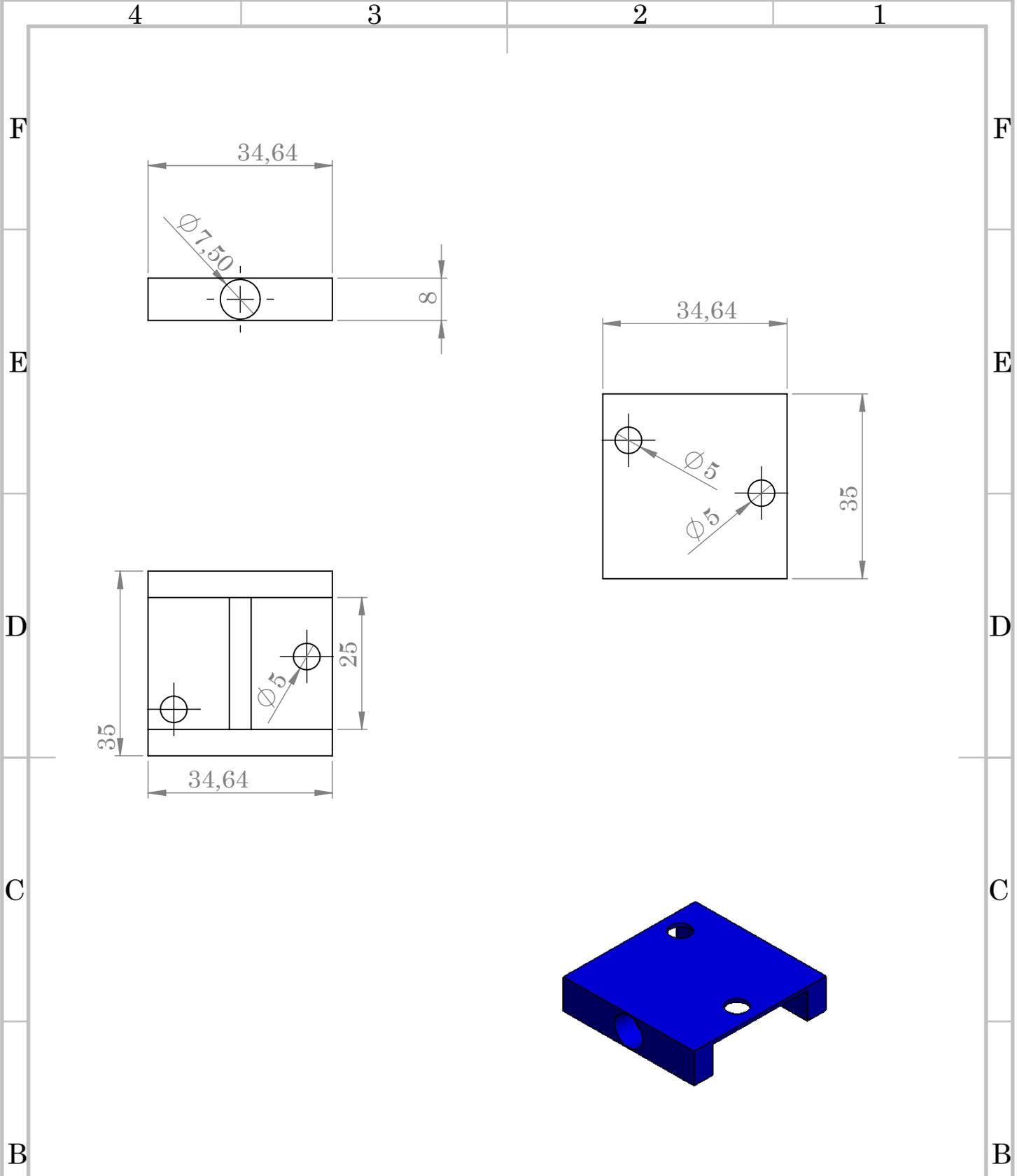
FEUILLE 1 SUR 1

4

3

2

1



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES
 ANGLES VIFS

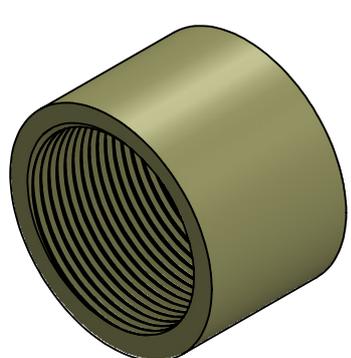
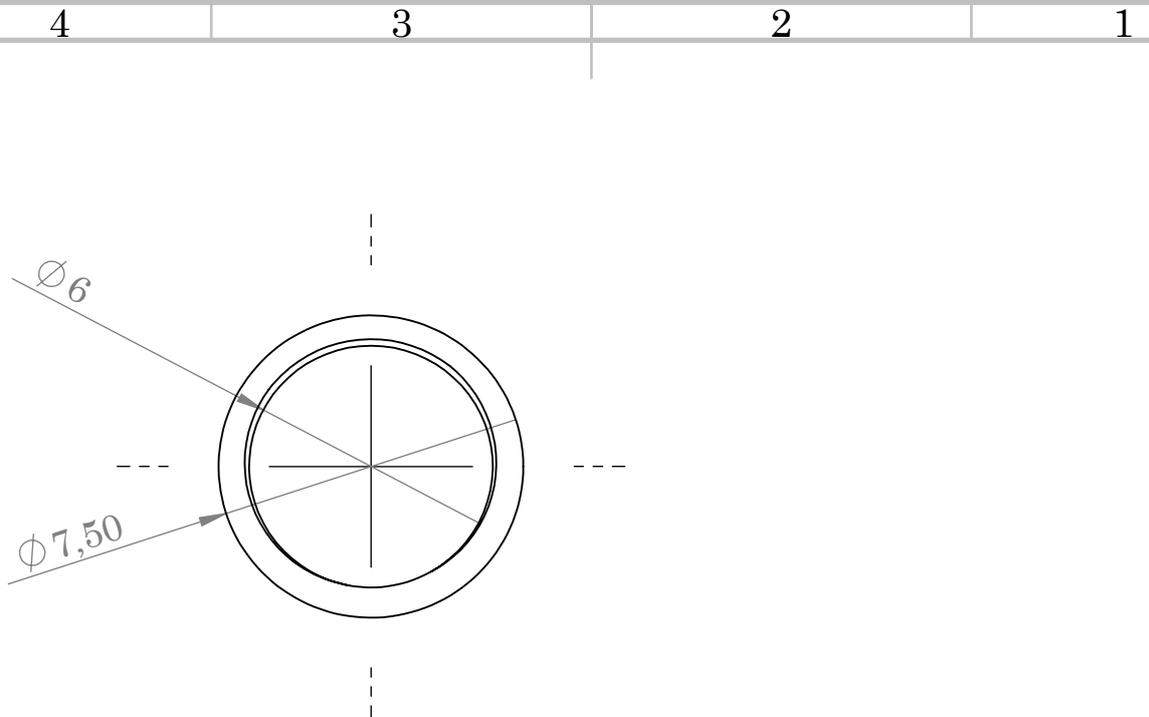
NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

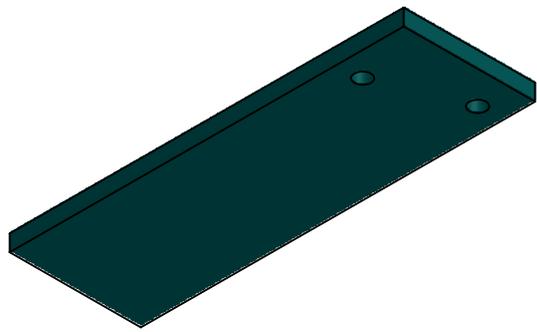
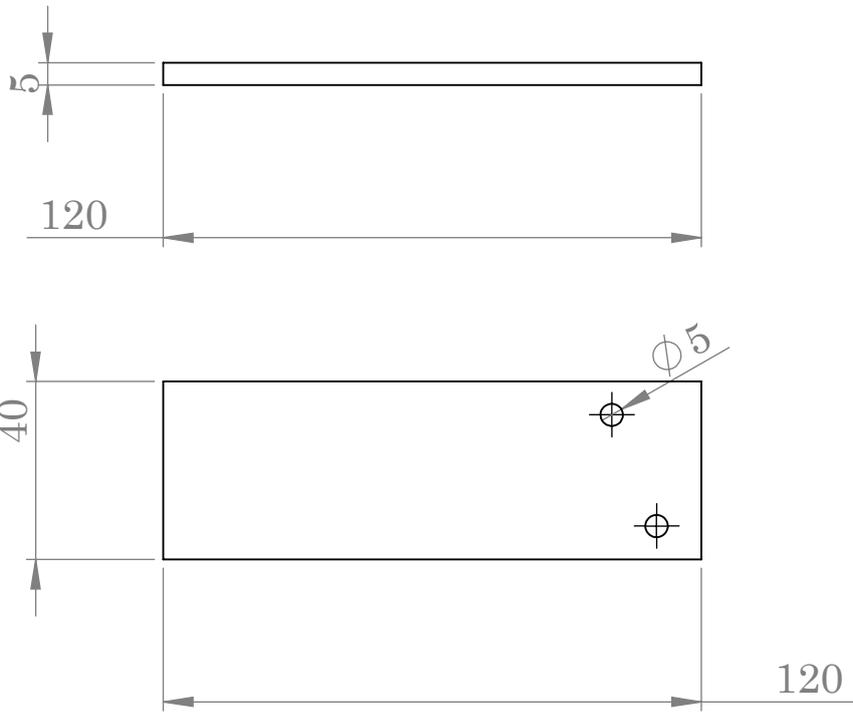
NOM	PRENOM				
Dehamla Rabah					
Khelifa Amazigh					

TITRE:
Support de palette

QUAL.			MATERIAU:		No. DE PLAN		A4
			MASSE:		ECHELLE:1:1		FEUILLE 1 SUR 1



SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		FINITION:		CASSER LES ANGLES VIFS		NE PAS CHANGER L'ECHELLE		REVISION	
ETAT DE SURFACE:									
TOLERANCES:									
LINEAIRES:									
ANGULAIRES:									
NOM		PRENOM		TITRE:		<h1>Ecrou</h1>			
Dehamla Rabah		Khelifa Amazigh							
QUAL.		MATERIAU:		No. DE PLAN		A4			
		MASSE:		ECHELLE:5:1		FEUILLE 1 SUR 1			



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES
 ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM

PRENOM

TITRE:

Dehamla Rabah

Khelifa Amazigh

Palette

QUAL.

MATERIAU:

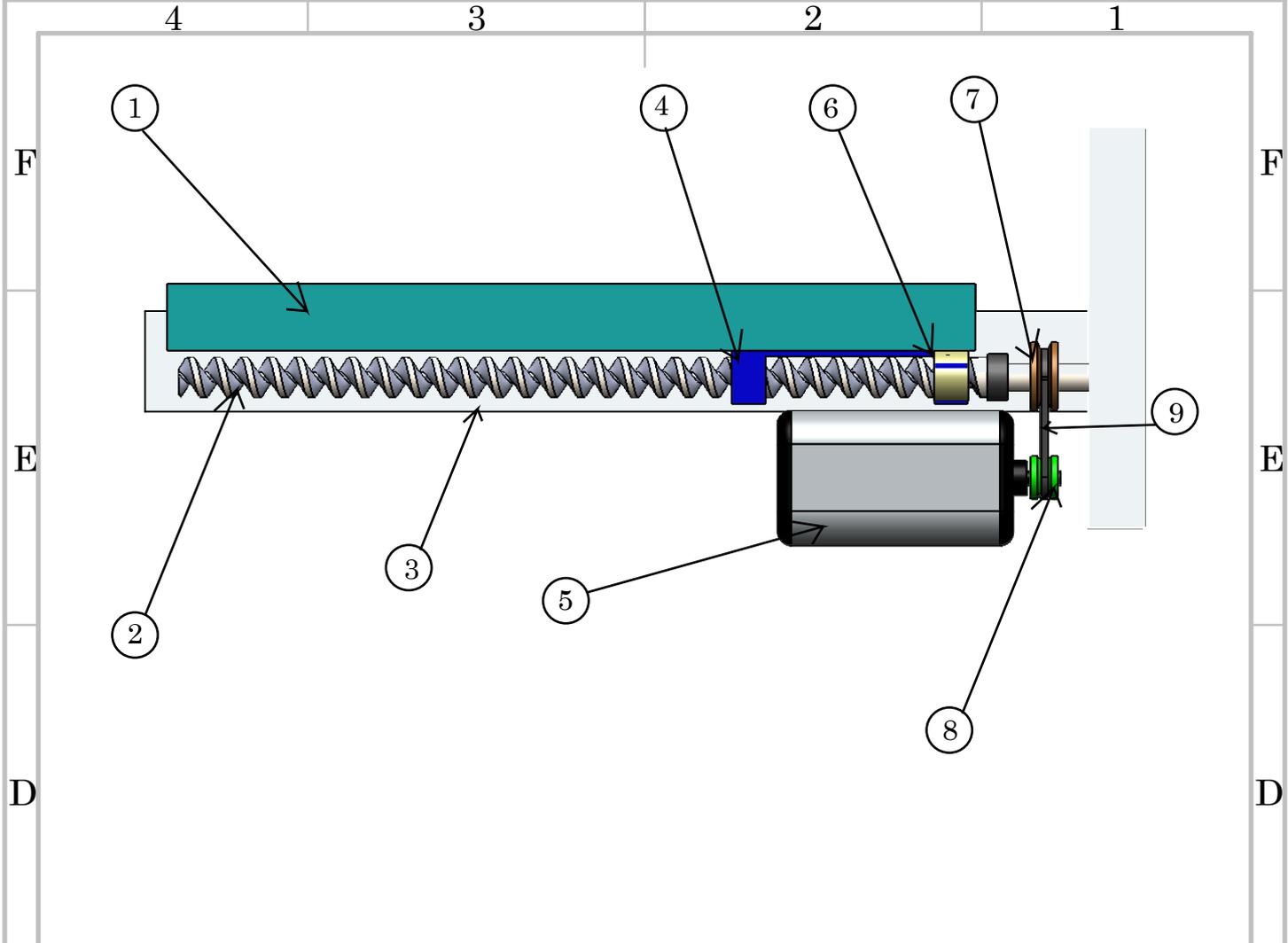
No. DE PLAN

A4

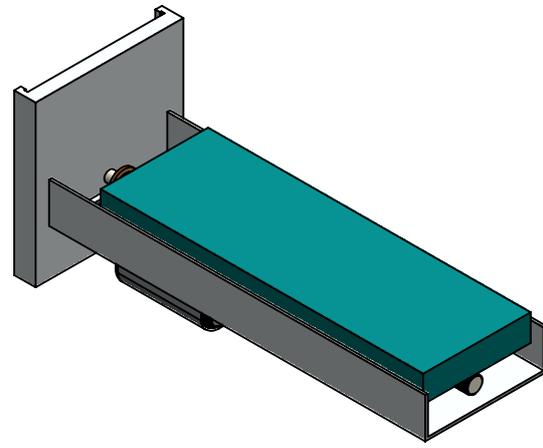
MASSE:

ECHELLE:1:2

FEUILLE 1 SUR 1



REP	Désignation
1	Palette
2	Vis sans fin
3	Structure de chariot
4	Support de palette
5	Moteur
6	Les ecrous
7	Poulie 1
8	Poulie 2
9	Courroie



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES
 ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM
Dehamla Rabah
 PRENOM
Khelifa Amazigh

TITRE:

Chariot

QUAL.

MATERIAU:

No. DE PLAN

A4

MASSE:

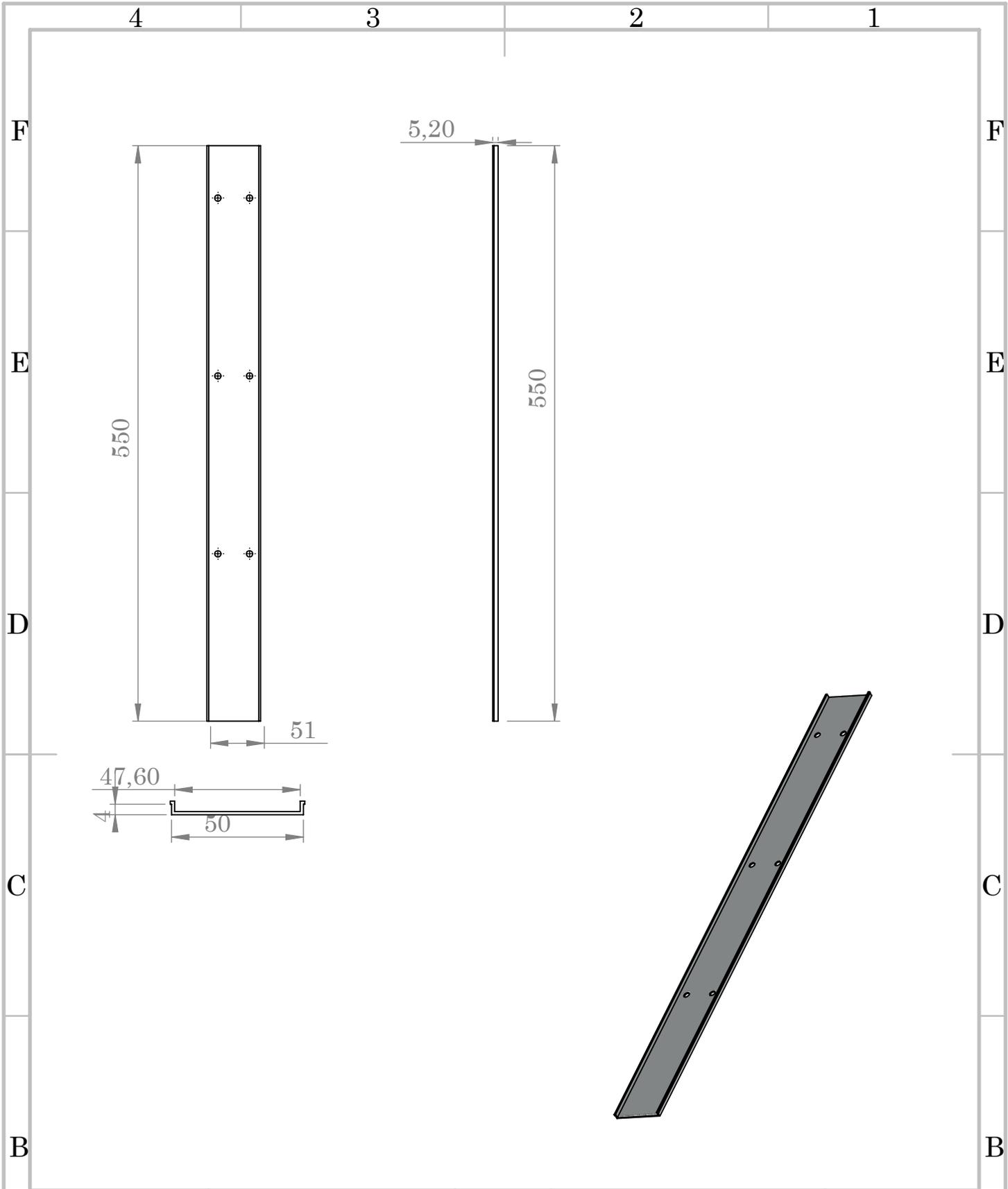
ECHELLE:1:2

FEUILLE 1 SUR 1

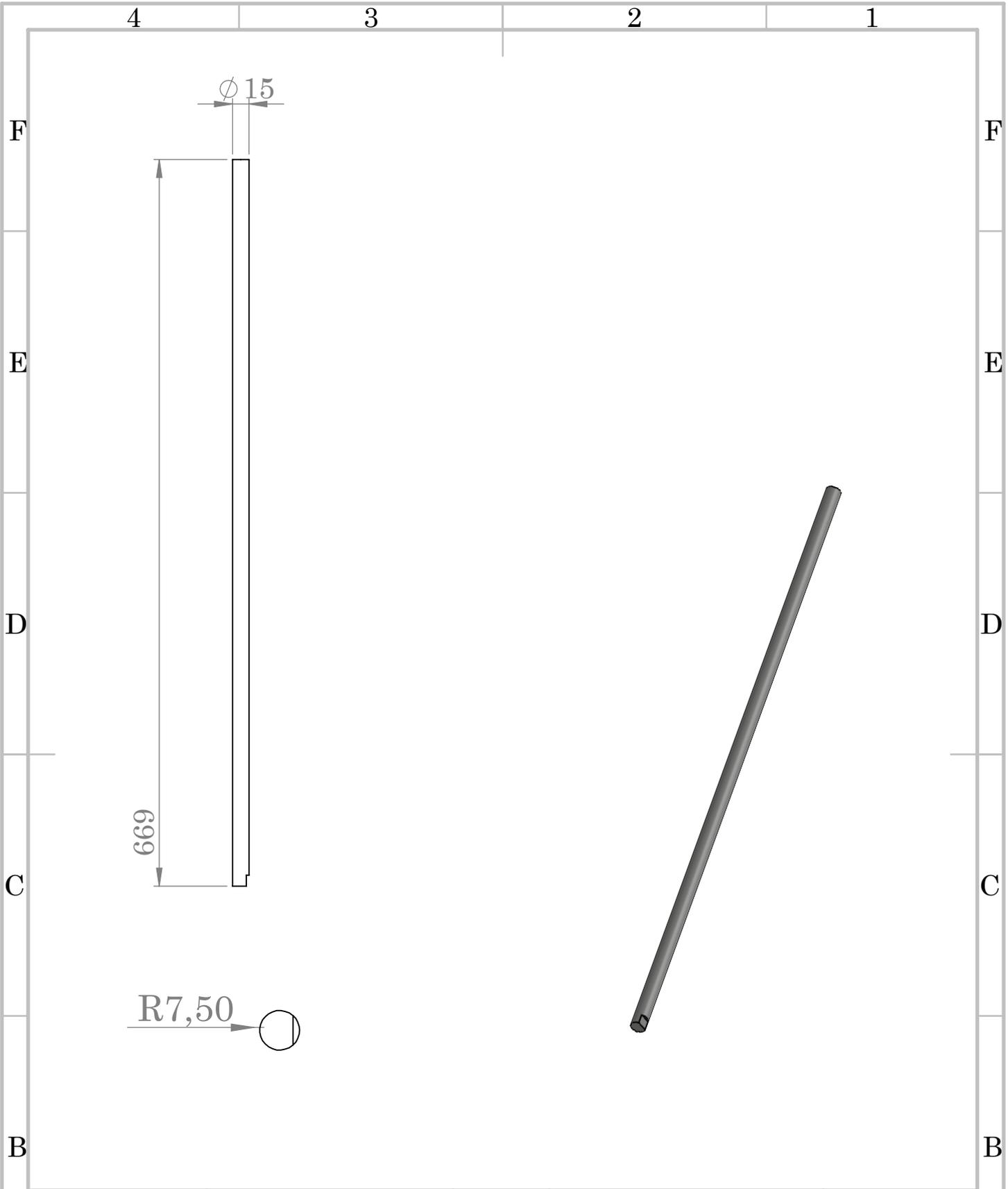
II.4.4. Dimensionnement du mécanisme de rotation

Cette section se concentre sur les dimensions détaillées du mécanisme de rotation et les composants spécifiques utilisés dans sa construction. Le tableau ci-dessus fournit une correspondance entre chaque composant de prototype et la page correspondante où ses caractéristiques et son utilisation sont décrites en détail. En rassemblant ces informations, vous obtiendrez une image complète du mécanisme de rotation.

Désignation	N° de la page
Dessin de la Rail	34
Dessin de support de la Rail	35
Dessin de pignon 1	36
Dessin de pignon 2	37
Dessin mécanisme de rotation	38



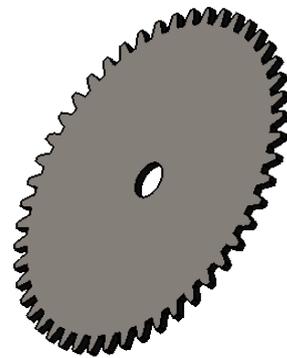
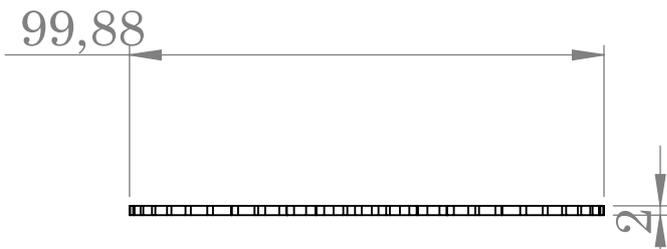
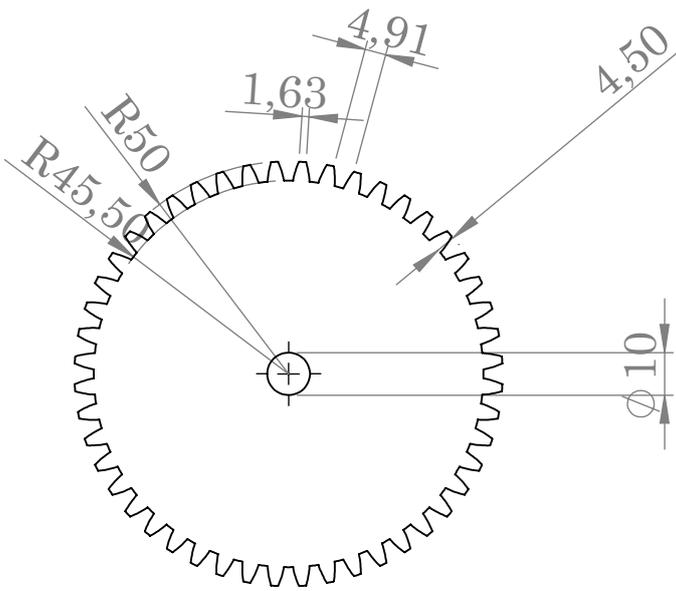
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES ETAT DE SURFACE: TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES:		FINITION:		CASSER LES ANGLES VIFS		NE PAS CHANGER L'ECHELLE		REVISION	
NOM		PRENOM		TITRE:		<h1>Rail</h1>			
Dehamla Rabah		Khelifa Amazigh							
QUAL.		MATERIAU:		No. DE PLAN		A4			
		MASSE:		ECHELLE:1:5		FEUILLE 1 SUR 1			



SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES ETAT DE SURFACE: TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRES:	FINITION:	CASSER LES ANGLES VIFS	NE PAS CHANGER L'ECHELLE	REVISION

NOM	PRENOM				TITRE:
Dehamla	Rabah				Support de Rail
Khelifa	Amazigh				

QUAL.			MATERIAU:	No. DE PLAN	A4
			MASSE:	ECHELLE:1:5	FEUILLE 1 SUR 1



SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES
 ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM

PRENOM

TITRE:

Dehamla Rabah

Khelifa Amazigh

Pignon 1

QUAL.

MATERIAU:

No. DE PLAN

A4

MASSE:

ECHELLE:1:1

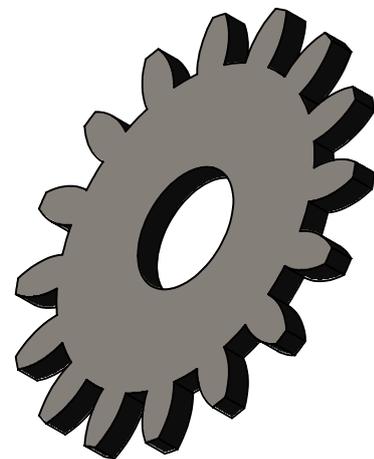
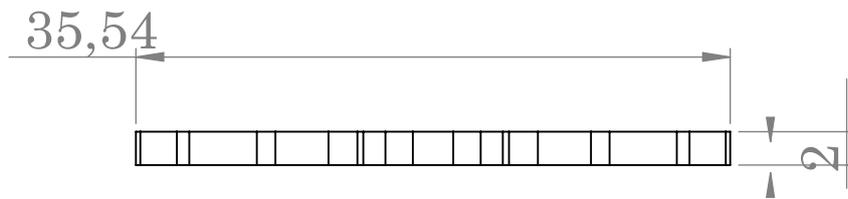
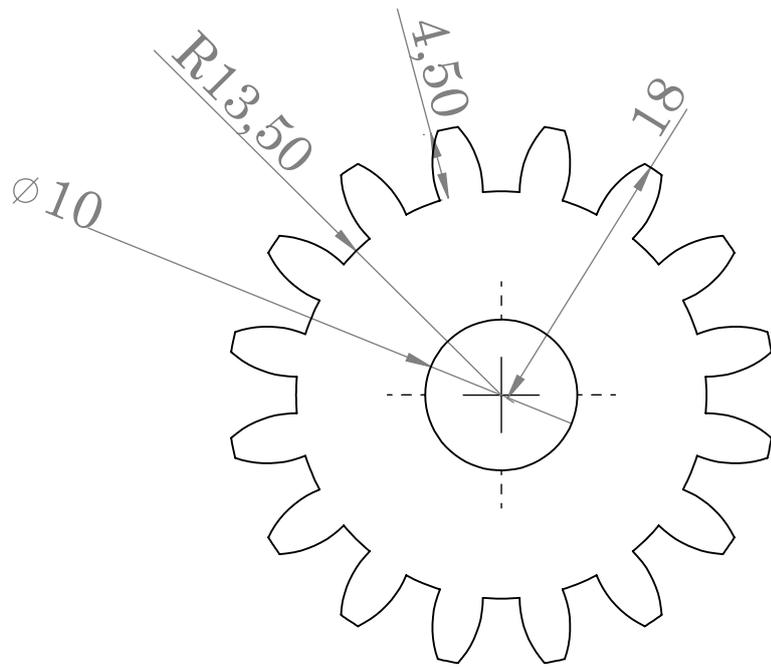
FEUILLE 1 SUR 1

4

3

2

1



SAUF INDICATION CONTRAIRE:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES
 ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM

SIGNATURE

DATE

TITRE:

Dehamla Rabah

Khelifa Amazigh

Pignon 2

QUAL.

MATERIAU:

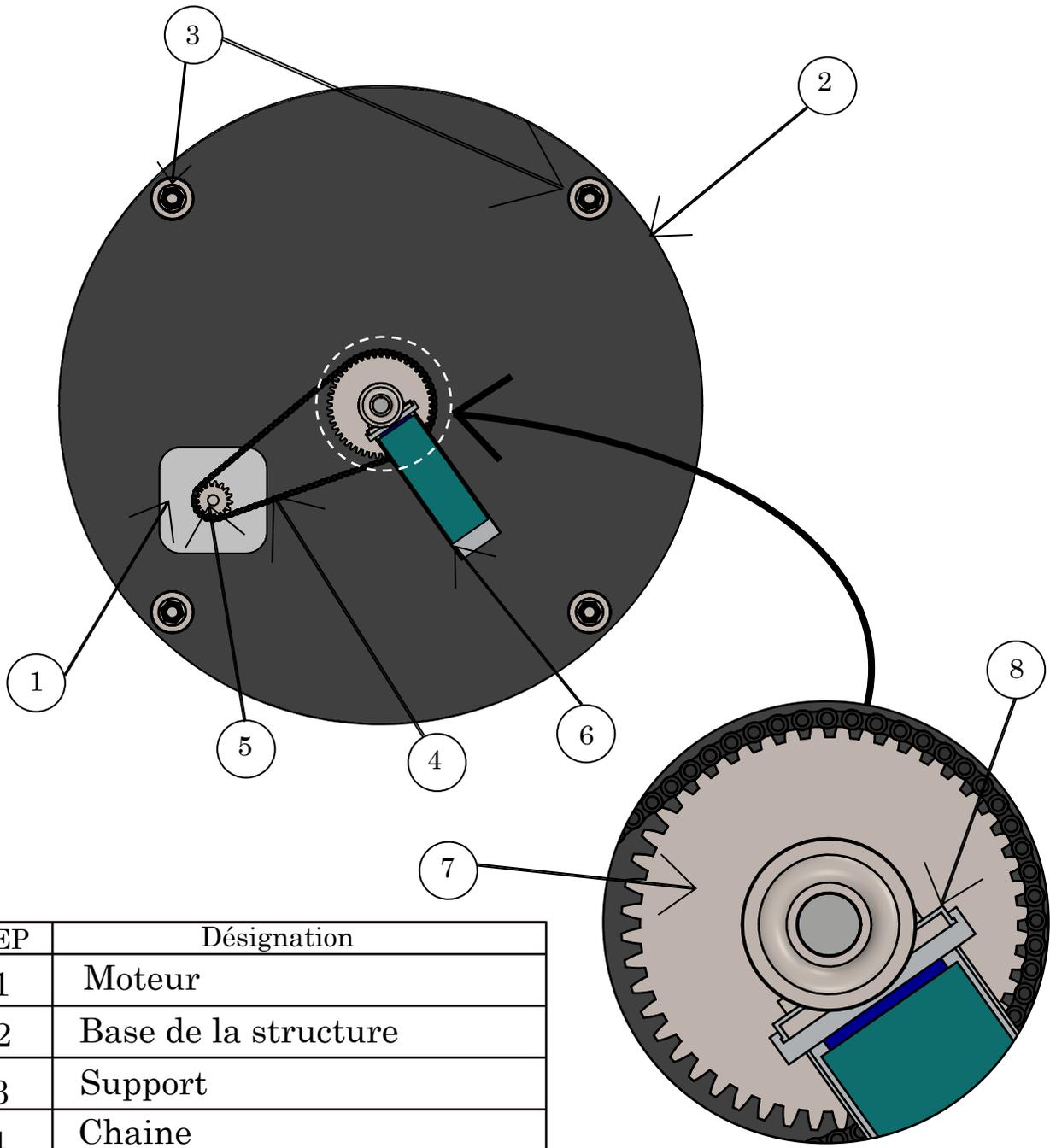
No. DE PLAN

A4

MASSE:

ECHELLE:2:1

FEUILLE 1 SUR 1



REP	Désignation
1	Moteur
2	Base de la structure
3	Support
4	Chaine
5	Pignon 1
6	Chariot
7	Pignon 2
8	Rail

SAUF INDICATION CONTRAIRE: FINITION:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

CASSER LES
 ANGLES VIFS

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

REVISION

NOM: Dehamla Rabah
 PRENOM: Khelifa Amazigh

TITRE: Mécanisme de rotation

QUAL.:

MATERIAU:
 MASSE:

No. DE PLAN:
 ECHELLE: 1:20
 FEUILLE 1 SUR 1

A4

II.5. Conclusion

À la fin de ce chapitre, nous avons finalisé les tâches essentielles d'étude de notre prototype de système de parking en silo. Le choix des moteurs s'est avéré crucial pour assurer une performance optimale et une fiabilité accrue du système. Après une analyse des spécifications techniques et des exigences opérationnelles, nous avons sélectionné des moteurs à courant continu pour leur efficacité énergétique et leur capacité à fournir un couple élevé, indispensable pour le déplacement des véhicules au sein du silo. Les dimensions des divers composants ont été effectuées avec SolidWorks, un outil essentiel pour notre projet. Grâce à ses capacités avancées de modélisation 3D, nous avons pu générer des dessins techniques précis, facilitant la fabrication et l'assemblage des composants mécaniques. Le prochain chapitre se concentrera sur l'automatisation de notre modèle de prototype.

Chapitre III :

Analyse fonctionnelle et Grafcet

III.1. Introduction

Les API sont utilisées pratiquement dans tous les domaines industriels en raison de leur grande flexibilité et adaptabilité, qui garantit toutes les opérations des processus d'automatisation. Ce chapitre décrit l'automate programmable SIEMENS S7-1200 avec logiciel TIA Portal V15.1, Carte Arduino Méga 2560 ainsi que le Grafcet et le programme utilisée pour le fonctionnement de notre system.

III.2. Automatisation

III.2.1. Système automatisé

Un système automatisé se compose d'un ensemble d'éléments qui fonctionnent de manière autonome pour effectuer des tâches programmées sans nécessiter une intervention humaine continue.

III.2.2. Objectif de l'automatisation

- Améliorer la productivité et la performance ;
- Réduire les erreurs ;
- Améliorer la sécurité ;
- Améliorer la qualité de vie ;
- Diminuer les coûts: En améliorant la productivité et en réduisant les erreurs;

III.2.3. L'API (Automate Programmable Industriel)

Un automate programmable industriel (ou API) est un dispositif électronique programmable destiné à automatiser des processus tels que la commande de machines au sein d'une usine et à piloter des robots industriels.

III.2.4. Structure d'un system automatisé

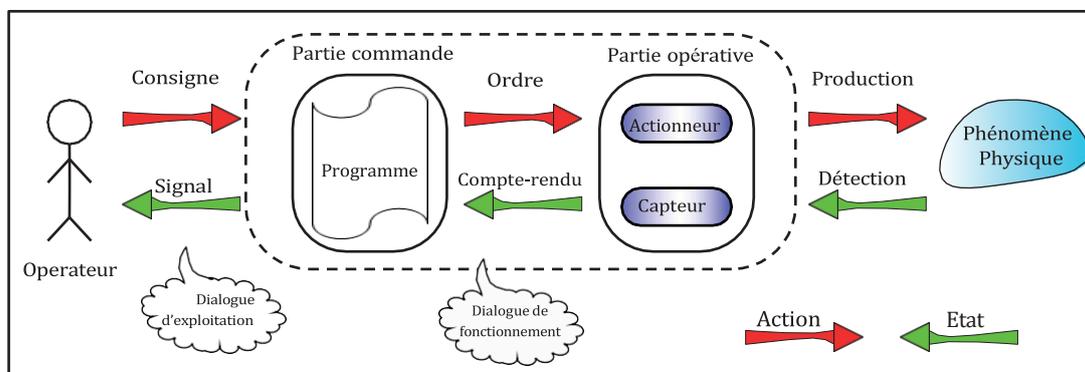


Figure (III.1) : Structure d'un système automatisé.

III.2.5. Principe et fonctionnement de L'API

Un automate programmable capte des données via ses entrées, les traite selon un programme prédéfini, puis délivre les résultats via ses sorties. Ce processus est invariant, quel que soit le programme, mais la durée d'un cycle d'API dépend de la complexité du programme et de la puissance de l'automate. La gestion de l'automate est assurée par l'unité centrale, qui réceptionne, mémorise et traite les données entrantes pour déterminer les données sortantes en fonction du programme.

III.3. Automate SIMATIC S7-1200

L'automate SIMATIC S7-1200 est un automate compact qui se programme avec le logiciel d'ingénierie TIA Portal de Siemens. L'automate SIMATIC S7-1200 est compatible avec PROFINET IO, et peut être utilisé avec des appareils PROFINET IO pour résoudre diverses applications. Il est disponible sous forme de kit de programmation comprenant ou pas un HMI.



Figure (III.2) : Automate SIMATIC S7-1200.

III.3.1. Logiciel TIA PORTALE V15

Le TIA Portal V15, qui signifie (Totally Integrated Automation Portal), est un environnement logiciel développé par Siemens pour la mise en œuvre de solutions d'automatisation. Il fournit un système d'ingénierie intégré qui comprend des logiciels tels que SIMATIC STEP 7 V15 et SIMATIC WinCC V15. Dans TIA Portal V15, les utilisateurs peuvent programmer des automates Siemens, effectuer des opérations binaires sur des variables booléennes et utiliser divers langages de programmation tels que LADDER, LOG ou LIST. Le logiciel permet la création de projets, la configuration du matériel, la programmation des automates, la visualisation des processus et l'utilisation de la technologie. De plus, TIA Portal V15 permet la création de vues, la configuration d'une documentation définie par l'utilisateur et la spécification de paramètres dans l'interface logicielle.

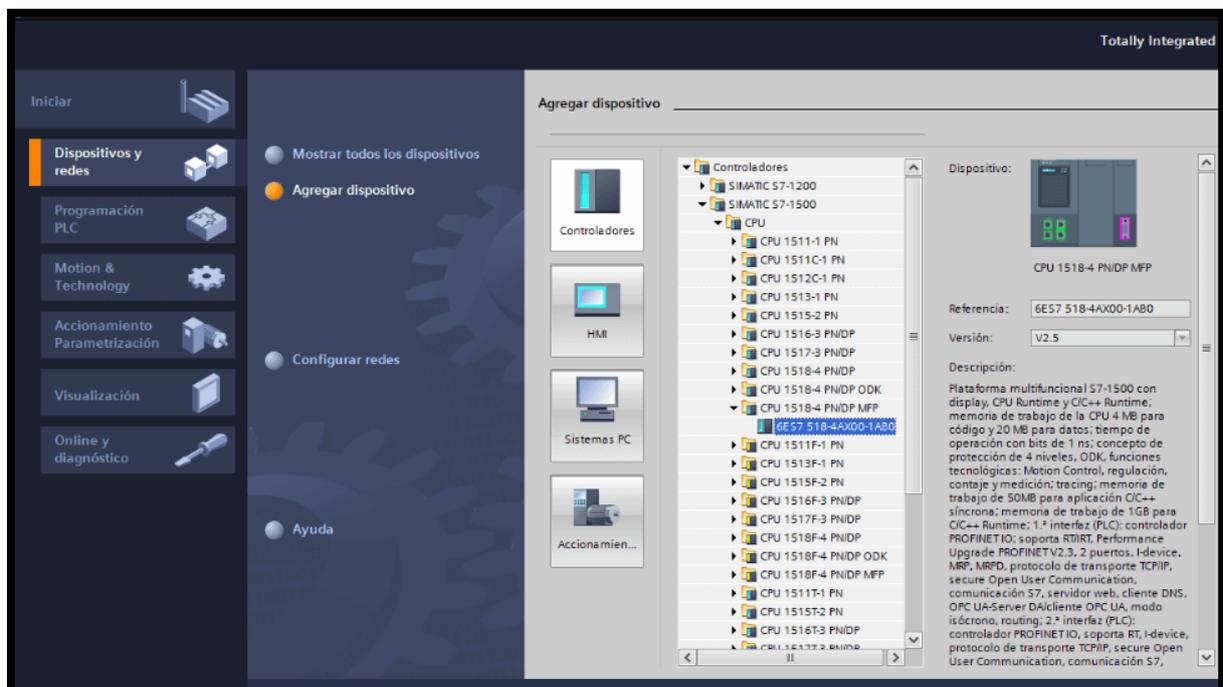


Figure (III.3) : Vue de logiciel TIA PORTALE V15.

III.4. Carte Arduino

Une carte Arduino est une carte électronique équipée d'un microcontrôleur qui permet de rendre intelligent des systèmes électroniques et de contrôler des dispositifs mécaniques. Elle est largement utilisée pour le prototypage rapide, permettant de connecter des capteurs en entrée et des actionneurs en sortie pour exécuter des programmes informatiques. Les cartes Arduino sont disponibles en différentes versions, telles que l'Arduino UNO et MEGA. Elles sont largement

utilisées pour des projets d'électronique et de codage. Les cartes Arduino sont habituellement fournies avec un microcontrôleur AT Méga ou SAM3x8E, des entrées et sorties numériques analogiques, un port USB pour la programmation et la communication avec un ordinateur, ainsi qu'un ensemble de broches permettant la connexion à des composants externes.

III.4.1. Carte Arduino Méga 2560

La carte Arduino Méga 2560, bien qu'elle soit un peu moins connue, est la grande sœur, plus rapide, de la carte Uno. La carte Arduino Méga 2560, dont les capacités équivalentes à quatre cartes Uno combinées, comporte un microcontrôleur et est construite autour du puissant microprocesseur ATmega2560. Cette carte robuste résiste à presque tout. Le microprocesseur ATmega2560 est le cerveau de la carte Arduino Méga. Grâce à ce microprocesseur (et à l'oscillateur à cristaux qui lui est associé), la carte Arduino Méga est cadencée à 16 MHz et possède une mémoire flash de 256 Ko, une mémoire vive de 8 Ko et une mémoire EEPROM de 4 Ko. La puissance supérieure du processeur permet aussi à la carte Mega de disposer de 54 broches d'E/S numérique (dont 15 peuvent servir de sortie PWM) et de 16 broches analogiques, soit presque quatre fois plus que sa petite sœur, la carte Uno [8].

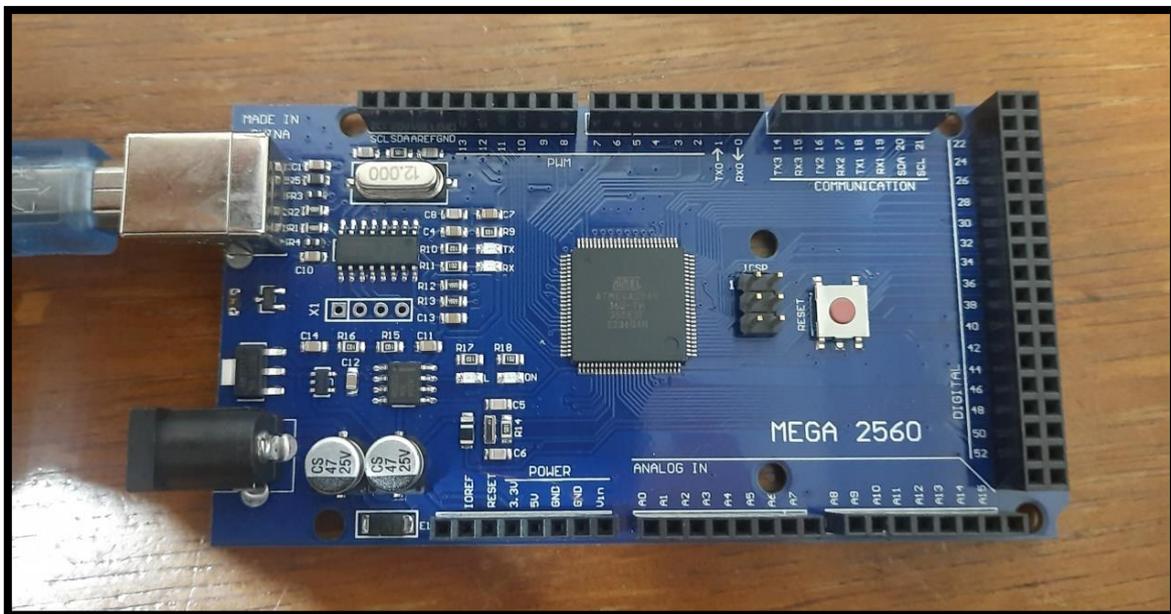


Figure (III.4) : Carte Arduino Méga 2560.

III.4.2. Logiciel ARDUINO IDE

Le logiciel Arduino, également appelé IDE (Environnement de Développement Intégré), est une plateforme open-source employée pour la création, le transfert et l'exécution de code sur les cartes Arduino. Il est compatible avec les systèmes d'exploitation Windows, Mac OS X et Linux. L'interface conviviale du logiciel Arduino facilite l'écriture, le téléchargement et l'exécution du code sur la carte Arduino. En outre, il permet de surveiller en temps réel les entrées et sorties de la carte, de déboguer le code et d'interagir avec la communauté Arduino pour obtenir de l'aide et partager des projets. Basé sur le langage de programmation Wiring, une simplification du C++, le logiciel Arduino est accompagné d'une bibliothèque de fonctions pré-écrites qui simplifient l'utilisation de composants électroniques communs comme les capteurs, les moteurs et les afficheurs. En somme, le logiciel Arduino constitue un outil indispensable pour programmer et interagir avec les cartes Arduino. Son adoption est répandue dans le prototypage rapide de projets électroniques grâce à sa simplicité d'utilisation et à l'activité de sa communauté.

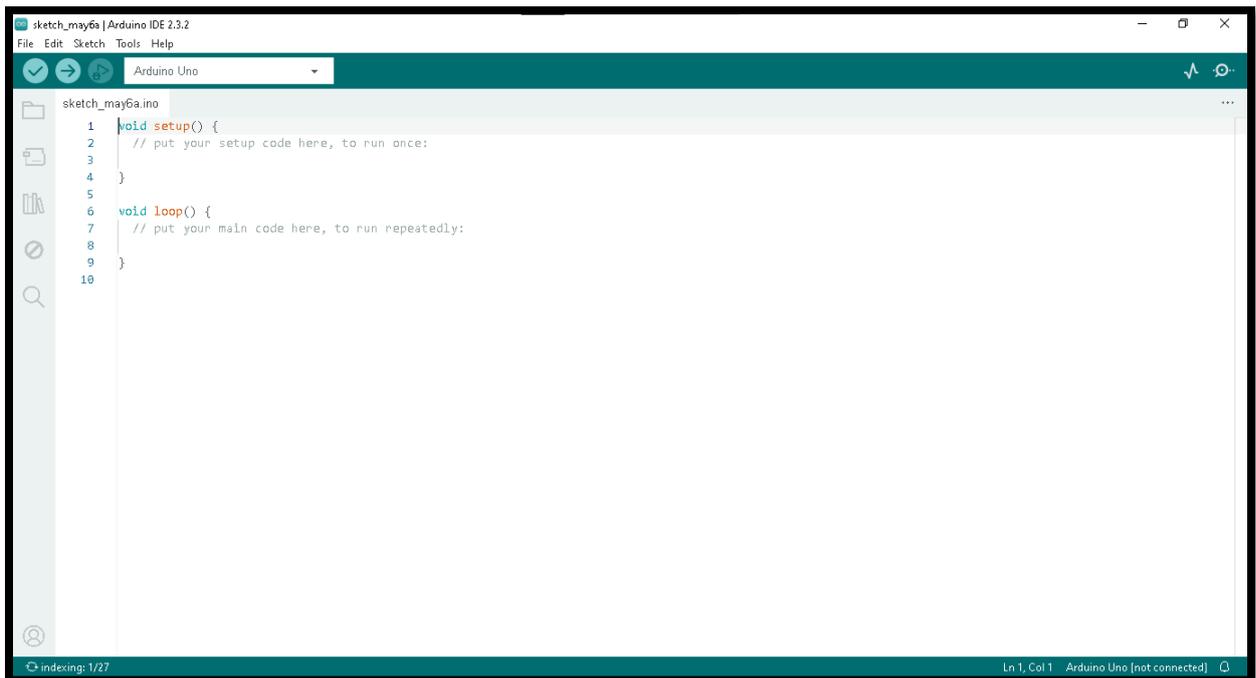


Figure (III.5) : Vue de logiciel ARDUINO IDE.

III.5. Cahier de charge

Pour pouvoir établir le grafcet de la commande du system de parking faudrait d'abord rédiger un cahier de charge pour le fonctionnement.

L'arbre central de la structure est couplé à un moteur réducteur, il possède 8 positions détecté par des fins de course (**Fc0, Fc1, Fc2, Fc3, Fc4, Fc5, Fc6, Fc7**).

Le chariot relié au moteur **MHB** dispose de 6 positions détectées par des fins de course.

Sb : pour la position basse ;

Sh : pour la position haute ;

Se : la palette entre ;

Ss : la palette sortie ;

Fcp1, Fcp2 : pour la position de parking étage 1, et étage 2, respectivement ;

Fcr1, Fcr2 : pour la position de récupération de l'étage 1, et étage 2, respectivement

l'avancement de la palette se fait avec un moteur **MP** jusqu'à la fin de course **Ss**.

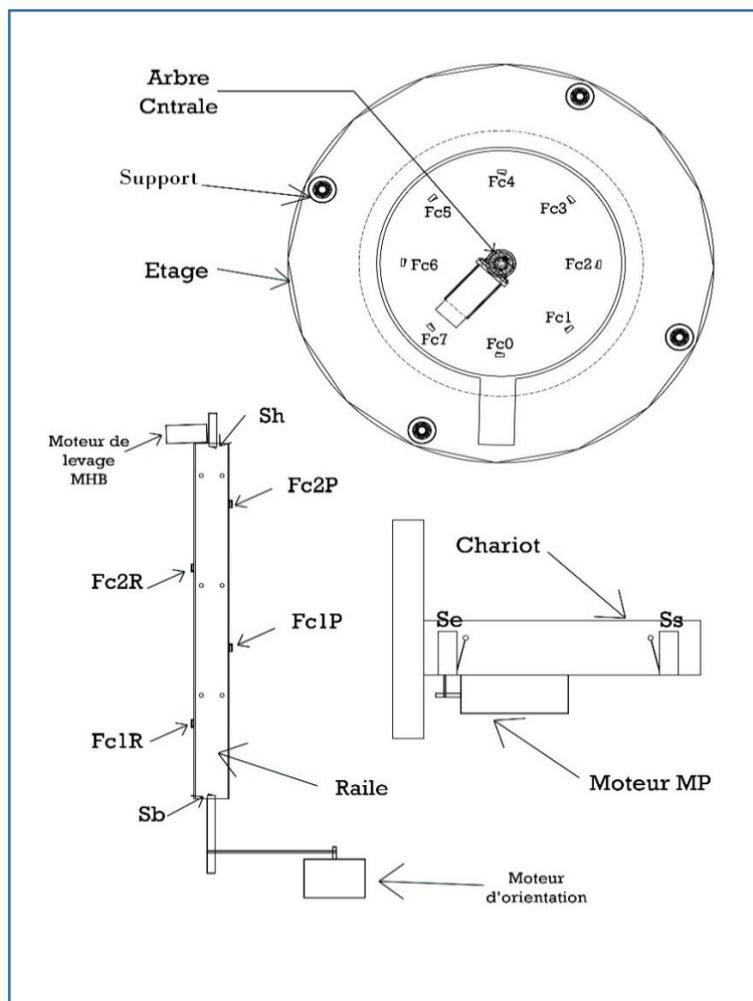


Figure (III.6) : Position des fins de course sur la structure.

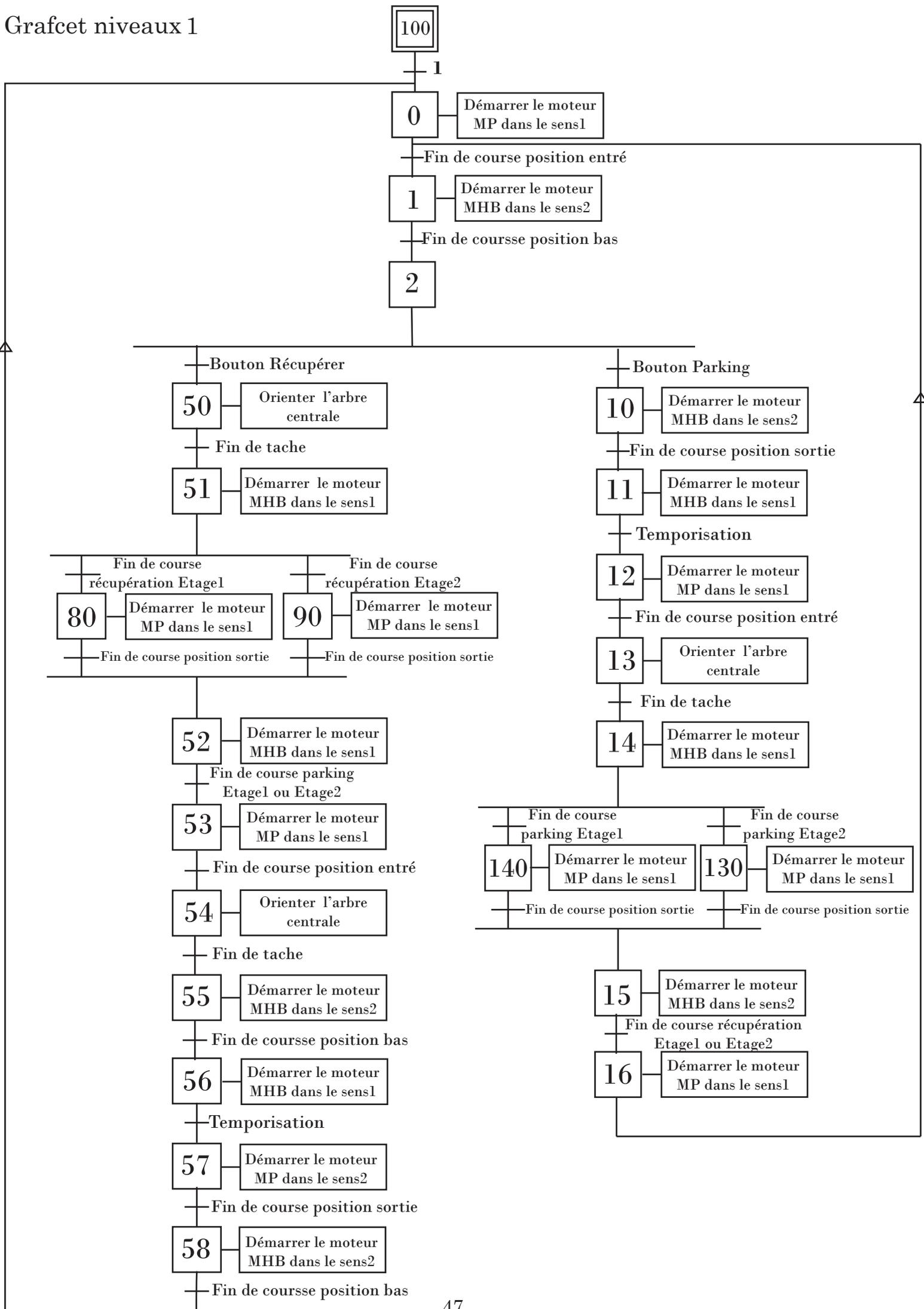
➤ **Stationnement de voiture**

Lorsqu'un véhicule arrive, un fin de course détecte sa présence dans la chambre ensuite la porte se ferme. L'utilisateur appuie sur le bouton "**parking**". Le système sélectionne automatiquement le numéro d'étage et de la cabine adaptés au véhicule. Le processus débute par le démarrage du moteur **MP** dans le sens de marche. La palette avance alors vers la position **Ss**. **MP** s'arrête, le moteur de levage **MHB** s'active pendant une seconde pour soulever le véhicule. Une fois le véhicule en place, la palette retourne à sa position initiale **Se** (Démarrage de **MP** dans le sens inverse). L'arbre central s'oriente ensuite vers la cabine choisie et le moteur **MHB** démarre de nouveau. Le chariot se monte jusqu'à la position **Fcp1** ou **Fcp2**, selon les besoins. La palette sort, le moteur **MHB** tourne dans le sens inverse jusqu'à la position **Fcr1** ou **Fcr2**. La palette entre. Enfin le chariot retourne à sa position initiale **Sb**.

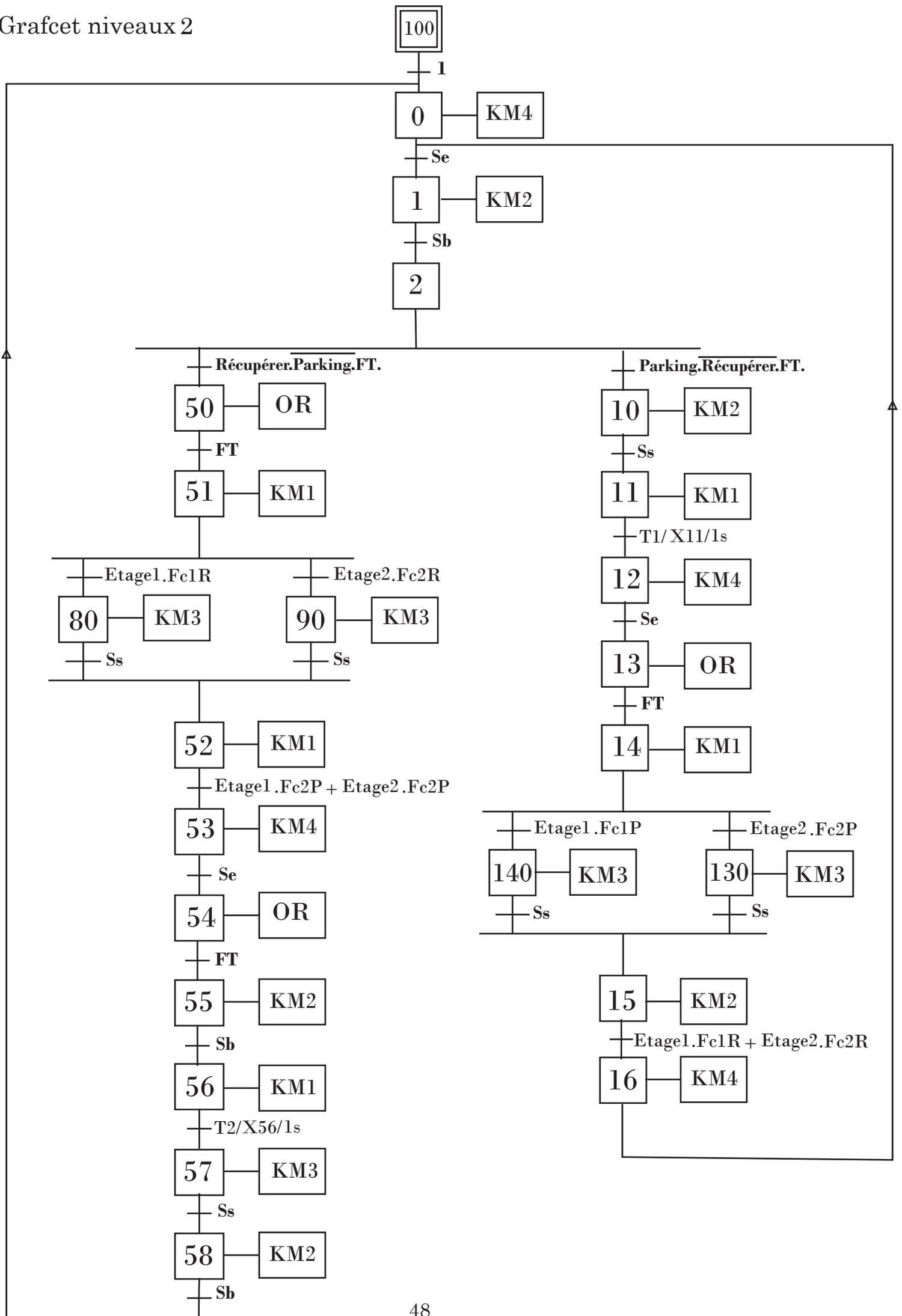
➤ **Récupération de la voiture**

Pour récupérer le véhicule, il vous suffit d'appuyer sur le bouton "**Récupérer**". Le système vous invite ensuite à sélectionner l'étage et le numéro de cabine où se trouve la voiture, garantissant ainsi que le système est correctement informé de la position du véhicule. Une fois la position du véhicule confirmée, l'arbre central pivote automatiquement vers la cabine sélectionnée. Le moteur **MHB** s'active, guidant précisément le chariot jusqu'à la position **Fcr1** ou **Fcr2** désignée, en fonction des besoins en hauteur du véhicule. Lorsque la hauteur souhaitée est atteinte, le chariot touche la butée de fin de course, déclenchant l'activation du moteur **MP**. La palette s'étend, extrayant soigneusement le véhicule de son emplacement de stockage. Lorsque la palette atteint la position **Ss**, le moteur **MP** s'arrête. Le moteur **MHB** se réactive, soulevant le chariot jusqu'à la position **Fcp1** ou **Fcp2**, garantissant que le véhicule se trouve à une hauteur optimale pour la récupération. Une fois la hauteur souhaitée atteinte, la palette entre dans la cabine et le chariot touche la butée de fin de course **Se**. Le chariot retourne gracieusement à sa position initiale, **Sb**, tandis que le moteur **MHB** s'active brièvement dans le sens de levage. La palette s'étend, permettant au véhicule de sortir de la cabine. Enfin, le moteur **MHB** descend, abaissant doucement la palette à sa position initiale.

Grafcet niveaux 1



Grafcet niveaux 2



III.5.1. Tableaux de nomenclature

III.5.1.1. Les entrées

Variable	Signification
Parking	Bouton poussoir pour Parker la voiture.
Récupérer	Bouton poussoir pour Récupérer la voiture.
FT	Fin de tache
Etage 1	Commande Arduino pour étage 1.
Etage 2	Commande Arduino pour étage2.
Sh	Fin de course position haute.
Sb	Fin de course position bas.
Se	Fin de course position entrer de la palette.
Ss	Fin de course position sortie de la palette.
Fc1P	Fin de course détecte la position du chariot pour Parker à l'étage 1.
Fc2P	Fin de course détecte la position du chariot pour Parker à l'étage 2.
Fc1R	Fin de course détecte la position du chariot pour récupérer du l'étage 1.
Fc2R	Fin de course détecte la position du chariot pour récupérer du l'étage 2.

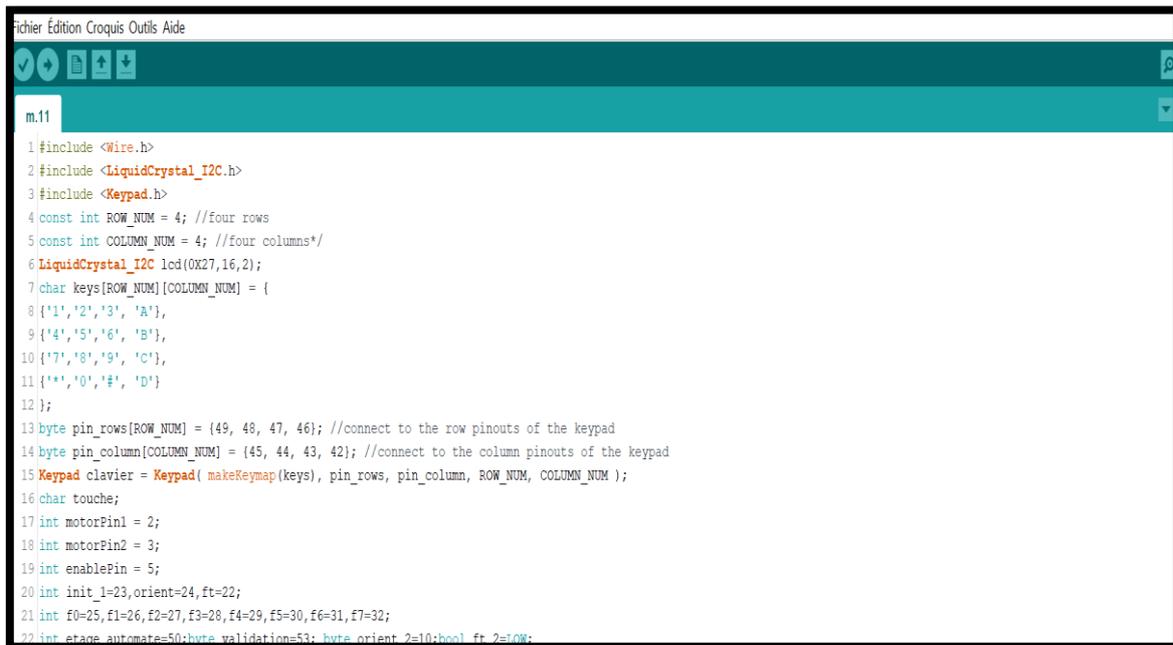
III.5.1.2. les sorties

Action	Signification
KM4	Action d'entrer de la palette.
KM3	Action de sortie de la palette.
KM2	Action du descend du chariot.
KM1	Action de levage du chariot.
OR	Action d'orientation du moteur de l'axe.

III.6. Réalisation du programme de l'installation

III.6.1. Programmation sur l'Arduino

Partie 1 : Déclaration des entrées de Pavé numérique 4x4 (Key pad).
Le programme correspondant, est représenté sur la **figure III.7.**



```

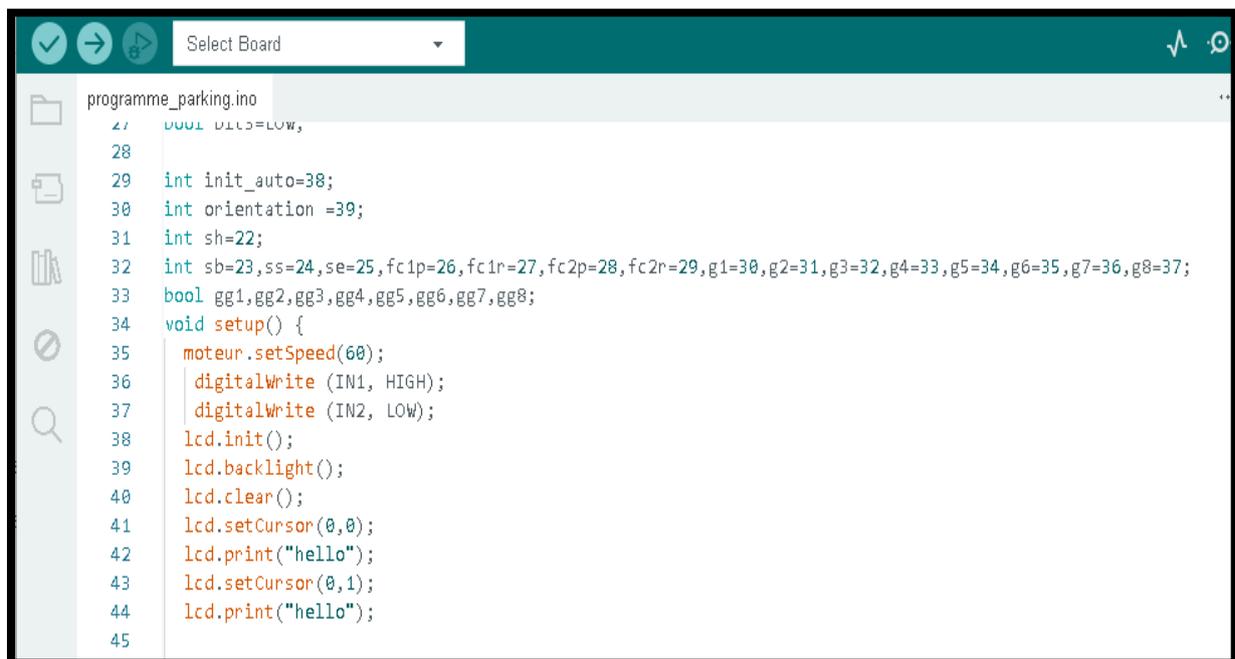
1 #include <Wire.h>
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3 #include <Keypad.h>
4 const int ROW_NUM = 4; //Four rows
5 const int COLUMN_NUM = 4; //Four columns*/
6 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
7 char keys[ROW_NUM][COLUMN_NUM] = {
8 {'1','2','3', 'A'},
9 {'4','5','6', 'B'},
10 {'7','8','9', 'C'},
11 {'*','0','#', 'D'}
12};
13 byte pin_rows[ROW_NUM] = {49, 48, 47, 46}; //connect to the row pinouts of the keypad
14 byte pin_column[COLUMN_NUM] = {45, 44, 43, 42}; //connect to the column pinouts of the keypad
15 Keypad clavier = Keypad( makeKeymap(keys), pin_rows, pin_column, ROW_NUM, COLUMN_NUM );
16 char touche;
17 int motorPin1 = 2;
18 int motorPin2 = 3;
19 int enablePin = 5;
20 int init_1=23,orient=24,ft=22;
21 int f0=25,f1=26,f2=27,f3=28,f4=29,f5=30,f6=31,f7=32;
22 int etage_automate=50;byte validation=53; byte orient_2=10;bool ft_2=100;

```

Figure (III.7) : Code contrôle le Pavé numérique 4x4

Partie 2 : Définir les paramètres de moteur de l'arbre centrale.

Le programme correspondant est représenté sur la **figure III.8**.



```

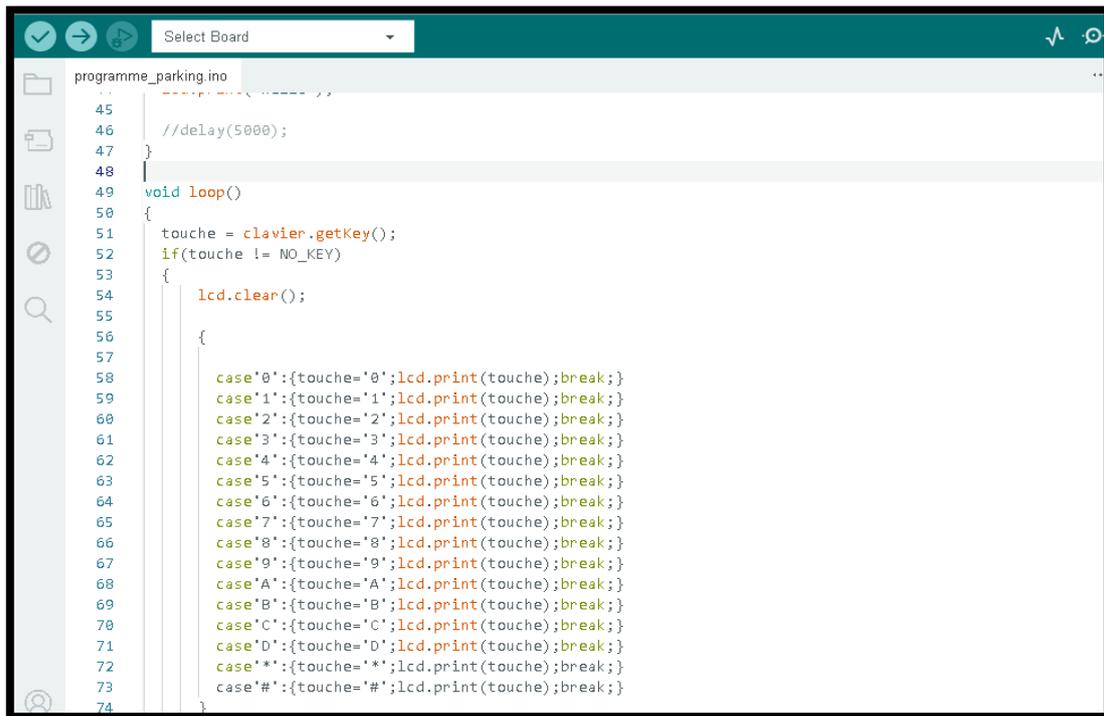
27 0001 D1L3=LOW,
28
29 int init_auto=38;
30 int orientation =39;
31 int sh=22;
32 int sb=23,ss=24,se=25,fc1p=26,fc1r=27,fc2p=28,fc2r=29,g1=30,g2=31,g3=32,g4=33,g5=34,g6=35,g7=36,g8=37;
33 bool gg1,gg2,gg3,gg4,gg5,gg6,gg7,gg8;
34 void setup() {
35  moteur.setSpeed(60);
36  digitalWrite (IN1, HIGH);
37  digitalWrite (IN2, LOW);
38  lcd.init();
39  lcd.backlight();
40  lcd.clear();
41  lcd.setCursor(0,0);
42  lcd.print("hello");
43  lcd.setCursor(0,1);
44  lcd.print("hello");
45

```

Figure (III.8) : Code contrôle l'arbre central de system.

Partie 3 : Contrôler le system à choisir la cabine de parking.

Le programme correspondant est représenté sur la **figure III.9**.



```

45
46 //delay(5000);
47 }
48
49 void loop()
50 {
51   touche = clavier.getKey();
52   if(touche != NO_KEY)
53   {
54     lcd.clear();
55
56     {
57
58       case'0':{touche='0';lcd.print(touche);break;}
59       case'1':{touche='1';lcd.print(touche);break;}
60       case'2':{touche='2';lcd.print(touche);break;}
61       case'3':{touche='3';lcd.print(touche);break;}
62       case'4':{touche='4';lcd.print(touche);break;}
63       case'5':{touche='5';lcd.print(touche);break;}
64       case'6':{touche='6';lcd.print(touche);break;}
65       case'7':{touche='7';lcd.print(touche);break;}
66       case'8':{touche='8';lcd.print(touche);break;}
67       case'9':{touche='9';lcd.print(touche);break;}
68       case'A':{touche='A';lcd.print(touche);break;}
69       case'B':{touche='B';lcd.print(touche);break;}
70       case'C':{touche='C';lcd.print(touche);break;}
71       case'D':{touche='D';lcd.print(touche);break;}
72       case'*':{touche='*';lcd.print(touche);break;}
73       case'#':{touche='#';lcd.print(touche);break;}
74     }

```

Figure (III.9) : Code qui définit le numéro de la cabine.

III.6.2. Programmation sur le TIA PORTALE V15

Chaque bloc de programme est composé de plusieurs réseaux logiques construits à l'aide d'équations en langage Ladder (LD). Ces réseaux gèrent l'activation et la désactivation des différents modes de fonctionnement, en suivant des conditions strictes définies dans le cahier des charges. Un mode activé empêche l'activation de tout autre mode, qui reste bloqué et verrouillé jusqu'à la désactivation du mode en cours. Les figures ci-dessous illustrent des exemples de programmes de simulation.

Réseaux 1

Le réseau 1 de la **Figure III.10** ci-dessous permet l'initialisation de system en appuyant sur le bouton d'initialisation.

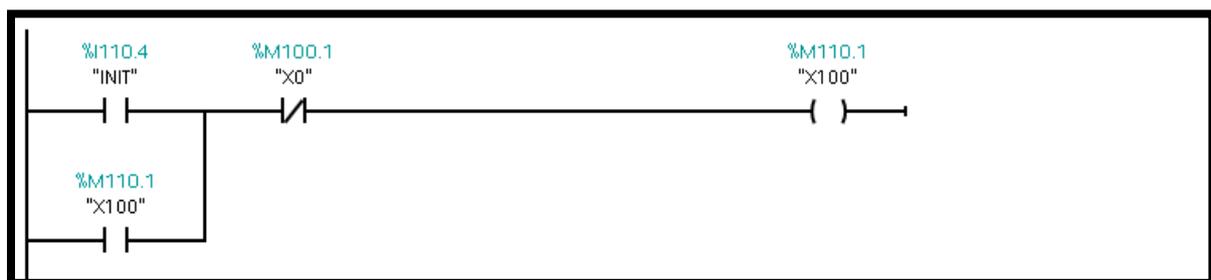


Figure (III.10) : Réseaux d'étape d'initialisation.

Réseaux 3

Le réseau 3 de la **Figure III.11** ci-dessous permet au system de démarrer la tache de parking en appuyant sur le bouton « Parking ».

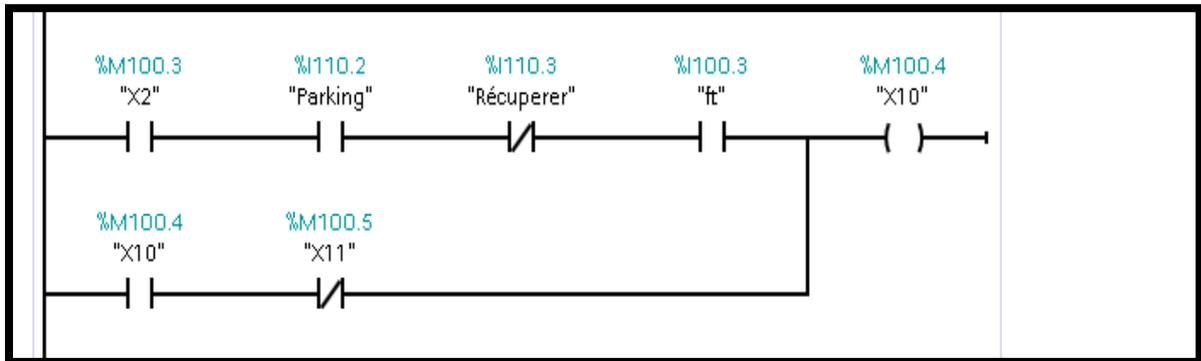


Figure (III.11) : Réseaux d'étape de choix d'étage.

Réseaux 7

Le réseau 7 de la **Figure III.12** ci-dessous permet au system de sélectionner l'étage de récupération de voiture.

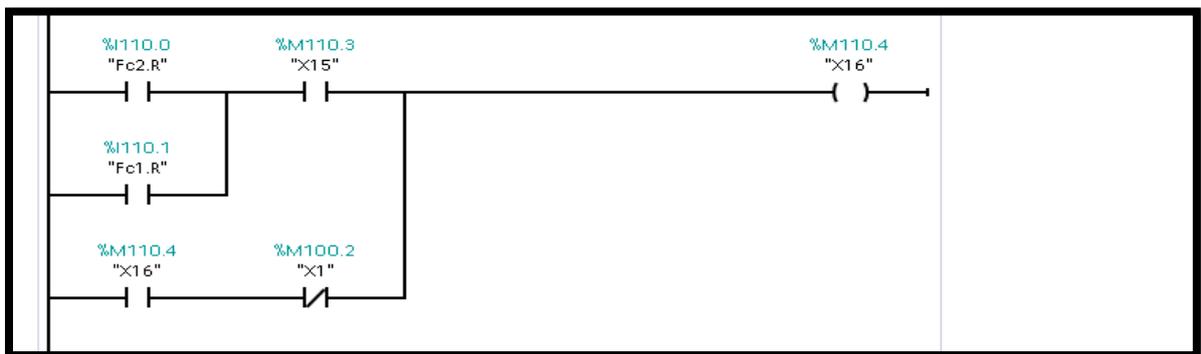


Figure (III.12) : Réseaux d'étape de sélectionnée l'étage de récupération.

III.7. Conclusion

Ce chapitre a joué un rôle crucial en présentant les différents éléments indispensables à la programmation du parking automatisé. Il a fourni une description du programme utilisé sur l'automate et Arduino, permettant de contrôler les divers mécanismes constituant la Tour. Le programme a été élaboré avec soin pour garantir une gestion efficace et fluide des opérations de stationnement.

Chapitre IV :

Conception et réalisation

IV.1 Introduction

Afin de concrétiser ce projet ambitieux, ce chapitre se concentrera sur la construction d'un prototype fonctionnel du système de stationnement en silo. Cette démarche impliquera la conception et la fabrication méticuleuse du support mécanique, le développement rigoureux du circuit électronique et l'assemblage final de l'ensemble du système. Au terme de ces étapes cruciales, un prototype tangible du système de stationnement en silo sera prêt à subir des tests approfondis et des perfectionnements ultérieurs.

IV.2. Composants utilisés pour la réalisation de prototype

IV.2.1. Composant mécanique

IV.2.1.1. Tiges filetées

Les tiges filetées seront utilisés comme poteaux pour soutenir et transporter les différents niveaux du projet. Dans ce projet, nous allons utiliser des tiges filetées de 12 mm de diamètre pour les poteaux et de 8 mm de diamètre pour l'axe tournant.



Figure (IV.1) : Tige filetée.

IV.2.1.2. Ecrous

Les écrous seront utilisés pour fixer certains composants du prototype sur les tiges filetées. Dans ce projet, les écrous utilisés mesurent 17 mm et de 11 mm.



Figure (IV.2) : Ecrous.

IV.2.1.3. Roulements

Les roulements sont utilisés pour réduire le frottement et assurer le bon positionnement des parties mobiles de prototype.



Figure (IV.3) : Roulements.

IV.2.1.4. Bouton poussoir

Un bouton-poussoir est un dispositif électrique dont l'action est réalisée en appuyant dessus. Son ressort permet de renvoyer le bouton à sa position initiale dès qu'on le relâche, il est utilisé pour contrôler des appareils électriques. Par exemple, de nombreux appareils possèdent des boutons marche/arrêt qui sont des boutons poussoirs.



Figure (IV.4) : Bouton poussoir.

IV.2.1.5. Interrupteur de fin de course

En électrotechnique, un interrupteur de fin de course est un interrupteur qui est actionné par le mouvement d'une pièce de machine ou la présence d'un objet. Ils sont utilisés pour contrôler des machines dans le cadre d'un système de contrôle, comme un verrouillage de sécurité ou pour compter des objets à travers un point. Un interrupteur de fin de course est un dispositif électromécanique constitué d'un actionneur relié mécaniquement à un ensemble de contacts.

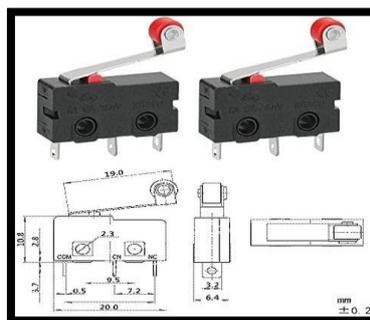


Figure (IV.5) : Interrupteur de fin de course.

Lorsqu'un objet touche l'actionneur, le dispositif actionne les contacts pour établir ou rompre la connexion électrique.

Les interrupteurs de fin de course sont utilisés dans une variété d'applications et d'environnements en raison de leur robustesse, de leur facilité d'installation et de leur fonctionnement fiable. Ils peuvent déterminer la présence ou l'absence, le passage, l'emplacement et la fin du mouvement des objets. Nous dans ce projet avons utilisé la fin de course à galet, car c'est celui qui convient à notre utilisation.

IV.2.1.6. Engrenage

Un engrenage est un système d'engrenage utilisé pour transmettre un mouvement de rotation d'un axe à un autre. Ce mécanisme est essentiel pour de nombreuses installations industrielles, car il permet aux machines de tous types de fonctionner avec des caractéristiques précises en fonction de leur mode d'existence.



Figure (IV.6) : Engrenages.

IV.2.2. Composants électriques

IV.2.2.1. Module de pilotage du moteur L298N

- Ce module de pilotage de moteurs utilise une puce L298N (pont en H).
- Il pilote directement la vitesse **d'un ou deux moteurs** à courant continu DC dans les deux sens de rotation, avec une interface de sortie sous 5V, et fournit une alimentation de 5V.
 - Il peut également contrôler un **moteur pas à pas bipolaire** (2 phase step motor) [9].

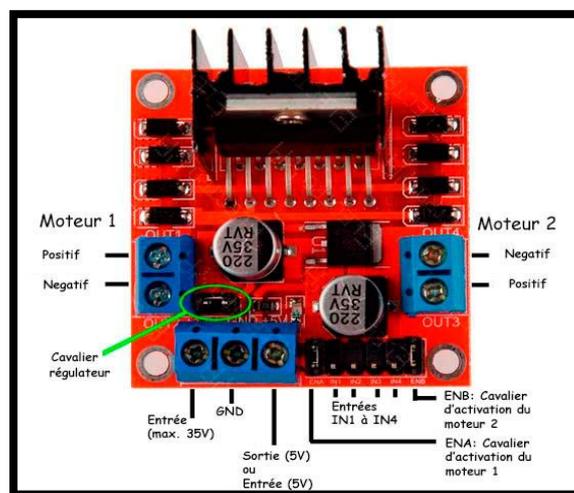


Figure (IV.7) : Composants du module de pilotage de moteurs L298N.

➤ Caractéristiques

- Circuit intégré L298N, double pont en H de pilotage.
- Borne d'alimentation (de la partie puissance) VMS : + 5 V à + 35 V.
- Courant crête en sortie : 2 A par pont.
- Tension d'alimentation (de la partie logique): Vss de 4,5 à 5,5 V
- Intensité de courant dans la partie logique 0 à 36 mA.
- Signal de commande : niveau haut = 4.5 à 5.5 V, niveau bas = 0 V.
- Puissance consommée maximale : 20 W.
- Température de stockage: -25 °C ~ + 130 °C
- Taille de la plaque : 55 mm x 60 mm x 30 mm
- Poids : 33 g [9].

➤ Branchement du module

- Borne « +12V » : il s'agit en fait de l'alim de puissance du L298N. Cette tension devra être comprise entre 5 et 35 volts, comme indiqué par la plupart des fabricants de ces modules, bien que le L298N en lui-même, supporte jusqu'à 46 volts.
- Borne « +5V » : Cette borne sera équivalente à une entrée, si le jumper d'alim (cavalier « JMP1 », est retiré. Il faudra alors envoyer de 5 à 7 volts sur cette borne, afin de permettre l'alimentation de la partie « commande » du L298N.
- Borne « GND » : c'est la masse commune (0 volt) aux deux alimentations vues précédemment (alim de puissance et alim de commande)
- Bornes « OUT1 » et « OUT2 » : c'est ici que devra se brancher le 1er moteur
- Bornes « OUT3 » et « OUT4 » : c'est ici que viendra se brancher le 2nd moteur, ou rien du tout, s'il n'y a qu'un seul moteur à piloter, via les sorties OUT1/OUT2
- Bornes « ENA » et « ENB » : celles-ci commandent respectivement la mise sous tensions du 1er et 2ème moteur, via le pilotage respectif des ponts A et B (montages en H, internes au L298N)
- Bornes « IN1 » et « IN2 » : ces entrées permettent de définir le sens de rotation du 1er moteur
- Bornes « IN3 » et « IN4 » : ces entrées permettent de définir le sens de rotation du 2ème moteur [10].

IV.2.2.2 Relais de commande

Un relais de commande est un composant électromécanique qui agit comme un interrupteur, permettant de contrôler des circuits électriques de puissance à partir d'un signal de commande électrique de faible intensité.



Figure (IV.8) : Relais à 14 broches 24VDC avec base.

Lorsqu'un courant électrique est appliqué à la bobine du relais, celle-ci crée un champ magnétique qui attire ou repousse un contact mobile, permettant ainsi l'ouverture ou la fermeture d'un circuit électrique. Les relais de commande sont largement utilisés dans les systèmes de contrôle automatique, les applications industrielles et les circuits de sécurité pour isoler, commuter ou protéger les circuits électriques.

IV.2.2.3 Pavé numérique 4x4 (Keypad)

Un clavier, est un dispositif de saisie, constitué d'un agencement de touches organisées en blocs, comprenant des chiffres, des symboles et des lettres. Lorsqu'il est majoritairement composé de chiffres, il est qualifié de pavé numérique. Dans divers projets, un clavier matriciel de dimensions 4 x 4, avec 4 colonnes et 4 lignes, est fréquemment employé pour la saisie des données. Ce clavier comporte au total 16 touches, chacune représentant une valeur d'entrée distincte.

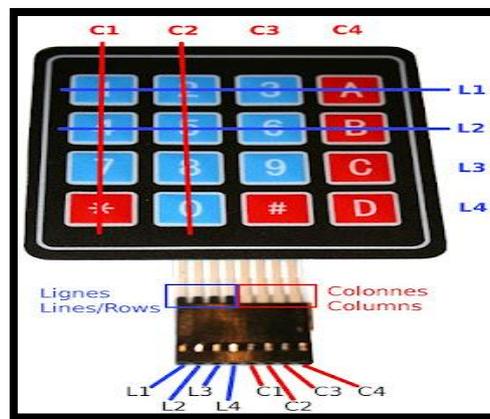


Figure (IV.9) : Pavé numérique 4x4.

➤ Principe de fonctionnement

Un clavier matriciel utilise une combinaison de quatre lignes et quatre colonnes pour fournir des états de bouton à un périphérique hôte (généralement un microcontrôleur). Sous chaque touche se trouve un bouton qui se connecte à la ligne à une extrémité et à la colonne à l'autre extrémité.

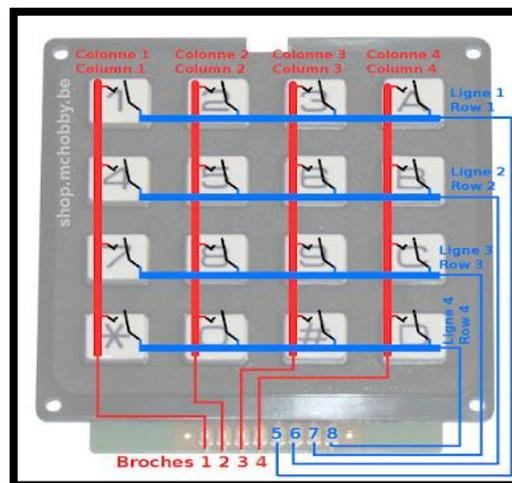


Figure (IV.10) : Schéma de fonctionnement de Pavé numérique 4x4.

- La touche (1), il met en contact la ligne 1 et la colonne 1 ;
- La touche (2), il met en contact la ligne 1 et la colonne 2 ;
- La touche (3), il met en contact la ligne 1 et la colonne 3 ;
- La touche (A), il met en contact la ligne 1 et la colonne 4 ;
- La touche (4), il met en contact la ligne 2 et la colonne 1 ;
- La touche (5), il met en contact la ligne 2 et la colonne 2 ;
- La touche (6), il met en contact la ligne 2 et la colonne 3 ;
- La touche (B), il met en contact la ligne 2 et la colonne 4 ;
- La touche (7), il met en contact la ligne 3 et la colonne 1 ;
- La touche (8), il met en contact la ligne 3 et la colonne 2 ;
- La touche (9), il met en contact la ligne 3 et la colonne 3 ;
- La touche (C), il met en contact la ligne 3 et la colonne 4 ;
- La touche (*), il met en contact la ligne 4 et la colonne 1 ;
- La touche (0), il met en contact la ligne 4 et la colonne 2 ;
- La touche (#), il met en contact la ligne 4 et la colonne 3 ;
- La touche (D), il met en contact la ligne 4 et la colonne 4.

Pour que le microcontrôleur puisse déterminer quel bouton est enfoncé, il doit d'abord tirer chacune des quatre colonnes (broches 1-4) une à la fois vers le bas ou vers le haut, puis interroger les états des quatre lignes (broches 5- 8). Selon les états des colonnes, le microcontrôleur peut dire sur quel bouton on appuie [11].

IV.2.2.4. Cristal liquide d'affichage (LCD)

La fonction de l'afficheur LCD est primordiale en tant qu'interface visuelle entre un système (projet) et l'utilisateur. Il est principalement utilisé pour communiquer de façon claire et concise les informations pertinentes du système à l'utilisateur. De cette manière, le display LCD offre la possibilité d'afficher des informations qui peuvent être aisément interprétées et utilisées par l'utilisateur final du système.

➤ **Écran à cristaux liquides 16 * 2 avec système de connexion I2C**

Il est caractérisé par l'utilisation du système I2C opération et contrôle à travers deux fils seulement, ce qui est une énorme provision pour les prises du panneau de contrôle utilisé dans notre projet et facilite le processus de connexion et de fonctionnement.



Figure (IV.11) : Cristal liquide d'affichage (LCD).

IV.2.2.5. Voyants lumineux

Un voyant lumineux est un dispositif électrique qui émet de la lumière afin de signaler un état particulier ou une condition spécifique. On l'utilise fréquemment dans les dispositifs électroniques, les équipements industriels afin de signaler des données essentielles comme la mise en marche, une erreur, un fonctionnement normal ou un état de veille. Les couleurs des voyants lumineux peuvent varier, comme le rouge, le vert, le jaune ou le bleu, afin de transmettre diverses significations. Ils sont élaborés de manière à ce qu'ils soient aisément visibles et compréhensibles par les usagers.



Figure (IV.12) : Voyants lumineux.

IV.3 Conception de prototype

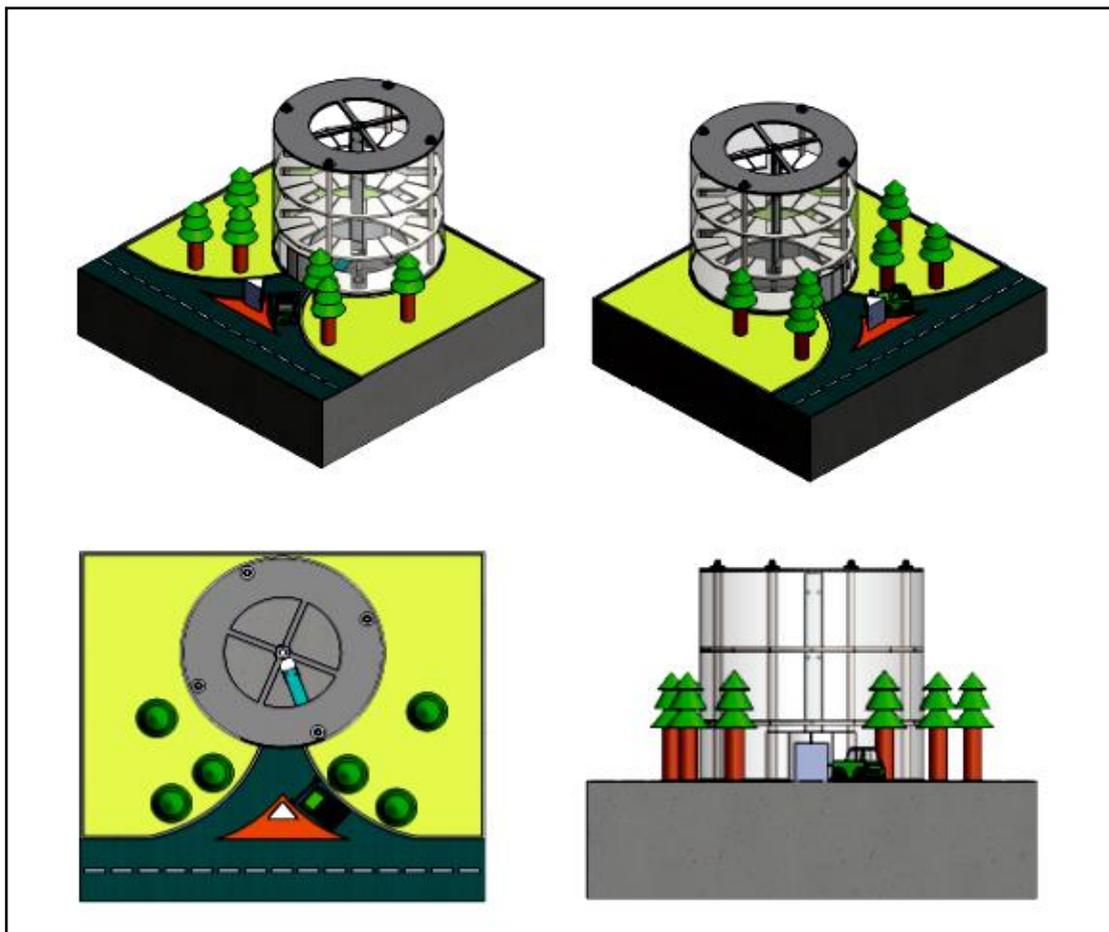


Figure (IV.13) : Différentes vues de la maquette en 3D.

IV.4. Réalisations de prototype

IV.4.1. Chariot de levage



Figure (IV.14) : Chariot de levage réalisé.

IV.4.2. L'arbre centrale

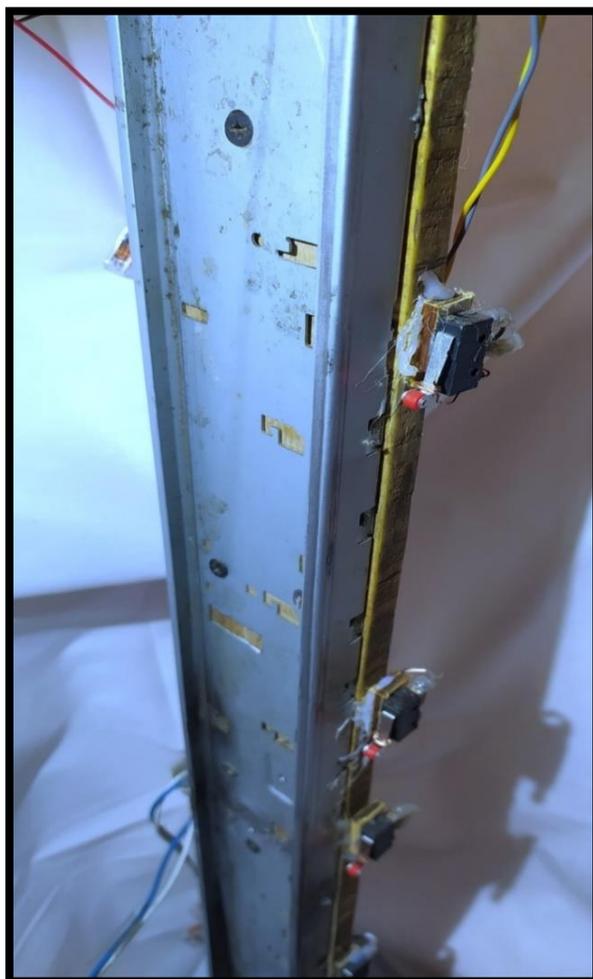


Figure (IV.15) : Arbre central de parking.

IV.4.3. Structure du parking



Figure (IV.16) : Structure externe de parking.

IV.4.4. Partie électrique

- Schéma électrique

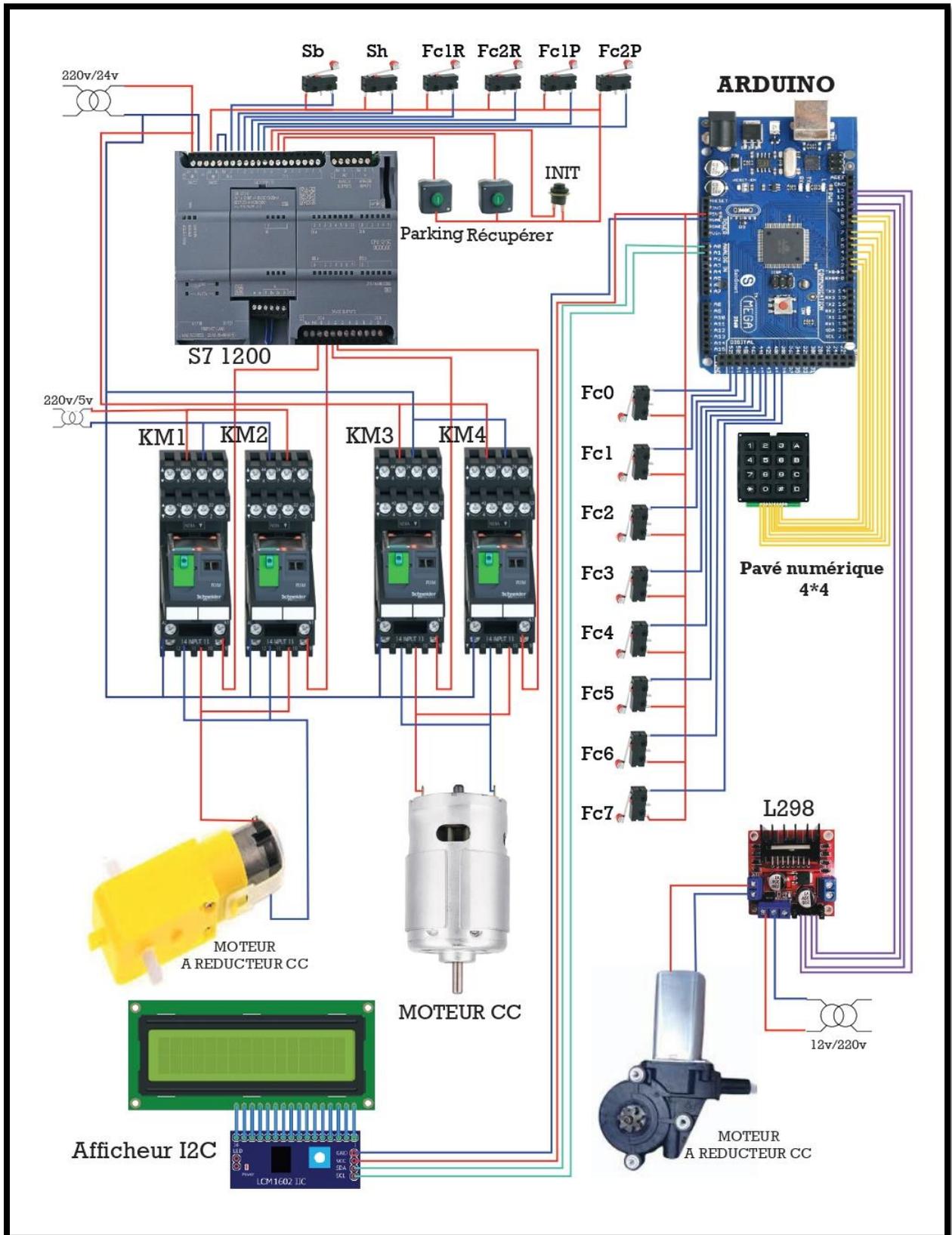


Figure (IV.17) : Câblage des éléments électroniques.

- L'armoire électrique

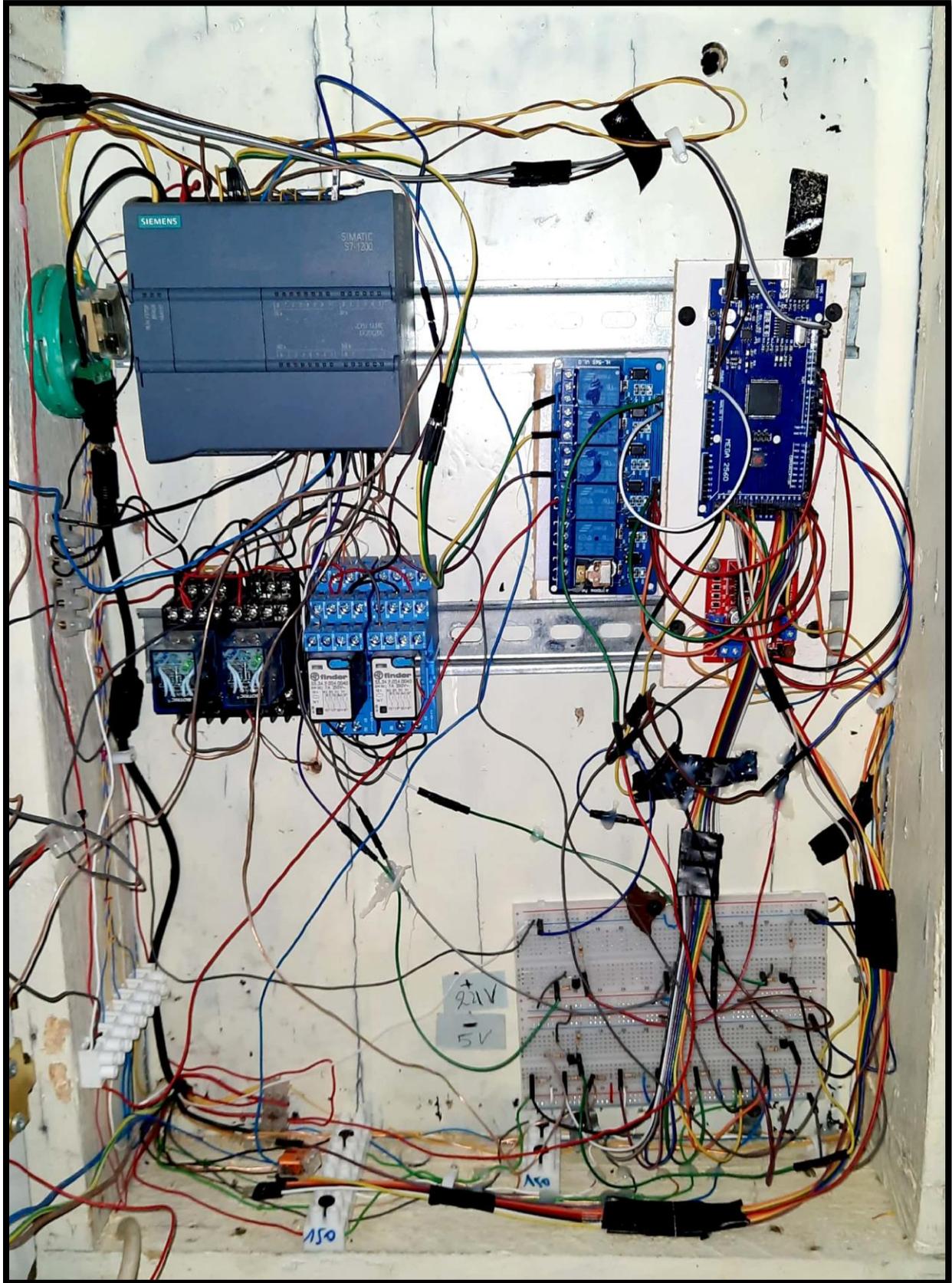


Figure (IV.18) : Câblage réalisé et différents composants électriques.



IV.5 Conclusion

À la fin de ce chapitre, nous avons terminé la réalisation de l'ensemble du prototype des systèmes de parking en silo, ce prototype est maintenant fonctionnel et peut automatiquement garer seize voitures, en regardant la surface occupée par le prototype, 16 est un nombre important.

Conclusion générale

Conclusion générale

Pour remédier aux problèmes de stationnement, les parkings automatiques intelligents se présentent comme l'une des meilleures alternatives aux parkings classiques. Grâce à l'automatisation et aux diverses technologies qu'ils intègrent, ces parkings représentent l'avenir du stationnement. Ils offrent aux conducteurs des avantages significatifs tels que :

- Gain de temps et d'efforts
- Confort accru
- Sécurité renforcée
- Réduction de la consommation de carburant

Ce mémoire de fin d'études a exploré l'étude, la conception, le dimensionnement et la réalisation d'un prototype de parking automatique intelligent sous forme de tour verticale pour économiser de l'espace. L'étude des généralités sur les parkings nous a permis de comprendre en profondeur les différents types de parkings, leurs composants et leurs normes de sécurité. Cette connaissance a fourni une base solide pour la suite du travail, nous permettant de prendre des décisions éclairées tout au long du processus de conception et de réalisation.

Ensuite, ce mémoire a approfondi notre compréhension des parkings, de l'utilisation de la technologie Arduino et des API, ainsi que de la programmation et du dimensionnement. Il explore également les techniques de conception et de réalisation d'une maquette de parking, mettant en lumière l'importance d'innover et de mettre en œuvre de nouvelles technologies pour améliorer l'efficacité, la sécurité et le confort des infrastructures de stationnement.

Par ailleurs, cette étude a conduit à l'acquisition de compétences techniques essentielles et à une expérience pratique significative dans le secteur des parkings et de l'automatisation. Finalement, ce modèle de stationnement va au-delà d'un simple projet de fin d'études, en ouvrant de nouvelles perspectives et opportunités pour perfectionner cette technologie essentielle.

En termes de perspectives, nous envisageons d'intégrer une interface de communication avancée comme une HMI, ainsi qu'une imprimante pour délivrer des tickets et un scanner de codes QR. De plus, nous prévoyons de mettre en place un système de contrôle via une application mobile.

Référence Bibliographique

- [1] Chetto, M. et Plot, C., [Temps-Réel Libre et Conduite d'un Robot Mobile Opto-guidé](#), 7^e Congrès international de génie industriel, 2007
- [2] Site web (FATA AUTOMATION).FATA AUTOMATION, Crane Systems, Ron Benish, 2012, <https://automatedparking.com/system-types/crane-systems/>, consulté le 02-03-2024.
- [3] Site web (FATA AUTOMATION).FATA AUTOMATION, Puzzle Systems, Ron Benish, 2012, <https://automatedparking.com/system-types/puzzle-systems/>, consulté le 02-03-2024.
- [4] Site web (FATA AUTOMATION).FATA AUTOMATION, RGC Systems, Ron Benish, 2012, <https://automatedparking.com/system-types/rgc-systems/> ,consulté le 02-03-2024.
- [5] Catherine Salvador, « [Des parkings mutualisés en silo : vers un nouveau modèle urbain ?](#) », TEC, revue publiée par ATEC-ITS France, avril-juin 2013
- [6] BENSALAH Seyf Eddine, mémoire master <<Optimisation de la gestion d'un parking automatisé>>,2019.
- [7] Site web (skyline-parking.com), www.skyline-parking.com. consulté le 03-02-2024.
- [8] Site web (www.arrow.com), <https://www.arrow.com/fr-fr/research-and-events/articles/arduino-mega-2560>. Consulté le 29-03-2024.
- [9] Site web (ledisrupteurdimensionnel.com), <https://ledisrupteurdimensionnel.com/wpcontent/uploads/2020/11/moduleL298N>. Consulté le 17-04-2024.
- [10] Bouallak Zahir, Bekkouche Cylia, mémoire master<<Étude, conception et réalisation d'un prototype d'ascenseur à base d'une carte Arduino>>,2023. Consulté le 17-04-2024.
- [11] Dominique Meurisse « KEYPAD 16 TOUCHES - AVEC ET SANS MEMBRANE » collection technique, [KeyPad 16 touches -avec et sans membrane - MCHobby - Le Blog \(arduino103.blogspot.com\)](#). Consulté le 28-03-2024.

Annexes

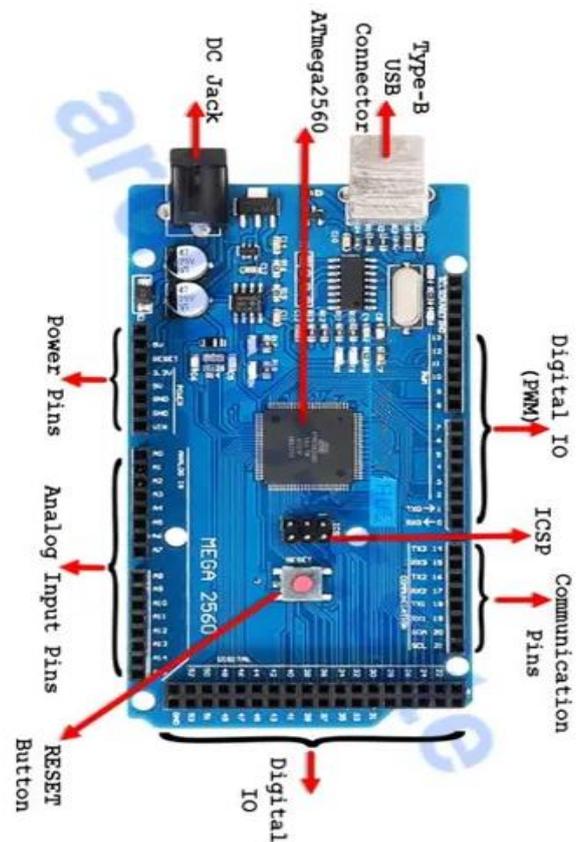
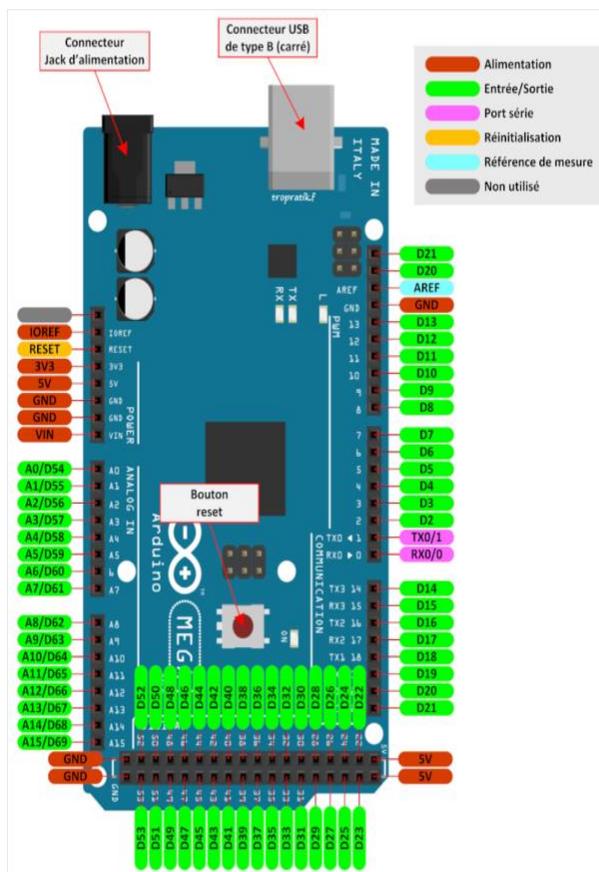
Annexe 1 : Les caractéristiques de la carte Arduino Méga et ses bronches

La carte Arduino Mega est une plateforme de développement qui utilise le microcontrôleur ATmega2560.

➤ Les spécifications principales de la carte Arduino Mēga 2560 :

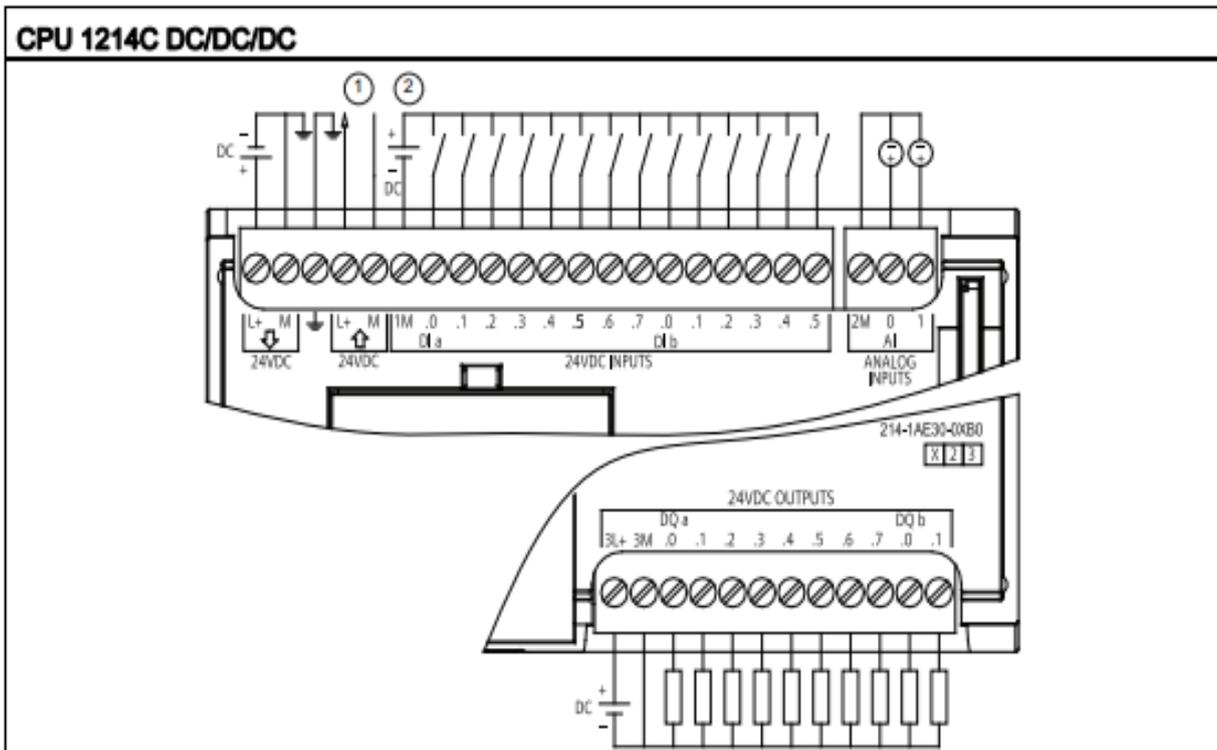
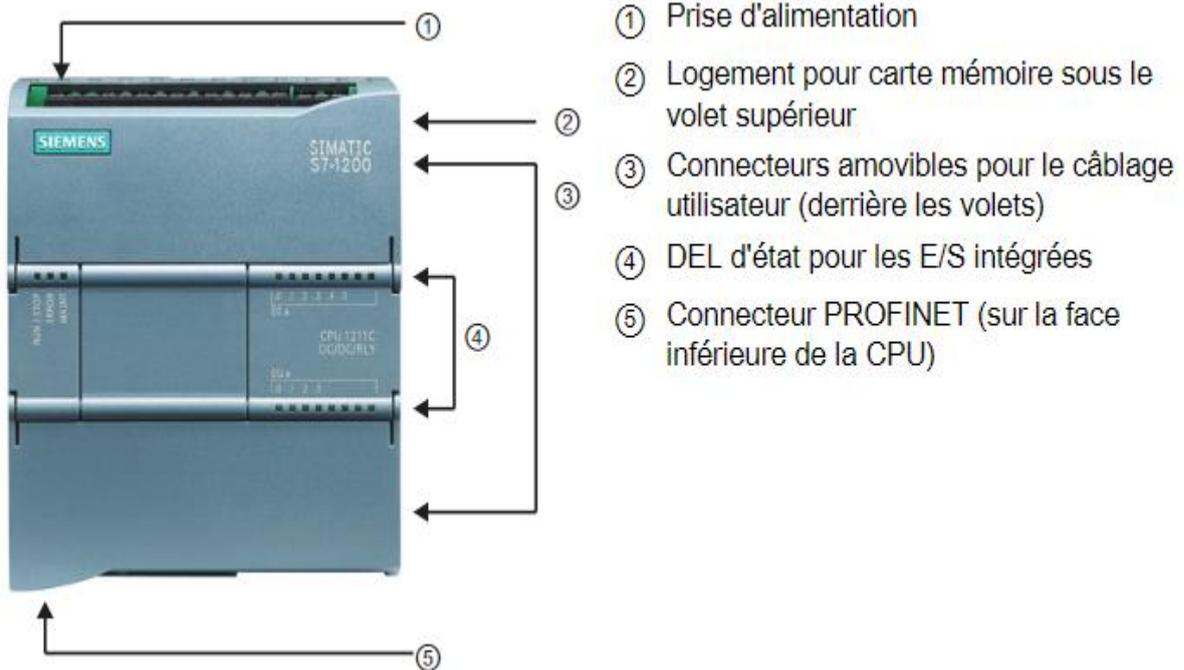
Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches E/S numériques	54 (dont 14 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	16 (utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul
Mémoire Programme Flash	256 KB dont 8 KB sont utilisés par le bootloader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	8 KB
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	4 KB
Vitesse d'horloge	16 MHz

➤ Les différentes bronches de la carte Arduino Mēga 2560 :



Annexe 2:

➤ Les différentes branches de l'automate s7-1200:



- ① 24 VDC Sensor Power Out. For additional noise immunity, connect "M" to chassis ground even if not using sensor supply.
- ② For sinking inputs, connect "-" to "M" (shown). For sourcing inputs, connect "+" to "M".

Résumé

Les problèmes majeurs tels que les embouteillages, la congestion routière, les pertes de temps et les pertes économiques résultent principalement du manque de places de stationnement et de l'inefficacité de leur gestion, exacerbés par la surpopulation urbaine et l'augmentation constante du nombre de véhicules. Les technologies de stationnement automatisé offrent une solution à ces défis, simplifiant ainsi la vie des citoyens. Plusieurs pays ont déjà adopté ces technologies. Dans ce mémoire, nous avons exploré l'une de ces solutions, en particulier les systèmes de stationnement en silo. Dans cette étude, nous avons réalisé un prototype de parking utilisant des composants électriques et mécaniques tels que des moteurs à courant continu et l'automate Siemens S7-1200, ainsi que l'Arduino Mega. Cette réalisation est accompagnée d'une conception sur SolidWorks. Le développement de ce domaine nécessite la collaboration de diverses spécialités telles que l'automatisme, l'informatique, l'électronique, la mécanique et l'électromécanique.

Major problems such as traffic jams, road congestion, lost time and economic losses are mainly the result of lack of parking spaces and inefficient management, exacerbated by urban overpopulation and the constant increase in the number of vehicles. Automated parking technologies offer a solution to these challenges, simplifying the lives of citizens. Several countries have already adopted these technologies. In this article, we explored one of these solutions, in particular silo parking systems. In this study, we realized a parking prototype using electrical and mechanical components such as DC motors and the Siemens S7-1200 PLC, as well as the Arduino Mega. This realization is accompanied by a design on SolidWorks. The development of this field requires the collaboration of various specialties such as automation, computer science, electronics, mechanics and electromechanics