

## Introduction générale

Le développement de la technologie dans le domaine automobile n'a pas seulement touché le confort du conducteur, la tenue de route et l'esthétique mais surtout la sécurité.

L'un des systèmes de sécurité est le système de freinage qui a connu une évolution considérable depuis les débuts d'automobiles rendue nécessaire par la vitesse sans cesse croissante des véhicules ainsi que par l'augmentation de la densité du trafic.

À l'origine, les voitures ne possédaient de freins que sur les roues arrière ; il s'agissait de freins à tambour actionnés par des tringles ou des câbles. Un frein supplémentaire était quelquefois monté en sortie de boîte de vitesses, juste avant l'arbre de transmission. De ce fait, les freins sur les quatre roues apparurent dans les années 1920. En 1925, arrive le frein à disque, inventé par Albert Girling et en 1953, avec l'aide de Dunlop, Jaguar teste les freins à disque en compétition.

Afin d'améliorer le système de freinage, la présente invention concerne des freins électromécaniques et électrique qui sont en cours de développement. Dans cette nouvelle conception, au lieu d'utiliser un étrier hydraulique traditionnel pour accomplir une fonction de freinage, on va utiliser un étrier dans lequel la force de serrage est engendrée par voie électromécanique.

Vu l'importance d'un système de freinage dans la voiture, le projet qui nous a été confié concerne une réalisation d'un prototype d'un système de freinage électrique qui suit l'évolution de voiture, dans le cadre d'un projet de fin d'étude.

Ce rapport de projet de fin d'études est réparti en 4 chapitres :

- Dans le premier chapitre, nous présenterons le cadre général du projet en introduisant l'entreprise d'accueil et le cahier de charge
- Dans le deuxième chapitre une présentation du système de freinage hydraulique et le nouveau système de freinage électromécanique.
- Ensuite, dans le troisième chapitre, une étude détaillée du système mécanique.
- Dans le quatrième chapitre, une étude détaillée du système électronique et programmation.
- Dans le dernier chapitre, on va présenter le montage final et le fonctionnement réel du prototype.

# *Chapitre 1*

## *Présentation de l'entreprise*

## 1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à la description générale de la société LE MOTEUR, où ce stage a été effectué qui est l'une des plus grandes sociétés chargées dans le développement du secteur de l'automobile dans le but de développer l'économie de notre pays et enfin le cahier de charge du projet.

## 2. Présentation de l'entreprise Mère :

### 2.1. Information générale :

Mercedes-Benz est une marque allemande d'automobiles, de tracteurs, de camions et d'autocars indépendantes fondée en 1926.

**Fondateurs :** Gottlieb Daimler, Carl Benz.

**Forme juridique:** division de Daimler AG.

**Slogan :** 'le meilleur sinon rien '

**Siege sociale :** Stuttgart (Allemagne)

**Direction :** Dieter Zetsche (RDG)

**Activité :** Automobile

**Produits :** véhicules particuliers, sportifs, utilitaires, autobus et camions

**Capitalisation :** 38 milliards d'euro

## 3. Présentation de l'entreprise d'accueil :

### 3.1. La société Le Moteur :



Figure 1 : Logo de la société Le Moteur

La société le Moteur SA opérait, au départ tant que distributeur exclusif des produits Mercedes-Benz, Mitsubishi et les lubrifiants motul en Tunisie. Depuis 1954, elle en est devenue concessionnaire. De plus depuis 1958, elle a pris le contrôle de la société l'équipe et est devenu concessionnaire FIAT, pour devenir, en 1975, concessionnaire IVECO.

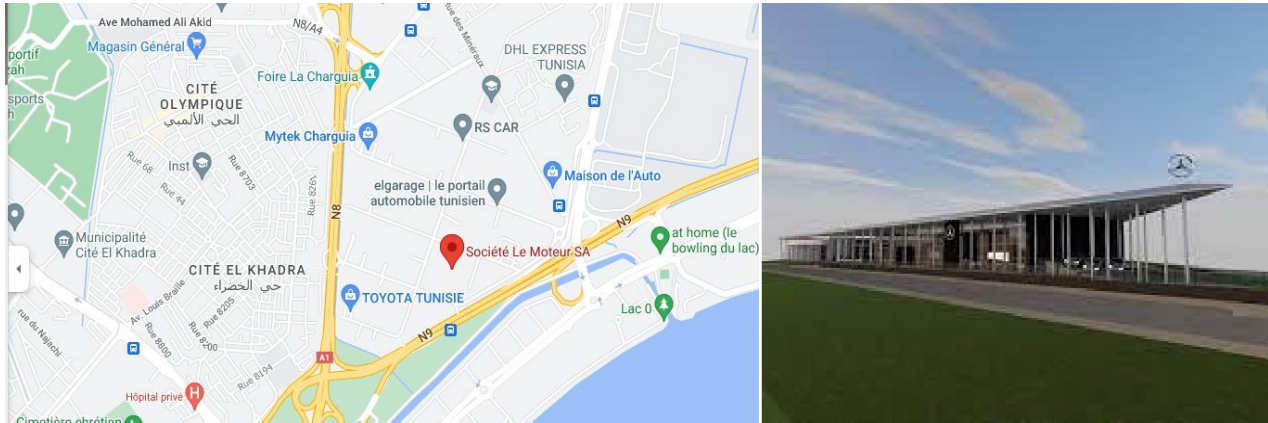


Figure 2 : Localisation de la Société LE MOTEUR en Tunis

### 3.2. Information générale :

Date de création : 9 Novembre 1931

Capital : 3.000.000 Dinars tunisiens

Nombre d'employés : environ 200

Représentant générale des marques :

-Mercedes-Benz

-Mitsubishi

-Tata

-Huile Motul

### 3.3. Organigramme :

La société le Moteur SA comporte 4 grands sites et plusieurs ateliers agrès à l'intérieur de la république tunisienne.

L'organigramme de la figure décrit l'architecture des différents services de la société LeMoteur du site Chargaia.

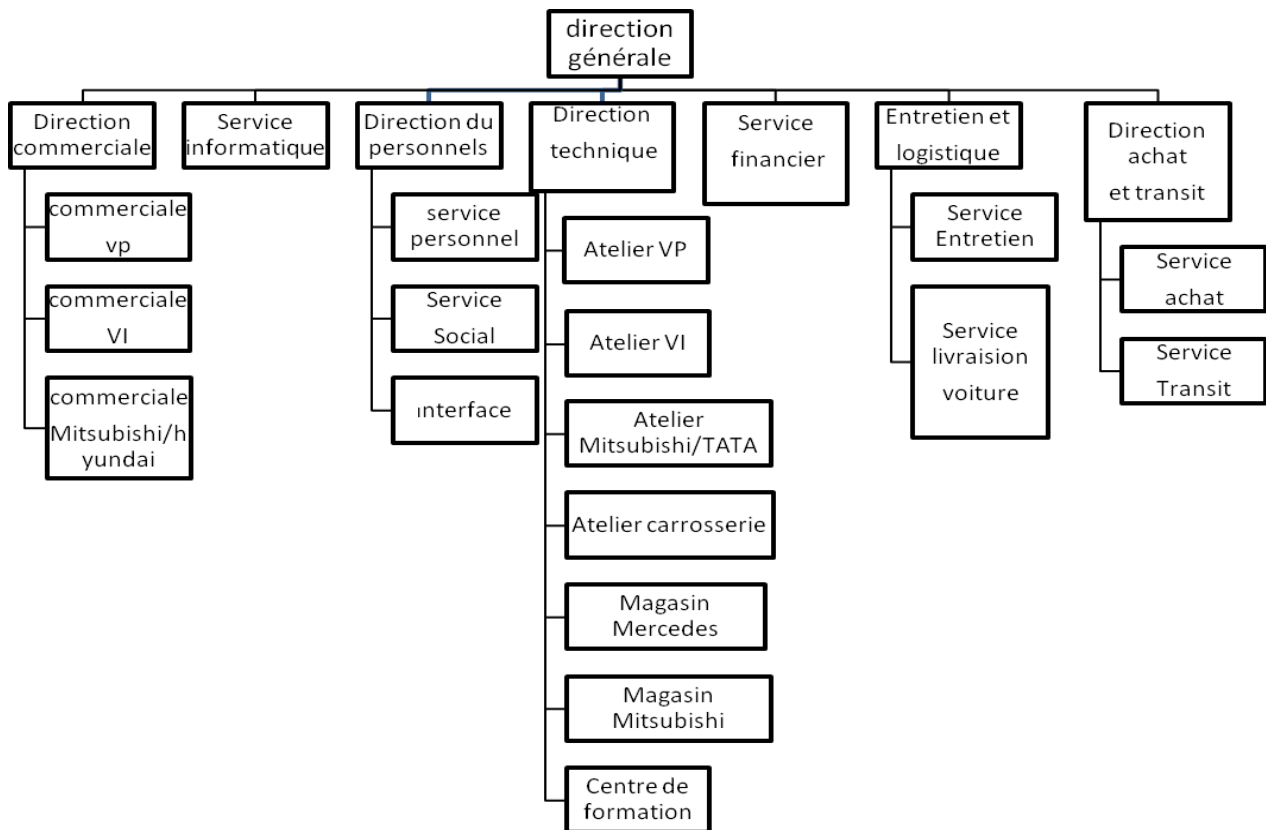


Figure 3 : L'organigramme de la société

### 3.4. Activités :

\*Les activités de la société Le Moteur S.A se résument en :

- **Services commerciaux :**

- Vente des différents types de véhicules ;
- Vente des pièces de rechange ;
- Vente de l'huile synthétique et minérale (MOTUL).

- **Services après-vente (SAV) :**

- Entretien
- Réparation

### 3.5. Les services :

#### 3.5.1. Direction technique :

- La direction technique adopte une suite logique de processus. Cette dernière est établie en quatre étapes :

- La prise du rendez-vous ;

- La réception du véhicule / rédaction de l'ordre de réparation ;
- La réparation /Prestation de service ;
- La restitution du véhicule /facturation.

### 3.5.2. La réparation / Prestation de service :

La société le Moteur S.A dispose dans sa structure d'un atelier véhicule particulier et un atelier véhicule industriel où se font les réparations mécanique et électrique, et pour ce qui est tôlerie et peinture, le Moteur fait appel à l'atelier carrosserie.

Chaque atelier se caractérise par ses propres travaux.

**\*Les ateliers VI et VP se spécialisent dans les tâches suivantes :**

- Les tâches de maintenance (vidange, remplacement des filtres) ;
- Révision des freins ;
- Révision boîte vitesse ;
- Révision moteur ;
- Réparation des systèmes électriques.

• **Ces deux ateliers se différencient par le type de véhicule qu'ils réparent :**

Atelier véhicule industriel VI	Atelier véhicule industriel VP
Camions Actros, Atego, axor, accelo Véhicules utilitaires Vito, sprinter	Toutes les classes de Mercedes-Benz

Tableau 1 : La différence entre l'atelier véhicule industriel VI et l'atelier véhicule industriel VP

### 3.5.3. La restitution du véhicule / Facturation :

Le réceptionniste inspecte la voiture avec le client pour vérifier que tout est en ordre, ensuite, après avoir imprimé la facture, il lui explique les travaux qui ont été effectués sur le véhicule. Le client reçoit un bon de sortie après avoir réglé sa facture.

## 4. Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté la société d'accueil et les services qu'elle fournit son personnel. Dans le chapitre suivant, on va présenter le principe de fonctionnement des freins et le cahier de charge du projet.

## *Chapitre 2*

### *Présentation du projet*

## I. Introduction :

Le système de freinage est un élément nécessaire dans notre vie. Il fournit le confort et la sécurité. Pour bien comprendre l'importance de ce système on peut citer deux exemples de notre vie quotidienne :

- Le système de freinage des voitures ; qui permet de contrôler le véhicule en réduisant son vitesse ou en l'arrêtant.
- Le système de freinage des machines ; qui permet de bloquer et arrêter instantanément la rotation des outils ou des pièces pour assurer la sécurité personnelle.

⇒ En effet, on a arrivé à étudier un autre type de système de freinage donc au total on distingue deux types :

### 1. Système de freinage hydraulique :

#### 1.1. Principe de fonctionnement :

C'est un système déjà utilisé, qui a pour concept la transmission d'énergie hydraulique (l'effort exercé par le du conducteur) à l'aide du servofrein (le maitre-cylindre) jusqu'au blocage de roue, cette dernière est définit par pression d'huile.

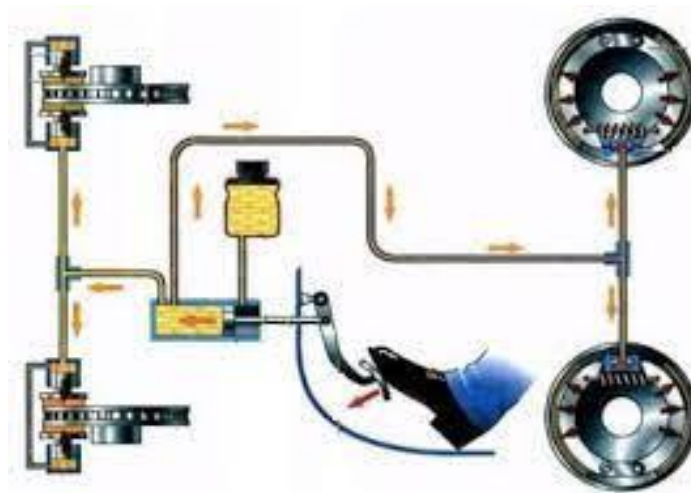


Figure 4 : Shéma de système de freinage hydraulique

#### 1.2. Les différents types de frein :

Pour pouvoir ralentir le véhicule, il est nécessaire d'exercer un effort qui se traduit en un couple de freinage grâce à deux systèmes :

- Frein à disque
- Frein à tambour



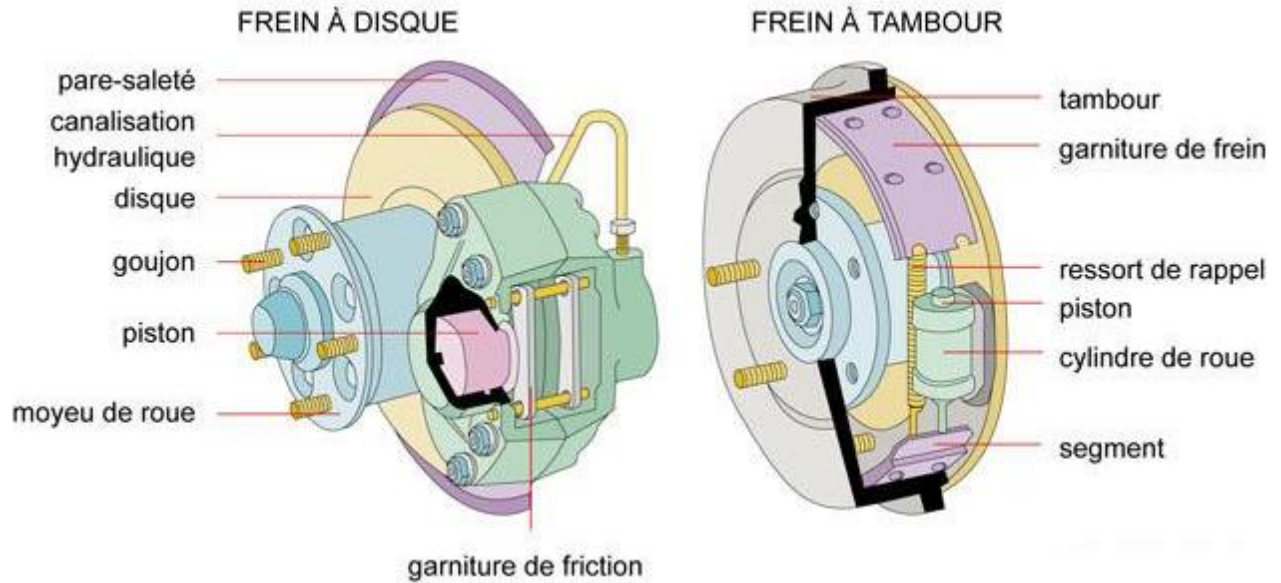


Figure 5: Types de frein

### 1.3. Les avantages et les inconvénients :

En fait, comme tous produits, ce système admet des avantages et des inconvénients les voilà :

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une très bonne puissance de freinage</li> <li>- Précis et progressive</li> <li>- Sécurisé</li> <li>- Efficace</li> <li>- Polyvalent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Couteux</li> <li>- Entretien complexe</li> <li>- Risque de surchauffe</li> </ul>

Tableau 2: Les avantages et les inconvénients de système de freinage hydraulique

## 2. Système de freinage électromécanique :

### 2.1. Principe de fonctionnement :

C'est un nouveau système, qu'on a développé. Admet pour concept la transmission d'énergie électrique à une énergie mécanique de rotation qui pousse le piston et tire l'étrier grâce à la liaison hélicoïdale (système vis écrou) avec une annulation de translation de l'arbre tournant.

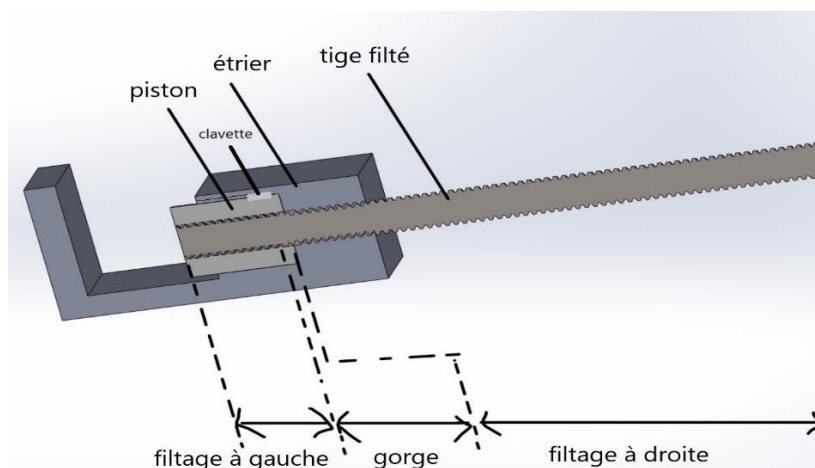


Figure 6: Coupe de système de la liaison hélicoïdale sur SolidWorks

## 2.2. Les avantages et les inconvénients :

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meilleure tant de réponse</li> <li>- Pas de fuite</li> <li>- Précis</li> <li>- Prix bas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En phase d'étude</li> <li>- Complicé</li> </ul>

Tableau 3 : Les avantages et les inconvénients du système de freinage électromécanique

## 3. Objectif et conclusion :

Ce projet nous a permis de combiner nos connaissances théoriques pas seulement en mécanique mais aussi en informatique et électrique au long de ces 3 années de formation, avec les connaissances pratique que ce stage nous a fournis.

## *Chapitre 3*

### *Étude fonctionnelle des pièces mécaniques*

## I. Introduction :

Le système de freinage électromécanique est un système guidé par une commande électrique qui assure la diminution de temps de réponse de la plaquette sur le disque frein.

⇒ Ce système est composé de 3 parties :

## II. Partie mécanique :

1. Dessin d'ensemble :
2. Schéma cinématique :
3. Diagramme de pieuvre (FAST) :

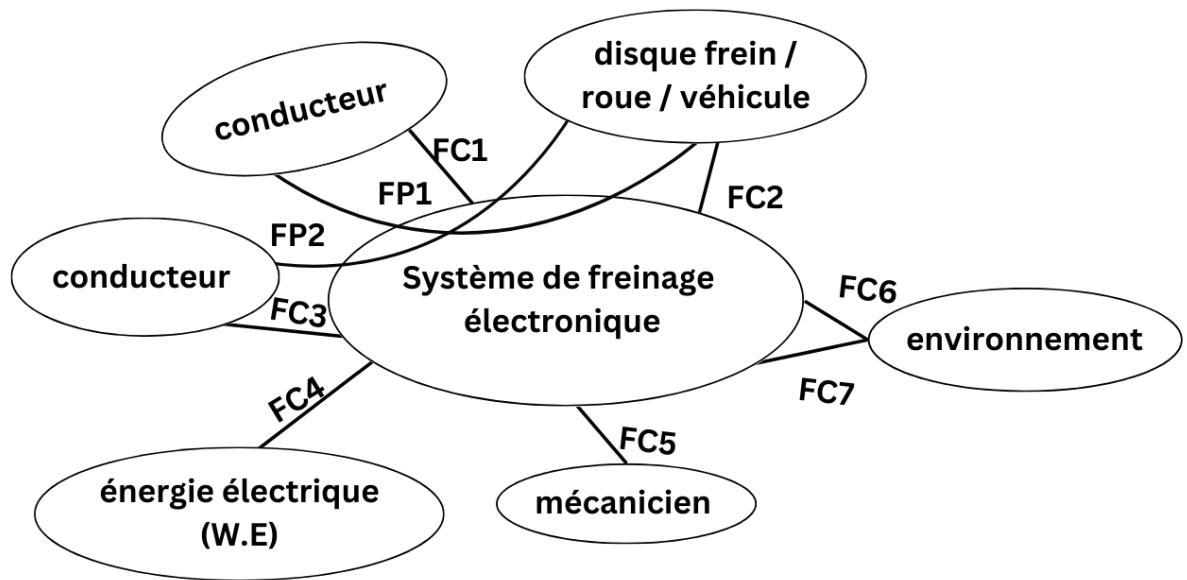


Figure 7 : diagramme de pieuvre

FP1 : permettre de freiner le disque de la roue ou réduire le disque de la roue.

FP2 : être besoin d'un système électrique et programmation pour fonctionner le proprement.

FC1 : s'adapter au conducteur et ne pas le mettre en danger.

FC2 : s'adapter au véhicule.

FC3 : fonctionner par un système électrique et programmation.

FC4 : se raccorder au ressource d'énergie externe.

FC5 : permettre une maintenance aisée.

FC6 : respecter l'environnement.

FC7 : résister au milieu extérieur.

4. Les pièces utilisées :

**a) Le disque frein :**

- Description :



Figure 8: disque plein

L'élément central du système de freinage est le disque de frein. Il y a plusieurs types de disque de frein ; par exemple les disques ventilés, pleins, en fonte/acier, en carbone ou même en céramique.

On a choisi le type « disque frein plein », car il est plus simple, plus léger et plus connu.

**b) Un étrier :**

- Description :



Figure 9: étrier flottant

L'étrier de frein est une pièce mécanique généralement conçu avec des matériaux comme l'acier, l'aluminium, le carbone, la céramique, etc..., pour résister à la haute température

Il existe 4 types d'étrier : L'étrier flottant, l'étrier fixe, l'étrier à anneau (généralement utilisé dans les bicyclettes) et l'étrier coulissant.

- Modification :

On a choisi un étrier flottant pour assurer le mouvement de translation de ce dernier, on le perce d'un trou de diamètre de 16 mm et puis on le taraude avec un taraudage, sous la norme d'ISO M16, simple à droite avec un pas de 2 mm, diamètre de 14 et d'angle de 60°.



Figure 10: étrier sur tour

On a aussi percé l'étrier en haut et le tarauder sous la norme d'ISO M4, simple à droite avec un pas de 0,7 mm, diamètre de 3,3 mm et d'angle de 60° pour monter une vis de pression qui assure la liaison glissière entre le piston et l'étrier.

#### c) Un Piston du frein :

- Description :



Figure 11: piston de frein

Lorsque la pédale de frein est enfoncée, le liquide de frein (huile de frein) applique une pression qui force les pistons à se déplacer. La principale responsabilité de ces pistons est de pousser les plaquettes de frein sur le disque de frein, ce qui entraîne un ralentissement de la voiture et finit par s'arrêter complètement.

- Modification :

On a créé un piston personnalisé pour qui soit adapté dans le système de freinage électromécanique. Ce piston contient une rainure pour guider le piston en translation par rapport à l'étrier grâce à la vis de pression.

Après, on perce le piston de façon que le nouveau trou est coaxial avec le trou d'étrier, puis on le taraude sous la norme d'ISO M14 avec la même pas de 2 mm, diamètre de 12 mm et d'angle de 60°.



Figure 12: piston de frein modifié

#### d) Roue libre :

- Description :

La roue libre est un système d'embrayage mécanique qui permet d'interrompre l'entraînement en rotation d'un arbre par rapport à l'autre. Ce système est utilisé comme un antiretour dans les pignons des roues arrière des bicyclettes, elle permet aussi au démarreur de se désolidariser ou se détacher du moteur thermique lorsque le régime de ce dernier dépasse celui du démarreur.

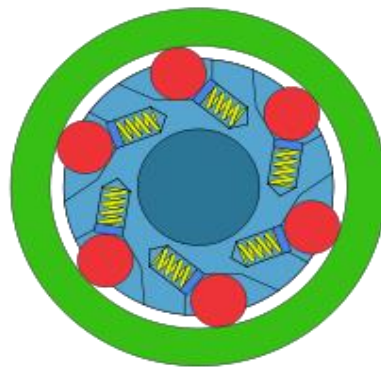


Figure 13: roue libre à rouleau



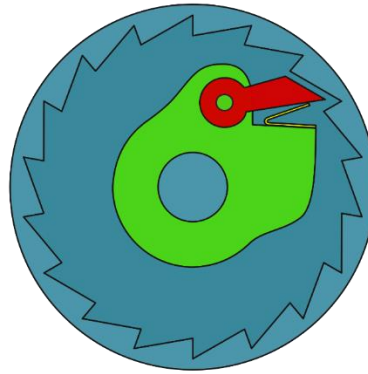


Figure 14: roue libre à cliquet



Figure 15: roue libre

- Fonctionnement de ce système :

Cette roue libre nous permet de transmettre le mouvement de la rotation d'arbre moteur vers l'arbre du disque frein, et en même temps de freiner ce dernier sans bloquer la rotation du moteur dans le cas que le couple de freinage est supérieur au couple de rotation.

e) **Tige filetée :**

- Description :



Figure 16: tige filetée



La tige filetée est généralement usinée pour ressembler à celle d'une vis aux deux extrémités. L'acier inoxydable est le matériau le plus fréquemment utilisé dans sa fabrication, en raison de sa durabilité et de sa résistance à la corrosion tout au long de sa durée de vie.

- Modification :

On a fabriqué une tige filetée spécialisée pour ce système. Cette tige a deux diamètres différents et deux sens des filetages différents pour qu'il s'adapte à deux différents taraudages en même temps, en respectant les normes d'ISO utilise pour l'étrier et le piston (pas = 2mm et angle =60°).

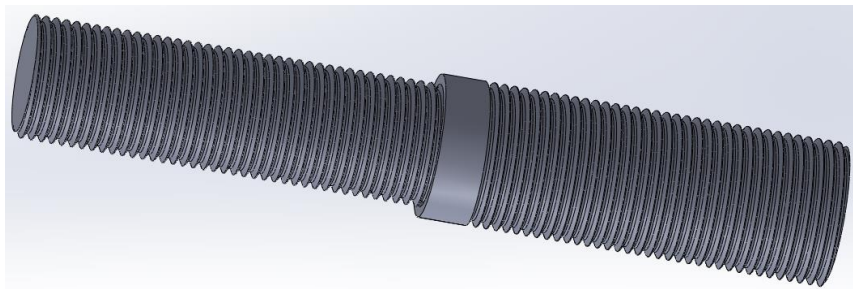


Figure 17: tige filetée sur SolidWorks



Figure 18: tige filetée en réalité

**f) Une tige :**

- Description :



Figure 19: une tige cylindrique

C'est une partie de métal cylindrique allongée.

**g) Roulement :**

- Description :



Figure 20: roulement

Un roulement est un dispositif mécanique qui permet et facilite la rotation entre deux objets.

**h) Poutre**

En effet, on a utilisé des poutres (pipe ou tube) avec 3 dimensionnements différents :

- 1<sup>er</sup> dimensionnement

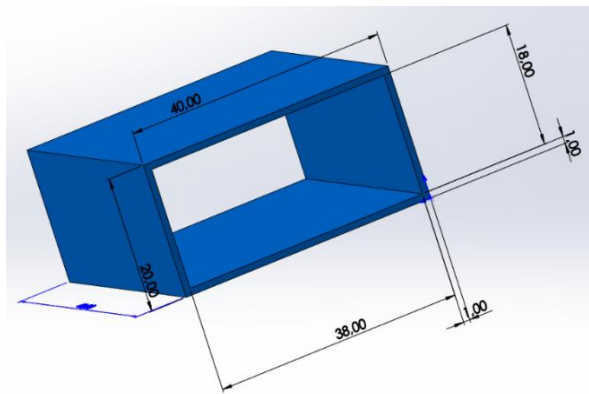


Figure 21: 1<sup>er</sup> dimensionnement de la poutre

- 2<sup>eme</sup> dimensionnement :

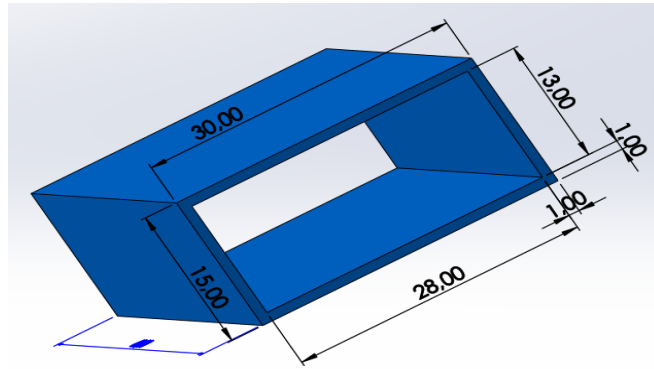


Figure 22: 2<sup>ème</sup> dimensionnement de la poutre

- 3<sup>ème</sup> dimensionnement :

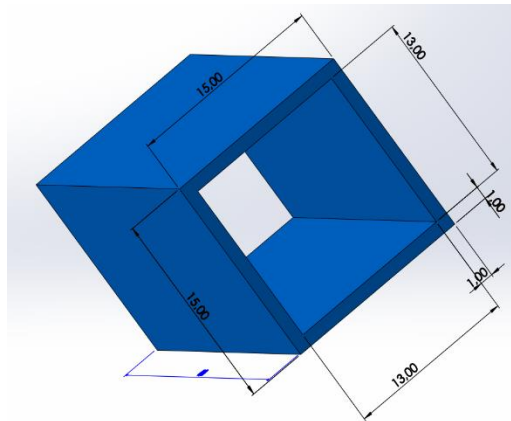


Figure 23 : 3<sup>ème</sup> dimensionnement de la poutre

- 4<sup>ème</sup> dimensionnement :

C'est une poutre lisse qui assure le glissement de l'étrier

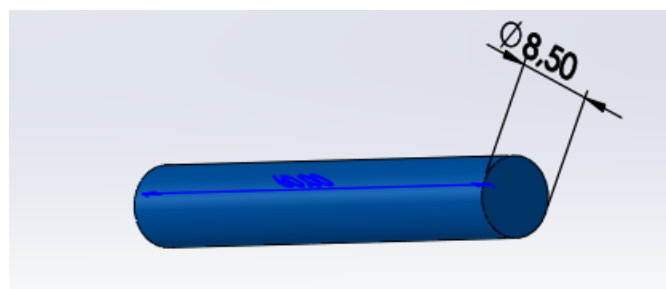


Figure 24: 4<sup>ème</sup> dimensionnement de la poutre

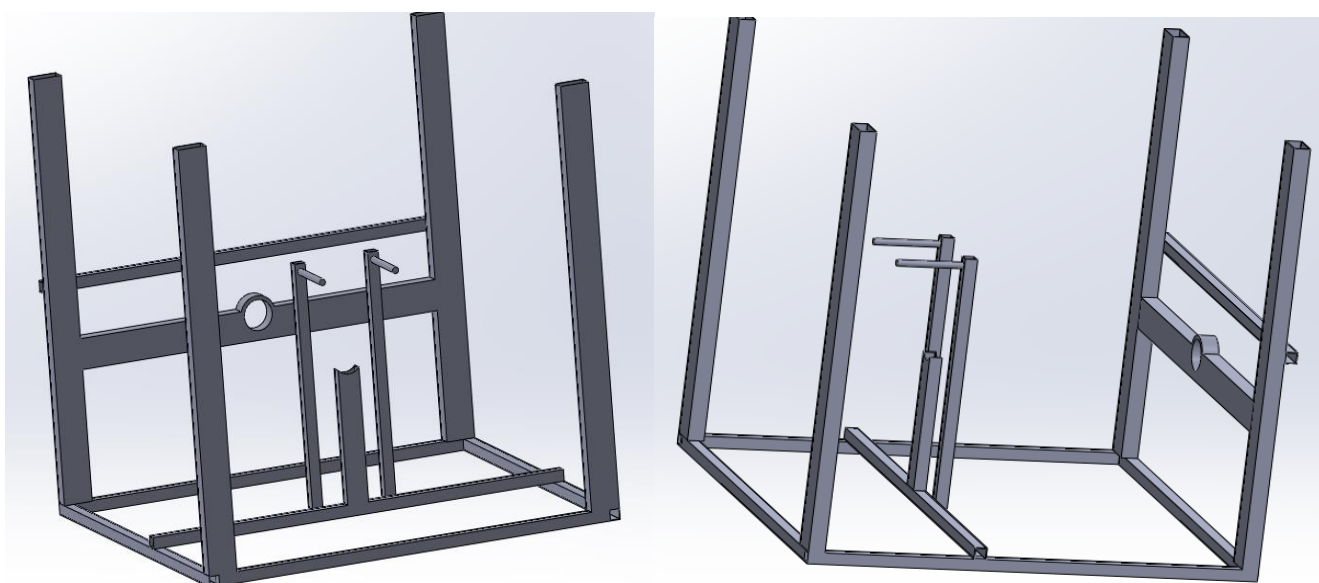
## 5. Assemblage des pièces :

- Fabrication du support :

Au début, on a construit le support avec les poutres disponibles.



Figure 25: support réelle





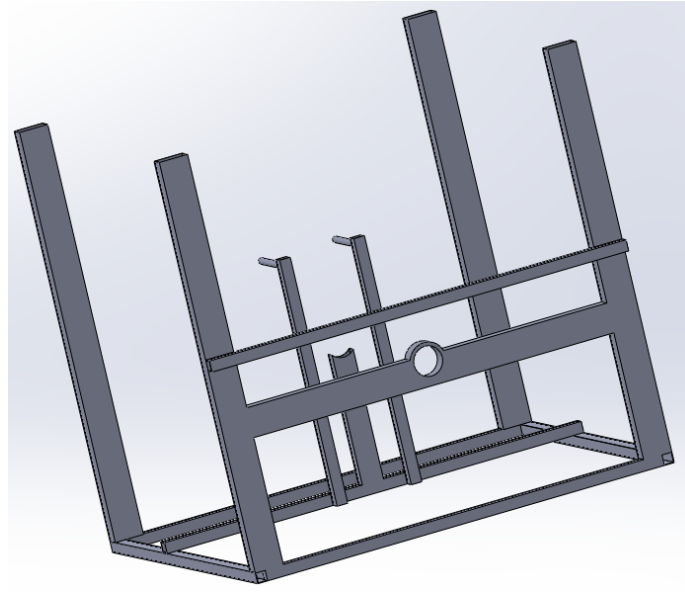


Figure 26: support sur SolidWorks

Puis, on assemble le support des moteurs :



Figure 27: support des moteurs en réalité

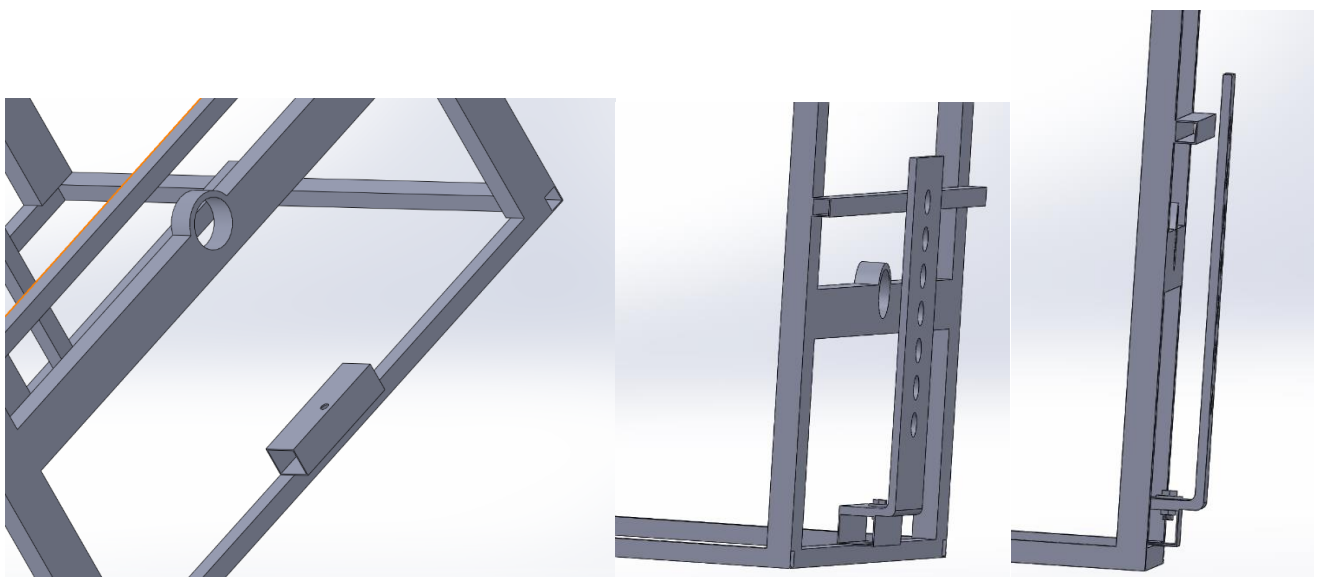


Figure 28: support des moteurs

Ensuite, on a placé les trois roulements dans leurs positions.

- 1<sup>ère</sup> position :



Figure 29: 1<sup>ère</sup> position des roulements

- 2<sup>ème</sup> position :



Figure 30: 2<sup>ème</sup> position des roulements

- 3<sup>ème</sup> position :



Figure 31: 3<sup>ème</sup> position des roulements

- Installation des pièces :

On a soudé deux arbres à l'extrémité de la roue à vide :



Figure 32: arbre moteur

Puis on a soudé deux écrous à l'extrémité de ces deux arbres (dans le sens quand l'arbre tourne les deux écrous ne s'ouvrent pas), un pour le moteur et le deuxième pour fixer le disque.

Après on a assemblé l'étrier, la tige filetée et le piston :

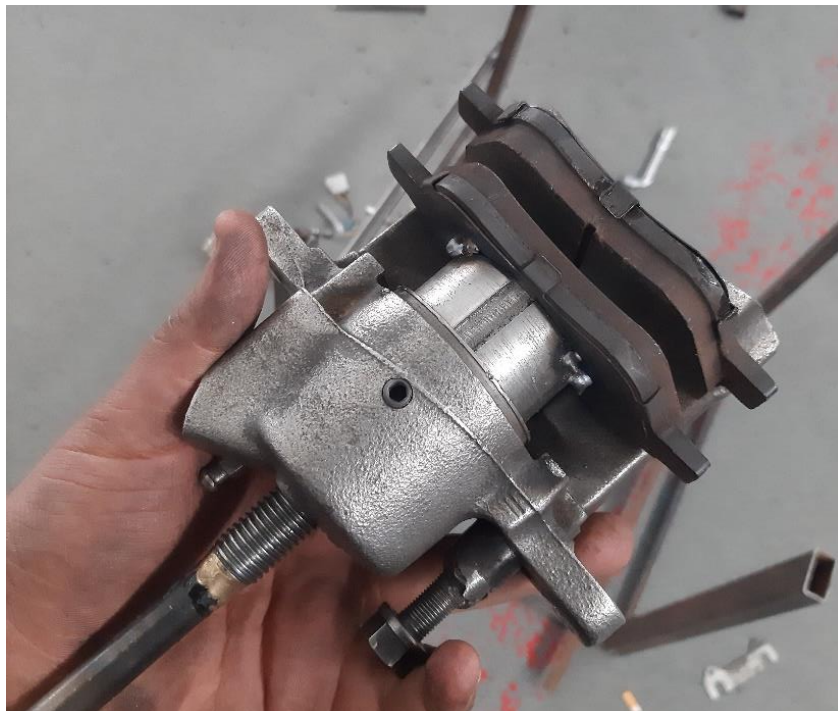


Figure 33: assemblage de la tige fileté et le piston

Et finalement on le monte sur le support :



Figure 34: système mécanique complet du frein électromécanique



## *Chapitre 4*

# *Étude fonctionnelle des compositions électroniques et programmation*

## 1. Partie électronique :

### 1.1 Le matériel utilisé :

#### a) Carte Arduino :



Figure 35: Carte Arduino

La carte Arduino contrôle la fonction du moteur pas à pas, il peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique (le contrôle des appareils domestiques — éclairage, chauffage...), le pilotage d'un robot, de l'informatique embarquée, etc.

**Arduino** est la marque d'une plateforme de prototypage open-source qui nous permet de créer des objets électroniques interactifs à partir de cartes électroniques matériellement libres sur lesquelles se trouve un microcontrôleur (d'architecture Atmel AVR comme l'Atmega328p, et d'architecture ARM comme le Cortex-M3 pour l'Arduino Due)

#### b) Moteur pas à pas :



Figure 36 : moteur pas à pas

Le moteur pas à pas fait partie des nombreuses technologies de moteurs existantes. Il existe de nombreux types de moteurs car les applications dans lesquelles on les utilise sont à chaque fois différente : type d'alimentation, besoin d'une vitesse élevée, variation de vitesse, nécessité de couple ou de précision, etc. Chaque technologie de moteur présente ses avantages et ses inconvénients, il est donc nécessaire de déterminer un moteur adapté à son application.

-Parmi les avantages du moteur pas à pas, on notera la précision que l'on peut obtenir quand il tourne et la facilité de déterminer le nombre de tours ou pas effectués grâce à sa commande par impulsion. Il est également aisé de varier la vitesse du moteur en modifiant la fréquence d'alimentation des bobines.

-Par contre, parmi ses inconvénients on peut noter le fait que sa vitesse maximale n'est pas élevée ou encore que son principe de commande soit plus compliqué qu'un moteur à courant continu.

- Choix du moteur pas à pas

Pour assurer le bon fonctionnement de déplacement de piston et l'étrier, on va choisir un moteur puissant de marque Hanpose 23HS7628.

**c) Driver :**

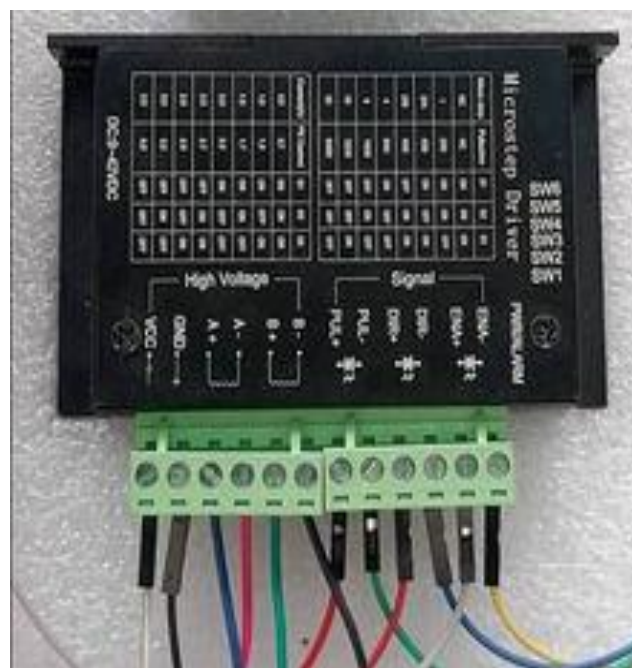


Figure 37 : driver utilisé

Les drivers de moteur pas-à-pas permettent de piloter efficacement les moteurs en n'utilisant que deux signaux de contrôle STEP et DIR. Le nombre de pulsations envoyés au driver correspond au nombre de pas effectué, la fréquence des pulsations correspond à la vitesse du moteur et le signal direct correspond au sens de rotation du moteur. Le module DRV8825 s'occupe d'envoyer la séquence aux deux bobines du moteur en fonction des commandes reçues en entrée.

**d) Moteur à courant continu :**

Un moteur à courant continu est une machine électrique tournante qui transforme l'énergie électrique sous forme de courant continu en énergie mécanique de rotation.

Pratiquement tous les moteurs électriques sont réversibles :



Figure 38: moteur essuie-glace à courant continu

- **Choix du moteur**

Pour que le disque peut se tourner facilement on a choisi un moteur à courant continu puissant comme le moteur d'essuie-glace 24V.

**e) Boite d'alimentation :**



Figure 39: boîte d'alimentation

Il fournit l'énergie basse tension nécessaire pour alimenter la carte mère et le driver.

**f) Transformateur :**



Figure 40: transformateur

Un transformateur électrique (parfois abrégé en « transfo ») est une machine électrique permettant de modifier la tension efficace délivrée par une source d'énergie électrique alternative.

**g) Plaque à essai :**



Figure 41: plaquette a essai

La plaque à essai est un dispositif utilisé en électronique pour prototyper et tester des circuits électroniques de manière temporaire. Elle est constituée d'une plaque rectangulaire avec de nombreux trous alignés en rangées et en colonnes. Les trous sont interconnectés à l'intérieur de la plaque par des pistes conductrices métalliques.

#### **h) Potentiomètre :**



Figure 42 : potentiomètre

Les potentiomètres sont des composants de circuits passifs essentiels depuis les débuts de l'électricité et de l'électronique. Ils s'agissent d'un dispositif à trois bornes avec un élément résistif accessible, offrant une fonctionnalité de diviseur de tension via un curseur réglable par l'utilisateur sur un arbre rotatif.

### **1.2 Le câblage :**



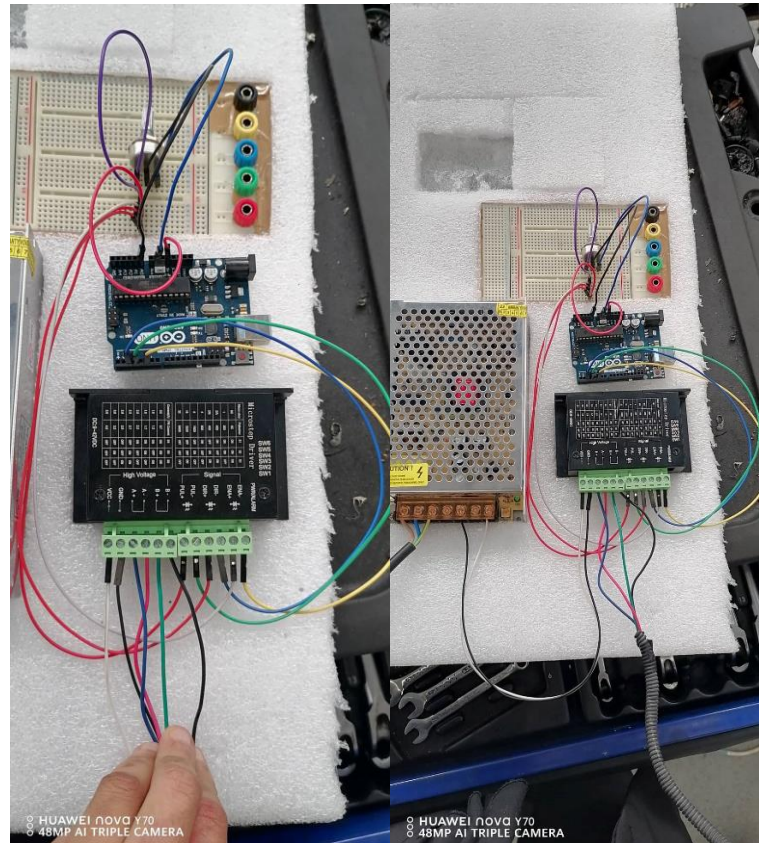


Figure 43 : câblage des composants électroniques

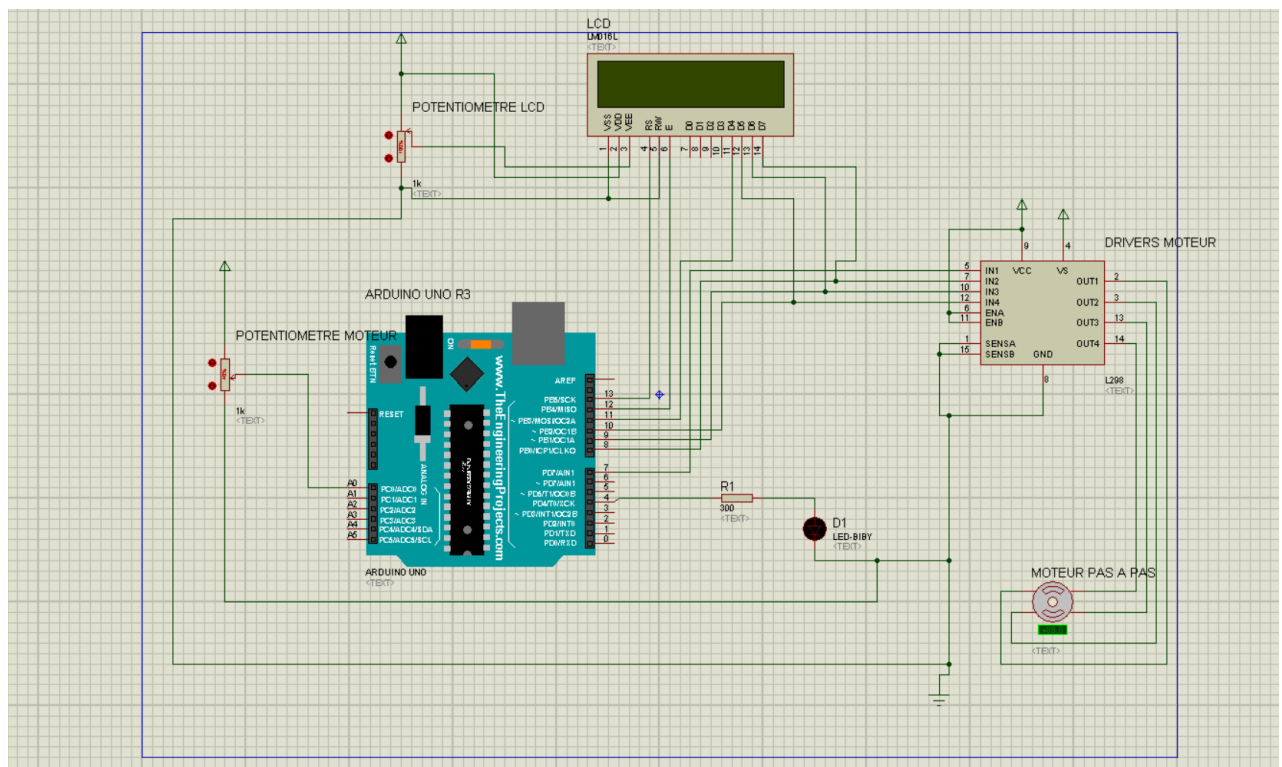


Figure 44: câblage sur ISIS

## 2. Partie informatique et programmation :

Le programme utilisé sur l'Arduino est de langage C++ :

```
#include <Stepper.h>
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
const int stepsPerRevolution = 200; // change this to fit the number of steps per revolution
```

```
// for your motor
```

```
const int K=5;
```

```
const int rs = 13, en = 12, d4 = 11, d5 = 10, d6 = 9, d7 = 8;
```

```
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
```

```
// initialize the stepper library on pins 8 through 11:
```

```
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 3,2);
```

```
int stepCount = 0; // number of steps the motor has taken
```

```
int X ;
```

```
void setup() {
```

```
  lcd.begin(16, 2);
```

```
  // set the speed at 200 rpm:
```

```
  myStepper.setSpeed(300);
```

```
  // initialize the serial port:
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode (4,OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  lcd.setCursor(0, 0);
```

```
  // read the sensor value:
```



```
int sensorReading = analogRead(A0);

// map it to a range from 0 to 100:

int motorSpeed = map(sensorReading, 0, 1023, 0, 100);

lcd.print (" vitesse de disque");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print(motorSpeed - stepCount);

if ( motorSpeed> 0){

digitalWrite (4, HIGH ) ;

}

else if (motorSpeed<0)

{

digitalWrite (4 , LOW);}

// set the motor speed:

//X = (motorSpeed - stepCount) ;

myStepper.step((motorSpeed - stepCount)*45);

delay(1000);

stepCount = motorSpeed;

}
```

program\_1

```
#include <Stepper.h>
#include <LiquidCrystal.h>
const int stepsPerRevolution = 200; // change this to fit the number of steps per revolution
// for your motor
const int K=5;
const int rs = 13, en = 12, d4 = 11, d5 = 10, d6 = 9, d7 = 8;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
// initialize the stepper library on pins 8 through 11:
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 3,2);
int stepCount = 0; // number of steps the motor has taken
int X ;
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  // set the speed at 200 rpm:
  myStepper.setSpeed(300);
  // initialize the serial port:
  Serial.begin(9600);
  pinMode (4,OUTPUT);
}
void loop() {
  lcd.setCursor(0, 0);
  // read the sensor value:
  int sensorReading = analogRead(A0);
  // map it to a range from 0 to 100:
  int motorSpeed = map(sensorReading, 0, 1023, 0, 100);
  lcd.print (" vitesse de disque");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(motorSpeed - stepCount);
  if ( motorSpeed> 0){
    digitalWrite (4, HIGH ) ;
  }
  else if (motorSpeed<0)
  {
    digitalWrite (4 , LOW);}
  // set the motor speed:
  //X = (motorSpeed - stepCount) ;
  myStepper.step((motorSpeed - stepCount)*45);
  delay(1000);
  stepCount = motorSpeed;
}
```

Figure 45 : programmation de langage C++ sur programme Arduino

## *Chapitre 5*

### *Montage et fonctionnement réel*

## *Conclusion général*

*Notre projet permet de garder l'environnement sain, il sert à fixer les limites maximales des rejets polluants. Notre système électromécanique de freinage protège l'environnement d'huile de frein toxique non que pour la nature. Il représente un danger pour tous les êtres vivants, y compris les êtres humains.....*



# Sommaire

---

Introduction générale .....	1
Chapitre 1 .....	2
Présentation de l'entreprise .....	2
1. Introduction : .....	3
2. Présentation de l'entreprise Mère : .....	3
2.1. Information générale : .....	3
3. Présentation de l'entreprise d'accueil : .....	3
3.1. La société Le Moteur : .....	3
3.2. Information générale : .....	4
3.3. Organigramme : .....	4
3.4. Activités : .....	5
3.5. Les services : .....	5
3.5.1. Direction technique : .....	5
3.5.2. La réparation / Prestation de service : .....	6
3.5.3. La restitution du véhicule / Facturation : .....	6
4. Conclusion : .....	6
Chapitre 2 .....	7
Présentation du projet .....	7
I. Introduction : .....	8
1. Système de freinage hydraulique : .....	8
1.1. Principe de fonctionnement : .....	8
1.2. Les différents types de frein : .....	8
1.3. Les avantages et les inconvénients : .....	9
2. Système de freinage électromécanique : .....	9
2.1. Principe de fonctionnement : .....	9
2.2. Les avantages et les inconvénients : .....	10

3. Objectif et conclusion :.....	10
Chapitre 3.....	11
Étude fonctionnelle des pièces mécaniques.....	11
I. Introduction : .....	12
II. Partie mécanique : .....	12
1. Les pièces utilisées : .....	12
a) Le disque frein : .....	13
b) Un étrier :.....	13
c) Un Piston du frein : .....	14
d) Roue libre :.....	15
e) Tige filetée :.....	16
f) Une tige :.....	17
g) Roulement :.....	18
h) Poutre.....	18
2. Assemblage des pièces : .....	19
□ Fabrication du support : .....	19
□ Installation des pièces :.....	22
Chapitre 4.....	25
Étude fonctionnelle des compositions électroniques et programmation .....	25
1. Partie électronique : .....	26
1.1 Le matériel utilisé :.....	26
a) Carte Arduino :.....	26
b) Moteur pas à pas : .....	26
c) Driver :.....	27
d) Moteur à courant continu :.....	28
e) Boite d'alimentation : .....	28
g) Plaque à essai : .....	29
h) Potentiomètre :.....	30


1.2 Le câblage :.....	30
2. Partie informatique et programmation :.....	32
Chapitre 5.....	35
Montage et fonctionnement réel.....	35

# Liste des figures

Figure 1 : Logo de la société Le Moteur .....	3
Figure 2 : Localisation de la Société LE MOTEUR en Tunis .....	4
Figure 3 : L'organigramme de la société .....	5
Figure 4 : Shéma de système de freinage hydraulique.....	8
Figure 5: Types de frein .....	9
Figure 6: Coupe de système de la liaison hélicoïdale sur SolidWorks .....	10
Figure 7: disque plein.....	13
Figure 8: étrier flottant .....	13
Figure 9: étrier sur tour .....	14
Figure 10: piston de frein .....	14
Figure 11: piston de frein modifié .....	15
Figure 12: roue libre à rouleau .....	15
Figure 13: roue libre à cliquet .....	16
Figure 14: roue libre .....	16
Figure 15: tige fileté.....	16
Figure 16: tige fileté sur SolidWorks .....	17
Figure 17: tige fileté en réalité.....	17
Figure 18: une tige cylindrique.....	17
Figure 19: roulement.....	18
Figure 20: 1 <sup>er</sup> dimensionnement de la poutre.....	18
Figure 21: 2 <sup>eme</sup> dimensionnement de la poutre .....	19
Figure 22 : 3 <sup>eme</sup> dimensionnement de la poutre .....	19
Figure 23: 4 <sup>eme</sup> dimensionnement de la poutre .....	19
Figure 24: support réelle .....	20
Figure 25: support sur SolidWorks .....	21
Figure 26: support des moteurs en réalité .....	21
Figure 27: support des moteurs .....	21
Figure 28: 1 <sup>ere</sup> position des roulements .....	22
Figure 29: 2 <sup>eme</sup> position des roulements .....	22
Figure 30: 3 <sup>eme</sup> position des roulements .....	22
Figure 31: arbre moteur.....	23
Figure 32: assemblage de la tige fileté et le piston .....	23
Figure 33: système mécanique complet du frein électromécanique .....	24



Figure 34:Carte Arduino .....	26
Figure 35 : moteur pas à pas.....	26
Figure 36 : driver utilisé.....	27
Figure 37: moteur essuie-glace à courant continu .....	28
Figure 38: boite d'alimentation .....	29
Figure 39: transformateur.....	29
Figure 40: plaquette a essai .....	30
Figure 41 : potentiomètre .....	30
Figure 42 : câblage des composants électroniques .....	31
Figure 43: câblage sur ISIS .....	31
Figure 44 : programmation de langage C++ sur programme Arduino.....	34



## Liste des tableaux

---

Tableau 1 : La différence entre l'atelier véhicule industriel VI et l'atelier véhicule industriel VP .....	6
Tableau 2: Les avantages et les inconvénients de système de freinage hydraulique .....	9
Tableau 3 : Les avantages et les inconvénients du système de freinage électromécanique .....	10