

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**

**FACULTE DE TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Fabrication Mécanique et Productique

Par :

**AMARI Ali**

**AYOUAZ Faroudja**

## **Thème**

---

**Conception d'un système de guidage manuel du procédé de soudage  
MMA à la baguette enrobée**

---

Soutenu le 29/06/2022 devant le jury composé de :

Mr.HADJOU .M

Président

Mr.BELAMRI .A

Rapporteur

Mr.METHIA .M

Examineur

**Année Universitaire 2021-2022**

# **Remerciements**

***Tout d'abord, nous remercions Dieu, le Généreux qui a enseigné à l'Homme ce qu'il ne savait pas et aussi de nous avoir donné la force afin d'accomplir ce travail.***

***Notre profonde gratitude est exprimée à notre promoteur Dr. BELAMRI, qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail et nous a guidés tout au long de sa réalisation, ainsi que pour la qualité de son encadrement, sa constante disponibilité, ses conseils et sa gentillesse.***

***Nos vifs remerciements vont aux membres du jury d'avoir accepté de juger et d'évaluer notre travail.***

***Et nous remercions aussi nos enseignants du département de génie mécanique durant tout notre cursus.***

***Enfin, mes remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.***

***AYOUAZ Faroudja***

***AMARJ Ali***

## Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chères parents, un minime témoignage de ma reconnaissance pour les  
Souffrances qu'ils ont eu à supporter pour mon bien être.

Qu'ALLAH les protège.

Aux étoiles de ma famille : mes Frères Mohand, Sofiane

A ma binôme FAROUDJA

Et tous mes amis :

Lyes,Rabah,Bilal,Meziane,Nabile,Hamid,Jugurtha,Koukou

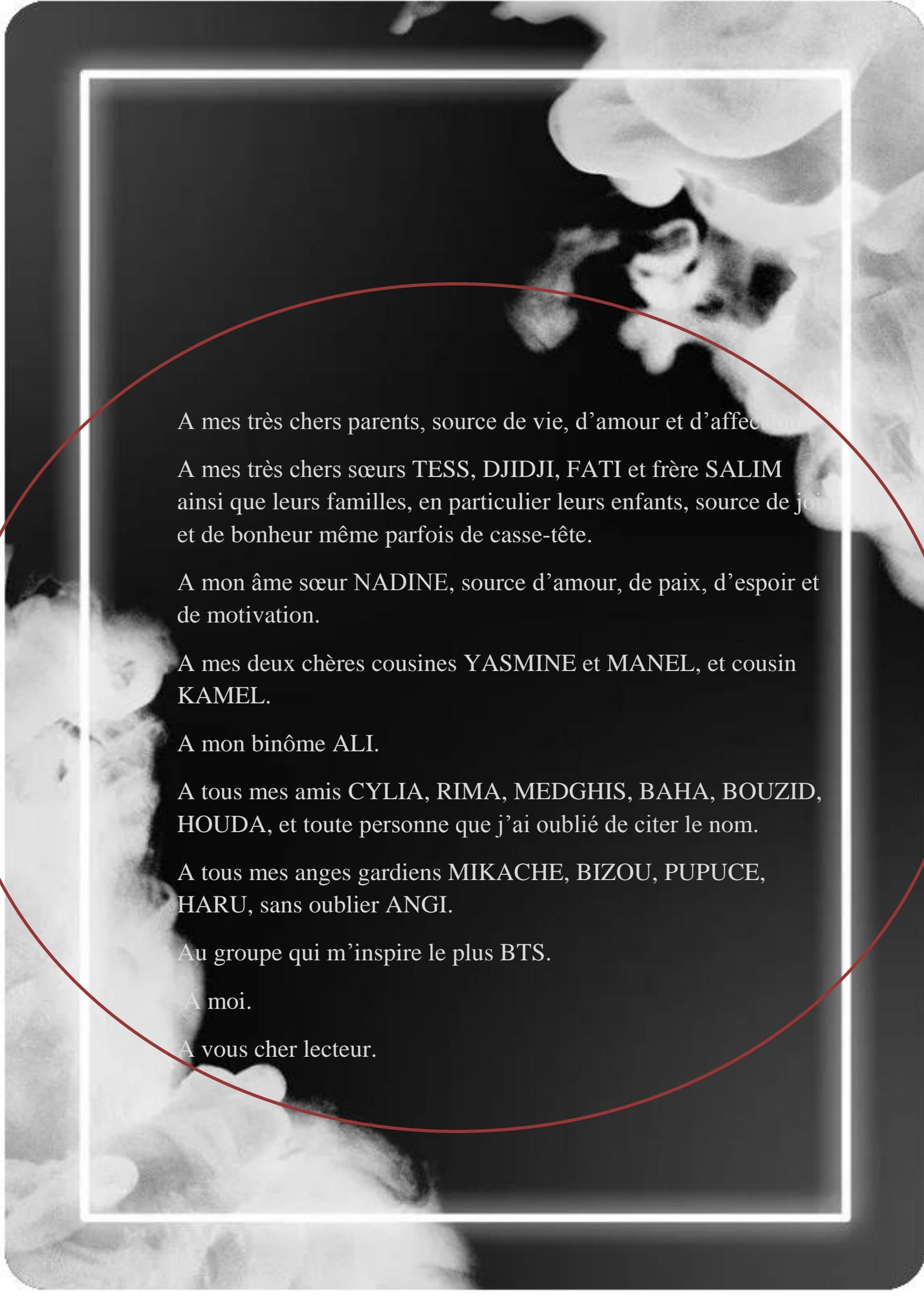
Cylia, Ryma, Madghis, Samia,Tinhinane

Sans oublier tous les gens qui mon aiment du fond du cœur

A tous les étudiants de génie mécanique, et Spécialement

Au notre section fabrication mécanique promo 2022

AMARI ALI



A mes très chers parents, source de vie, d'amour et d'affection.

A mes très chers sœurs TESS, DJIDJI, FATI et frère SALIM ainsi que leurs familles, en particulier leurs enfants, source de joie et de bonheur même parfois de casse-tête.

A mon âme sœur NADINE, source d'amour, de paix, d'espoir et de motivation.

A mes deux chères cousines YASMINE et MANEL, et cousin KAMEL.

A mon binôme ALI.

A tous mes amis CYLIA, RIMA, MEDGHIS, BAHA, BOUZID, HOUDA, et toute personne que j'ai oublié de citer le nom.

A tous mes anges gardiens MIKACHE, BIZOU, PUPUCE, HARU, sans oublier ANGI.

Au groupe qui m'inspire le plus BTS.

A moi.

A vous cher lecteur.

---

---

**Sommaire**

Introduction .....	01
Chapitre I : Généralités sur le soudage et les engrenages	
1.1. Histoire du soudage.....	02
1.2. Généralités sur le soudage.....	04
1.2.1. Définition.....	04
1.2.2. Forme de soudage .....	05
1.2.3. Type de soudage.....	05
1.2.4. Type des assemblages soudés .....	06
1.2.5. Procédés de soudage .....	07
1.3. Soudage à l'arc.....	08
1.3.1. Soudage à l'arc avec électrode enrobée (MMA) .....	09
1.3.2. Poste de soudage à l'arc .....	11
1.4. Les électrodes .....	12
1.4.1 définition .....	12
1.4.2. propriétés des électrodes .....	12
1.4.3. Identification des électrodes .....	12
1.4.4. Types d'électrodes .....	13
1.4.4.1. Electrode basique .....	14
1.4.4.2. électrode rutile .....	14
1.4.5. Angle de soudage .....	15
1.4.6. Vitesse de déplacement du soudage .....	16
1.5. Les engrenages .....	16
1.5.1. Définition .....	16

1.5.2 Transformation de mouvement.....	17
1.5.2.1. Transformation de rotation en rotation .....	17
1.5.2.2. Transformation de rotation en translation ou inversement.....	18
1.5.3. Avantage et inconvénient des systèmes d'engrenages.....	20
Chapitre 2 : Différents mécanismes automatiques du soudage.	
2.1. Soudage automatique.....	21
2.1.1. Différents types de soudage automatique.....	21
2.1.1.1. Le soudage automatique.....	21
2.1.1.2. Le soudage robotisé .....	22
2.1.1.3. Les cobots .....	25
2.1.1.4. La différence entre le soudage robotisé et le soudage cobot .....	26
2.1.2. Les avantages du soudage automatique .....	27
Chapitre 3 : Présentation et étude dimensionnel du mécanisme à souder.	
3.1. Les paramètres de soudage pour notre mécanisme .....	28
3.1.1. Matériels utilisés.....	28
3.1.2. Vitesse de soudage.....	29
3.1.3. Intensité du soudage.....	29
3.2. Présentation du mécanisme semi-automatique du soudage .....	30
3.2.1. Le but du mécanisme .....	30
3.3. Le fonctionnement du mécanisme .....	31
3.3.1. Châssis du mécanisme.....	32
3.3.2. Manivelle du mécanisme.....	33
3.3.2. Les systèmes de guidage pour électrode.....	34
3.3.2.1. Premier système vis écrou.....	34

3.3.2.2. Deuxième système vis sans fin roue denté hélicoïdale.....	35
3.3.2.3. Troisième système roue dentée arbre de transmission.....	36
3.3.2.4. Quatrième système pignon crémaillère.....	36
3.3.2.5. Cinquième système de fixation .....	37
3.4. Dimensionnement des pièces importantes.....	38
3.4.1 Dimensionnement du diamètre de la vis sans fin.....	38
3.4.2. Calcul de la contrainte tangentielle $\tau$ max de torsion.....	39
3.4.3. Détermination de la condition de résistance et le choix du matériau.....	40
3.4.4. Calcul des efforts tangentiels sur la roue et la vis sans fin.....	41
3.4.5. Calcul du module (mn).....	42
3.5. Etude d'engrenage.....	42
3.5.1 Caractéristique de la vis sans fin .....	42
3.5.2 Caractéristique de la roue dentée hélicoïdale.....	43
3.5.3. Etude de système pignon crémaillère.....	44
3.5.3.1. Caractéristique pignon.....	44
3.5.3.1. Caractéristique de la crémaillère.....	45
3.6. Calcul des rapports de vitesse du mécanisme.....	46
3.6.1. Calcul de la vitesse de rotation de la vis.....	46
3.6.2. Calcul de la vitesse de rotation du pignon.....	46
3.6.3 Calcul du rapport de réduction de vitesse entre la vis sans fin et la roue dentée...	47
3.7. Résultat final.....	47
Conclusion .....	48
Références bibliographiques	
Annexes	

---

**Liste des figures**

<b>Figure 1.1.</b> Cordon de soudure .....	04
<b>Figure 1.2.</b> Principe d'une soudure.....	04
<b>Figure 1.3.</b> Assemblage bout-à-bout.....	06
<b>Figure 1.4.</b> Assemblage en coin.....	06
<b>Figure 1.5.</b> Assemblage à bords relevés.....	06
<b>Figure 1.6.</b> Assemblage par recouvrement.....	07
<b>Figure 1.7.</b> Classification des procédés de soudage en fonction de l'énergie .....	08
<b>Figure 1.8.</b> Les différents procédés de soudage à l'arc électrique.....	09
<b>Figure 1.9.</b> Principe de soudage à l'arc avec électrode enrobée (MMA) .....	10
<b>Figure 1.10.</b> Etiquette boîte des électrodes enrobées pour soudage à l'arc.....	13
<b>Figure 1.11.</b> Angle de guidage de l'électrode.....	15
<b>Figure 1.12.</b> Les engrenages.....	16
<b>Figure 1.13.</b> Système engrenage vis sans fin et roue à denture hélicoïdale .....	17
<b>Figure 1.14.</b> Système vis sans fin et écrou... ..	18
<b>Figure 1.15.</b> Système pignon-crémaillère.....	19
<b>Figure 2.1.</b> Un robot en plein opération de soudage.....	23
<b>Figure 2.2.</b> Un cobot en plein opération de soudage .....	26
<b>Figure 3.1.</b> Les résultats des deux essais de l'expérience du soudage.....	28
<b>Figure 3.2.</b> Le poste a soudé utilisé et l'ampérage utilisé.....	29
<b>Figure 3.3.</b> Le mécanisme de soudage et ses différents organes... ..	31
<b>Figure 3.4.</b> Fonctionnement du mécanisme du soudage semi-automatique .....	32
<b>Figure 3.5.</b> Bâti du mécanisme .....	33
<b>Figure 3.6.</b> Manivelle du mécanisme .....	33
<b>Figure 3.7.</b> Le déplacement de la table (x) et (y). .....	34

---

---

<b>Figure 3.8.</b> Ecrou (Table porte de l'électrode).....	35
<b>Figure 3.9.</b> Engrange vis sans fin roue dentée.....	35
<b>Figure 3.10.</b> Roues dentées arbre de transmission.....	36
<b>Figure 3.11.</b> Système pignon crémaillère.....	36
<b>Figure 3.12.</b> Système de fixation de l'électrode.....	37
<b>Figure 3.13.</b> Isolation de l'électrode.....	37
<b>Figure 3.14.</b> Manivelle du mécanisme.....	38
<b>Figure 3.15.</b> Ensembles des efforts appliqués sur la vis et roue.....	41
<b>Figure 3.16.</b> Vue de face de la vis sans fin.....	43
<b>Figure 3.17.</b> Pignon à denture droite.....	44
<b>Figure 3.18.</b> Pignon et crémaillère.....	45

**Liste des tableaux**

<b>Tableau 1.1</b> : Avantages et inconvénients des systèmes d'engrenages.....	20
<b>Tableau 2.1</b> : Type et méthode de soudage automatique et leur application... ..	22
<b>Tableau 2.2</b> : Type de procédés de soudage robotisé et leur utilisation.....	24
<b>Tableau 2.3</b> : Différence entre les cobots et les robots... ..	27
<b>Tableau 3.1</b> : Caractéristiques de la vis sans fin de notre système .....	43
<b>Tableau 3.2</b> : Caractéristiques de la roue dentée hélicoïdale .....	44
<b>Tableau 3.3</b> : Caractéristiques de pignon de notre système .....	45
<b>Tableau 3.4</b> : Caractéristiques de la crémaillère de notre système.....	46

# Introduction

## Introduction

Les systèmes de soudage sont parmi les systèmes mécaniques les plus développés par l'homme, dans le but de faciliter les tâches et accélérer davantage le travail en série. Jusqu'à ce jour, les chercheurs sont à l'affût de nouvelles techniques et stratégies ainsi que des nouveaux mécanismes pour assurer cette tâche.

Aujourd'hui, il existe de nombreux procédés de soudage répondant à une très grande variété d'assemblages et aux caractéristiques des métaux utilisés, en effet, à l'heure actuelle, le soudage compte parmi les modes d'assemblage les plus répandus dans l'industrie du fait de son efficacité et de sa fiabilité pour réaliser des assemblages indémontables, notamment dans l'univers de la construction mécanique, par exemple la fabrication de: bateaux, trains, avions, fusées, automobiles, ponts, tuyauteries, réservoirs...etc.

Dans ce projet, notre attention se portera sur la mécanisation du geste manuel du soudeur afin de garantir une meilleure qualité de soudage ainsi simplifier l'accès aux inexpérimentés, de ce fait, les engrenages jouent un rôle important qui se caractérise dans la transmission de mouvement et de puissance.

Notre modeste travail est divisé comme suit :

Tout d'abord, le premier chapitre est consacré aux généralités sur le soudage, en l'occurrence, le procédé de soudage à l'électrode enrobée MMA (Manual Metal Arc), puis les divers systèmes d'engrenage et de transmission de mouvement.

Ensuite, le deuxième chapitre entame les procédés de soudage automatique tels que le soudage robotisé et les cobots.

Puis, le troisième chapitre va se porter sur la présentation du mécanisme utilisé, son fonctionnement en se basant sur la mise en place des pièces d'assemblage sur solidworks et le dimensionnement et l'étude des calculs de notre mécanisme.

En conclusion, on présentera nos résultats de l'étude pour une prise en considération à une éventuelle fabrication de mécanisme.

# **Chapitre I**

## **Généralités sur le soudage et les engrenages**

## 1.1. Histoire du soudage

La soudure est née à l'âge du métal, les exemples les plus anciens étant l'assemblage de petites boîtes rondes en or par chauffage et martelage d'une jupe formée par deux surfaces superposées, ces boîtes étaient produites il y a plus de 2000 ans, cependant :

- À l'âge de bronze : soudure à la poche.
- À l'âge de fer : soudure à la forge [1].

Au XVIII<sup>e</sup> (18<sup>ème</sup>) siècle : le procédé de soudage ne s'est pas beaucoup développé.

En 1850 : utilisation du gaz afin de chauffer le métal à souder. [2]

À la fin du XIX<sup>e</sup> (19<sup>ème</sup>) siècle : le soudage prend place dans la communauté scientifique, et est rapidement introduit dans le domaine des techniciens.

Vers 1920 : plusieurs procédés ont connu leur développement industriel, par exemple :

- Le soudage oxyacétylénique ;
- Le soudage aluminothermique ;
- Le soudage à l'arc électrique ;
- Le soudage par résistance.

Au 20<sup>e</sup> siècle : le soudage est utilisé dans tous les secteurs de l'industrie, les autres procédés font leur apparition tels que :

- 🚦 Soudage par Laser.
- 🚦 Soudage avec électrode de carbone : Bernardos et Olszewski; Russie ;
- 🚦 Soudage avec électrode fusible nue : Slavianov ; Russie ;
- 🚦 Soudage avec électrode enrobée : Kjell berg ; Suède ;
- 🚦 Soudage par résistance : Thompson ; USA ;
- 🚦 Soudage au gaz (chalumeau) : Picard ; France.

À partir de la troisième décennie de notre ère, le développement rapide des procédés de soudage utilisant des électrodes enrobées et des torches oxyacétyléniques a permis de réaliser les premiers grands ouvrages tels que des navires, des ponts, des bâtiments et des chaudières (principalement aux États-Unis et au Royaume-Uni) [3].

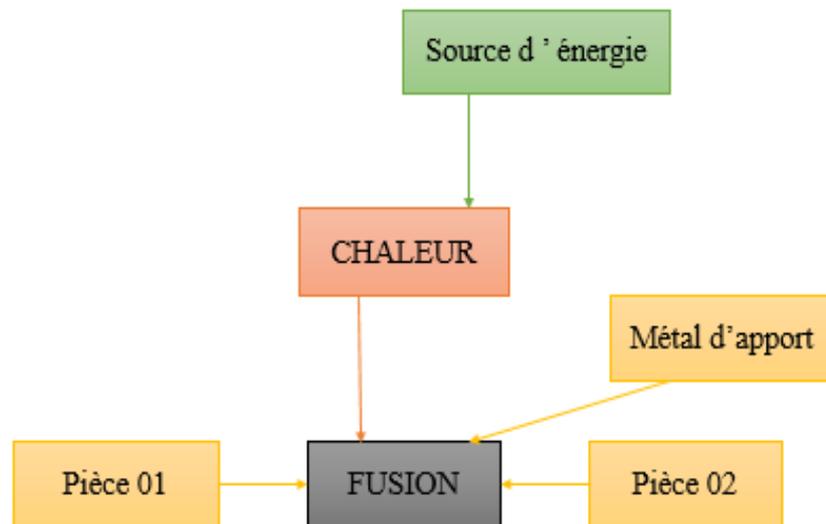
L'introduction massive du soudage par résistance a joué un rôle décisif dans le développement rapide de l'industrie automobile. Parmi les nouveaux processus, on peut citer [3] :

- ❖ 1924 – USA : Soudage avec électrode de tungstène ;
- ❖ 1935 – USA : Soudage sous flux ;
- ❖ 1935 – USA : Soudage vertical sous laitier ;
- ❖ 1950 –1960 : Soudage sous la protection gazeuse ;
- ❖ 1950 –1960 : Soudage avec fils fourrés ;
- ❖ 1950 –1960 : Soudage par explosion ;
- ❖ 1956 – France : Soudage par bombardement électronique ;
- ❖ 1960 : Le premier robot faire son entrée dans les usines ;
- ❖ 1965 : Soudage par laser ;
- ❖ 1991 – Welding Institute : Soudage par friction malaxage.

## 1.2. Généralités sur le soudage

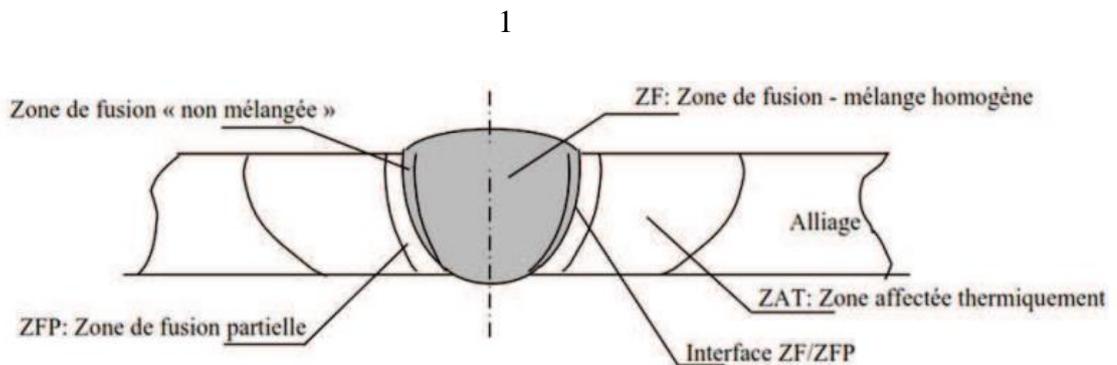
### 1.2.1. Définition

Le soudage est une opération d'assemblage permanent qui assure la continuité métallique entre les pièces à assembler en faisant fondre les bords ensemble ou à proximité l'un de l'autre (figure 1.1). Après solidification, on obtient un joint homogène aux propriétés similaires à celles du métal de base, alors que dans le cas de matériaux dissemblables, le joint est hétérogène [4].



**Figure 1.1.** Principe d'une soudure.

La soudure se décompose en plusieurs zones (figure 1.2) :



**Figure 1.2.** Cordon de soudure [5].

Trois éléments sont nécessaires pour réaliser une soudure :

- ✓ Sources de chaleur : l'arc, la flamme, la pression ou la friction ;
- ✓ Protection : utilisation d'un gaz ou autres substances afin de protéger la soudure de l'air lors du soudage (l'oxygène rend la soudure fragile et poreuse) ;
- ✓ Le matériau d'apport : le matériau utilisé pour assembler les deux parties [5].

### 1.2.2. Forme de soudage

Il existe trois formes de soudage :

- **Soudage homogène** : les deux parties à assembler ont la même constitution physico-chimique, autrement dit le métal d'apport a une constitution physico-chimique similaire à celle du matériau de base [6] ;
- **Soudage hétérogène** : le métal d'apport a une composition physique et chimique différente de celle du matériau de base ou le matériau assemblé ;
- **Soudage autogène** : signifie la participation des bords des pièces assemblées à la composition du joint [1].

### 1.2.3. Type de soudage

Il existe plusieurs types de soudage :

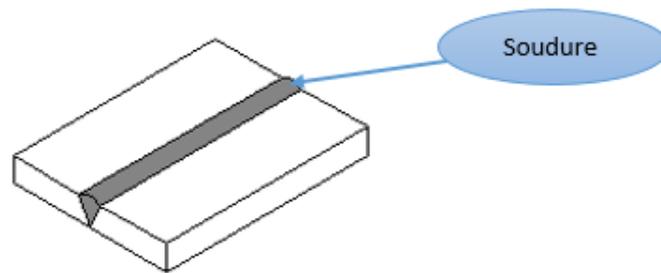
- Soudage à gaz ;
- Soudage à plasma ;
- Soudage à l'arc ;
- Soudage par fusion d'électrons ;
- Soudage par faisceaux laser ;
- Soudage par résistance ;
- Soudage par aluminothermique ;
- Soudage par diffusion ;
- Soudage par friction ;
- Soudage par ultra son ;
- Soudage par explosion ;
- Soudage à l'angle.

### 1.2.4. Type des assemblages soudés

La création d'un joint métallique implique de joindre les surfaces à assembler, de placer un métal d'apport entre elles et de souder en pleine pénétration.

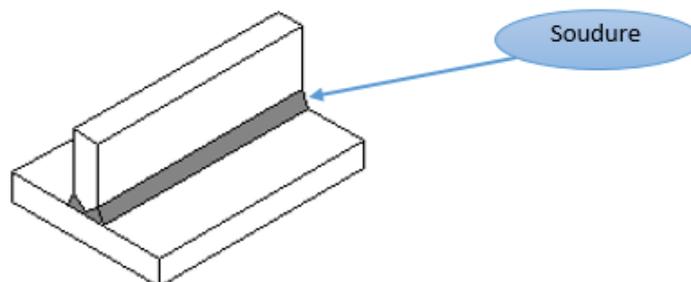
Il existe quatre grands types d'assemblages, chacun ayant ses propres particularités, qui répondent bien à des exigences différentes [7] :

- ✚ Assemblage bout-à-bout ;



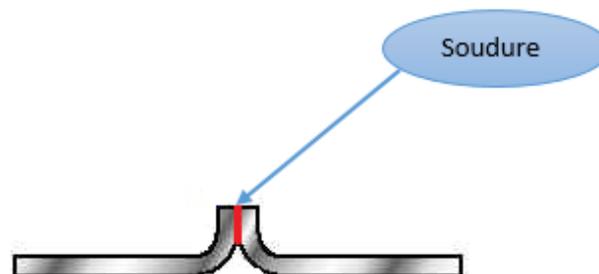
**Figure 1.3.** Assemblage bout-à-bout.

- ✚ Assemblage en coin ou en angles ;



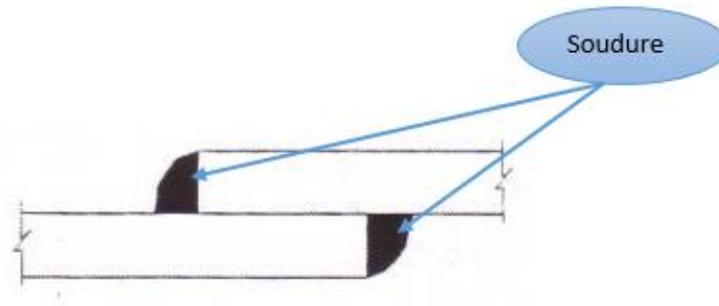
**Figure 1.4.** Assemblage en coin.

- ✚ Assemblage à bords relevés ;



**Figure 1.5.** Assemblage à bords relevés.

✚ Assemblage par recouvrement.



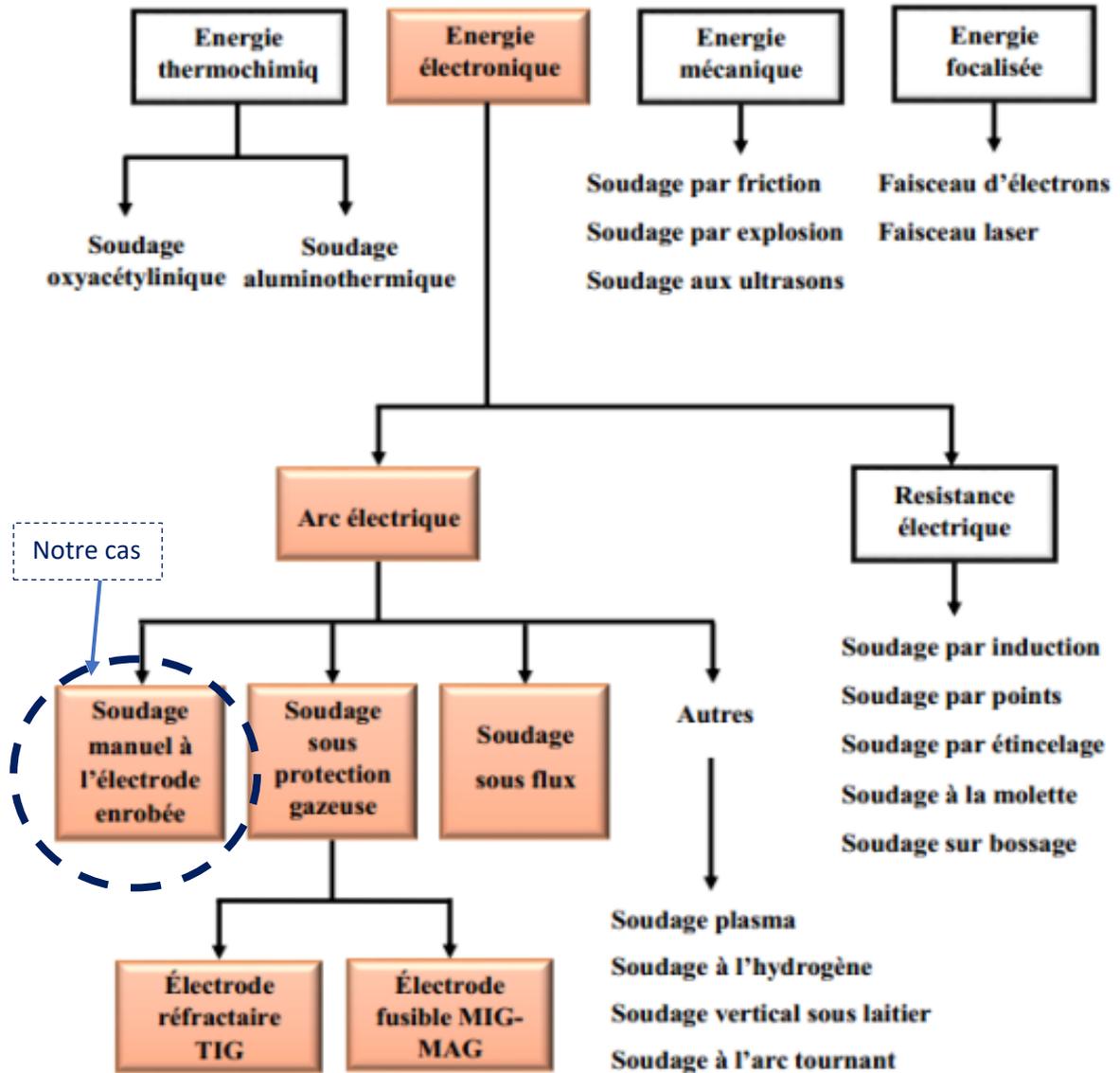
**Figure 1.6.** Assemblage par recouvrement.

### 1.2.5. Procédés de soudage

Il existe plusieurs procédés de soudage, qui peuvent être classés comme suit:

- ❖ Les caractéristiques des matériaux à assembler.
- ❖ Les différentes sources d'énergies utilisées dans le domaine de soudage (chimiques, électriques, optiques, mécanique) (figure 1.7).

Cependant, ces procédés peuvent être classés en fonction de l'énergie utilisée [8] :



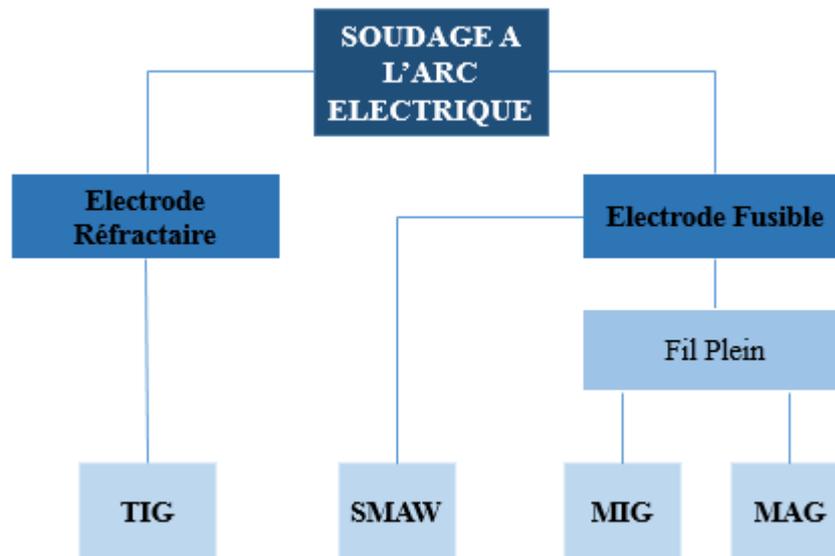
**Figure 1.7.** Classification des procédés de soudage en fonction de l'énergie. [8]

### 1.3. Soudage à l'arc

Le soudage à l'arc est un terme général dans lequel un arc électrique est créé entre une électrode et la pièce à assembler pour provoquer la fusion de la surface et la formation d'un bain de métal en fusion qui se solidifie sans action extérieure.

Les électrodes sont constituées de métaux dont les caractéristiques mécaniques, chimiques et physiques sont très proches de celles des deux pièces à souder.

Le soudage à l'arc électrique comprend plusieurs techniques (figure 1.8) :



**Figure 1.8.** Les différents procédés de soudage à l'arc électrique.

Dans ce projet on va s'intéresser au soudage à l'arc électrique avec électrode enrobée MMA.

### 1.3.1. Soudage à l'arc avec électrode enrobée (MMA) :

Le soudage à l'arc est le procédé le plus couramment utilisé pour les travaux de maintenance et de réparation. Dans ce procédé, un arc électrique est créé entre la pointe de l'électrode et le métal à souder. L'électrode est constituée d'un noyau (âme) métallique, recouvert d'un flux ou d'un revêtement. L'électrode fond au fur et à mesure que l'opération de soudage progresse.

Le flux protège les ions métalliques de l'arc de l'air ambiant et assure ainsi la stabilité de l'arc. Lorsqu'il est fondu, le flux dégage des vapeurs et dépose un laitier protecteur sur le métal en fusion. Ce type de soudage est utilisé pour la réparation sur l'acier doux, l'acier inoxydable, l'aluminium et les métaux non ferreux [8].

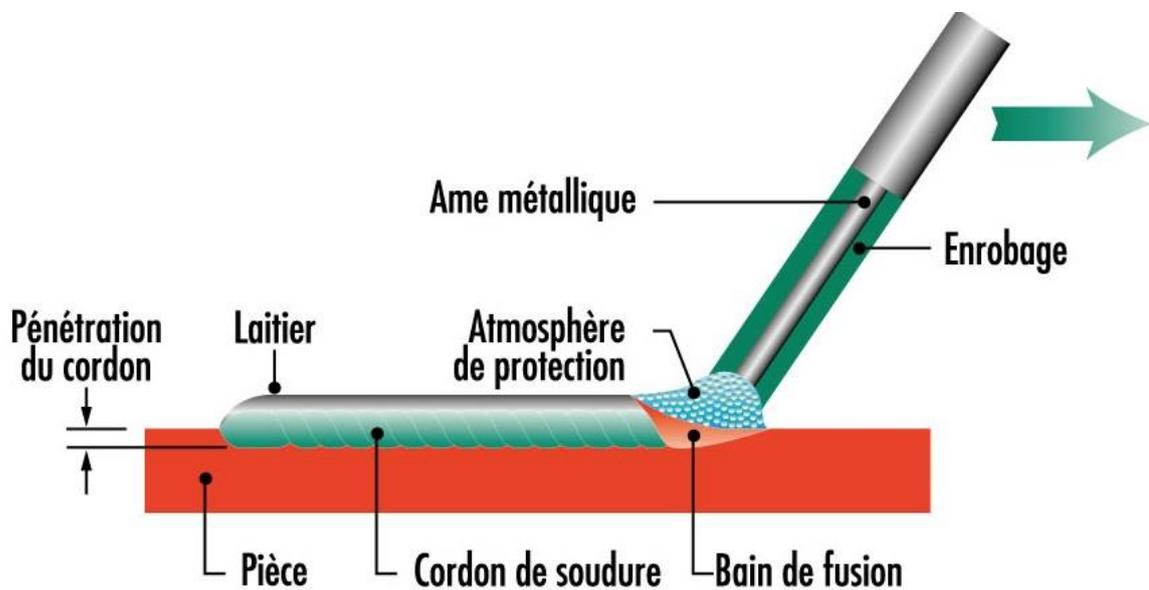
Le procédé de soudage MMA est très populaire, entre autres, pour certaines tâches spécialisées telles que les appareils et les tuyaux sous pression, les réservoirs de stockage, les ponts et les bâtiments ou les navires et les wagons de chemin de fer. Le procédé offre une bonne mobilité et la possibilité de souder à l'air libre sans précautions particulières, par exemple pour des réparations ou des travaux sur des chantiers [9].

### ○ Principe du procédé

Une machine à souder, généralement à courant constant (continu ou alternatif) est reliée à une électrode enrobée et à une pièce de métal à souder, ce qui provoque la création d'un arc électrique, libérant l'énergie nécessaire pour faire fondre le métal d'apport (contenu dans l'électrode) dans le métal à souder. Le flux qui recouvre l'électrode sert à protéger le bain de fusion de la contamination atmosphérique.

Le soudage commence lorsqu'un arc électrique est produit entre la pointe de l'électrode et le métal de base. La chaleur intense de l'arc fait fondre la pointe de l'électrode et la surface du métal de base sous l'arc. De petits morceaux de métal en fusion se forment rapidement sur la pointe de l'électrode, puis passent à travers le flux d'arc dans le bain de soudure en fusion. De cette façon, le métal d'apport est déposé au fur et à mesure que l'électrode se consume.

L'arc est alimenté à la longueur et à la vitesse de déplacement approprié, en fondant partiellement le métal de base et ajoutant du métal d'apport au fur et à mesure de la progression de l'arc (figure 1.9).



**Figure 1.9.** Principe de soudage à l'arc avec électrode enrobée (MMA) [8].

### 1.3.2. Poste de soudage à l'arc

Un poste à souder à l'arc est un transformateur électrique qui convertit le courant faible en courant fort (lumière, chaleur ou travail) pour le soudage, c'est-à-dire que c'est un appareil qui renvoie un courant continu ou alternatif, selon le courant, en générant un arc électrique entre la masse et l'électrode.

Le courant électrique ne peut pas être utilisé directement pour le soudage. Entre la source d'énergie et l'électrode, il doit y avoir une machine qui contrôle l'intensité du courant (sa force), qui est capable de tirer la bonne quantité quand c'est nécessaire et qui peut être utilisée en toute sécurité. Ces machines sont appelées postes de soudage [10]

Il existe trois types de poste à souder :

- ❖ Poste de soudage à courant alternatif (AC) ;
- ❖ Poste de soudage à courant continu (DC) ;
- ❖ Poste de soudage à courant alternatif et continu (AC/DC).

#### Paramètres du poste à souder

Les paramètres de l'appareil sont les suivants :

- La tension : est le réglage d'usine. Il peut être modifié ou non, il affecte l'allumage et non la soudure ;
- L'intensité : est la force de l'arc, plus la valeur est élevée, plus le métal s'échauffe et fond. Il est ajusté en fonction de l'électrode, du matériau, de la disposition et de la position de soudage ;
- Le type de courant : à une grande influence sur le processus d'amorçage, en fonction des électrodes utilisées ;
- La fréquence : généralement est en fonction du secteur, invariable. C'est la vitesse à laquelle l'arc est généré. Elle est de 25 Hz (impulsions par seconde) pour les postes de soudage à courant alternatif "classiques" (en fonction du 50 Hz du réseau). Cette valeur diffère selon le poste de soudure DC ; voir le manuel de l'appareil.

En courant alternatif, il y a 50% de chances que la tige se coince ; en courant continu, l'électrode est généralement connectée au négatif (-) et la masse au positif

(+). Sinon, le cordon de soudure est peu profond mais présente un bon aspect de surface avec les baguettes compatibles [11].

## 1.4. Les électrodes

### 1.4.1 Définition

Les électrodes (également appelées électrodes rutiles ou baguettes de soudure) sont des conducteurs électroniques ou ioniques, utilisés dans les systèmes de production de courant et dans l'électrolyse, où ces systèmes sont des collecteurs de courant [10].

### 1.4.2 Propriétés des électrodes

Le noyau de l'électrode, qui est la partie métallique qui forme le centre de l'électrode. Il conduit l'énergie électrique vers l'arc et fournit le métal d'apport nécessaire au soudage.

L'enrobage (le revêtement) est la partie cylindrique extérieure de l'électrode. Il a également plusieurs fonctions [10] :

- ✚ Le métal fondu réagit très facilement avec l'oxygène et l'azote pour devenir un produit faible, il est donc nécessaire de protéger le métal de base et le métal d'apport si l'on veut obtenir une soudure de bonne qualité, cette protection provient de la fusion de l'enrobage (les couches) ;
- ✚ L'âme fond plus rapidement que l'enrobage, laissant une partie saillante qui dirige et concentre la chaleur de l'arc à l'endroit souhaité ;
- ✚ Grâce à l'enrobage, le métal en fusion est recouvert de laitier, ce qui protège la soudure pendant le refroidissement et améliore sa forme. Ces scories (laitier) sont éliminées lorsque le métal a refroidi.

### 1.4.3. Identification des électrodes

Pour simplifier le choix de la bonne électrode pour un travail spécifique, l'AWS (American Welding Society) a établi un code de chiffre qui est accepté et utilisé dans l'industrie, on aura pour exemple E6013, E4510 ou E7010 ...etc. (figure 1.10).

- La lettre E indique qu'il s'agit d'une électrode pc cette électrode pour souder à l'arc ;

- Les deux premiers chiffres multipliés par 1000 donnent la résistance à la traction en MPA (Megapascal) du métal de la soudure ;
- Le troisième chiffre indique dans quelle position on peut souder avec cette électrode ;
  - Si on a le chiffre 1 : on peut souder à n'importe quelle position ;
  - Si on a le chiffre 2 : seul le soudage à plat est autorisé ;
- Le dernier chiffre indique la polarité et le type de courant de soudage (alternatif ou continu).



**Figure 1.10.** Etiquette de la boîte des électrodes enrobées pour soudage à l'arc électrique.

#### 1.4.4. Types d'électrodes

Pour le soudage des métaux de base tels que l'acier au carbone (fer), l'acier inoxydable, la fonte et l'acier allié avec le procédé SMAW, il existe plusieurs types de revêtements :

- Enrobage Rutile ;
- Enrobage Basique ;
- Enrobage Cellulose ;
- Enrobage Acide ;
- Enrobage Oxydant.

En l'occurrence, dans ce projet, notre attention sera porté davantage sur l'enrobage rutile et basique :

#### 1.4.4.1. Electrode basique

Les électrodes universelles sont des électrodes grises dont le noyau est composé principalement de carbonate de calcium et d'alliages et de fondants (spath fluor) qui réduisent la température de fusion [13].

Les caractéristiques de cette électrode sont les suivants :

- Peut être utilisé pour le soudage, l'assemblage ou la réparation de pièces en acier ;
- Peut être utilisé dans toutes les positions sauf verticales descendantes ;
- Très fragiles, elles doivent toujours être stockées dans un endroit sec, en fait il est recommandé de les étuver (minimum à 350°C pendant 2 heures) avant de souder si possible ;
- Très maniable, facile à mettre en place et maintient un arc stable qui pénètre très bien le métal ;
- Excellente résistance aux fissures ;
- Excellente résistance à la température jusqu'à -50°C ;
- Il exige plus d'expérience de la part du soudeur, car il est nécessaire d'assurer un arc court ;
- Généralement utilisé en courant continu, en polarité inversée, mais peut également être utilisé en courant alternatif avec une tension en circuit ouvert supérieure à 60 V.

Il est souvent utilisé dans les domaines de la forge, de la mécano-soudure ou de la chaudronnerie. Il peut aussi être utilisé dans les charpentes, les entrepôts, les chantiers navals, les châssis, les chaudières ou les appareils à pression [14].

#### 1.4.4.2. Électrodes rutile

L'électrode en rutile possède une âme en acier, un enrobage en dioxyde de titane pour un aspect grisâtre à l'extrémité.

Les caractéristiques de cette électrode sont les suivants :

- Il utilise le courant alternatif, même lorsque la tension du poste à souder est très faible, c'est-à-dire qu'il ne consomme pas beaucoup de tension ;
- Il peut être utilisé dans toutes les positions ;

- Cela garantit un très bon aspect du cordon qui est toujours homogène ;
- Il garantit un enrobage de qualité qui peut être utilisé sans difficulté sur tous les types d'acier classiques du marché ;
- La fusion de cette barre est très douce pour un laitier, qui peut être enlevé très facilement ;
- La soudure offre des qualités mécaniques exceptionnelles pour une excellente résistance à l'abrasion ou aux chocs répétés ;
- Cela permet de souder en courant continu ou alternatif.

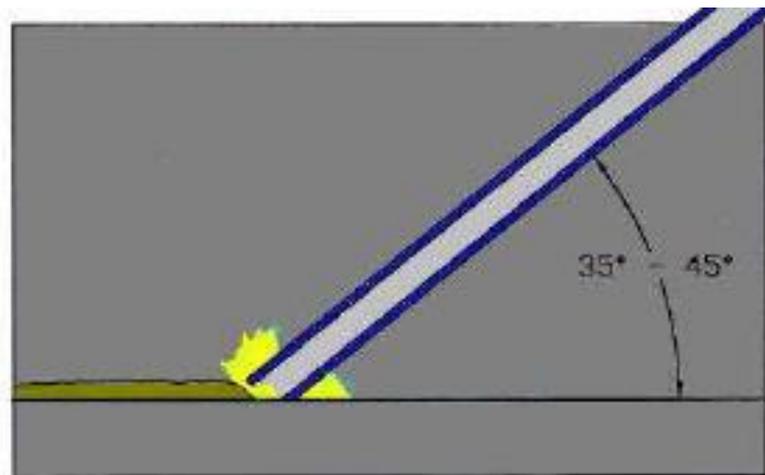
Il peut facilement être utilisé pour une large gamme de travaux traditionnels de bricolage en métal, tels que la réparation, l'assemblage, la tuyauterie, ainsi qu'en menuiserie, serrurerie ou métallerie [15].

#### 1.4.5. Angle de soudage

L'angle de l'électrode enrobée est très important, il influence la pénétration. Le métal d'apport se concentre dans la direction dans laquelle l'électrode est orientée comme le canon d'un pistolet [16].

Lors du soudage, l'électrode doit respecter deux angles d'inclinaison (figure 1.11) :

- Une inclinaison transversale ;
- Une inclinaison par rapport à la direction d'avancement.



**Figure 1.11.** Angle de soudage [17].

L'inclinaison de l'électrode dans le sens de l'avancement (angle de guidage) est généralement comprise entre  $35^\circ$  et  $45^\circ$ . Une légère modification de l'angle du guide

peut affecter la vitesse d'avance, la largeur du cordon et la profondeur de la pénétration [17].

#### 1.4.6. Vitesse de déplacement du soudage

La vitesse de déplacement est la vitesse à laquelle l'arc de soudage se déplace par rapport à la pièce à souder. La vitesse de déplacement, tout comme le courant, joue un rôle direct dans l'apport de chaleur dans la pièce. Des vitesses plus rapides produisent moins de chaleur dans la pièce et réduisent le dépôt de métal de soudure. Le choix de la vitesse de déplacement est généralement guidé par la productivité, avec le désir évident de souder le plus rapidement possible. La vitesse de déplacement est indépendante du courant et de la tension et peut être contrôlée par le soudeur ou mécanisée [18].

À cet effet, notre but étant de mécaniser le geste manuel du soudeur, nous avons besoin d'intégrer les engrenages et leurs différents systèmes.

### 1.5. Les engrenages

#### 1.5.1 Définition :

Les engrenages sont des mécanismes de base composés de deux ou plusieurs systèmes de transmission de mouvement, roues dentées, vis sans fin, pignon crémaillère et vis écrou..., qui peuvent se déplacer autour d'un axe invariable de position relative. L'une des deux entraîne l'autre par l'action des dents qui se touchent successivement (figure 1.12) [19].



**Figure 1.12.** Les engrenages.

Les engrenages sont utilisés pour transmettre le mouvement et la puissance entre deux arbres qui peuvent avoir des positions différentes. En raison de leur prix de revient modéré, ils présentent l'avantage d'un excellent rendement (en général) et d'un encombrement assez faible [19].

### 1.5.2 Transformation mouvement

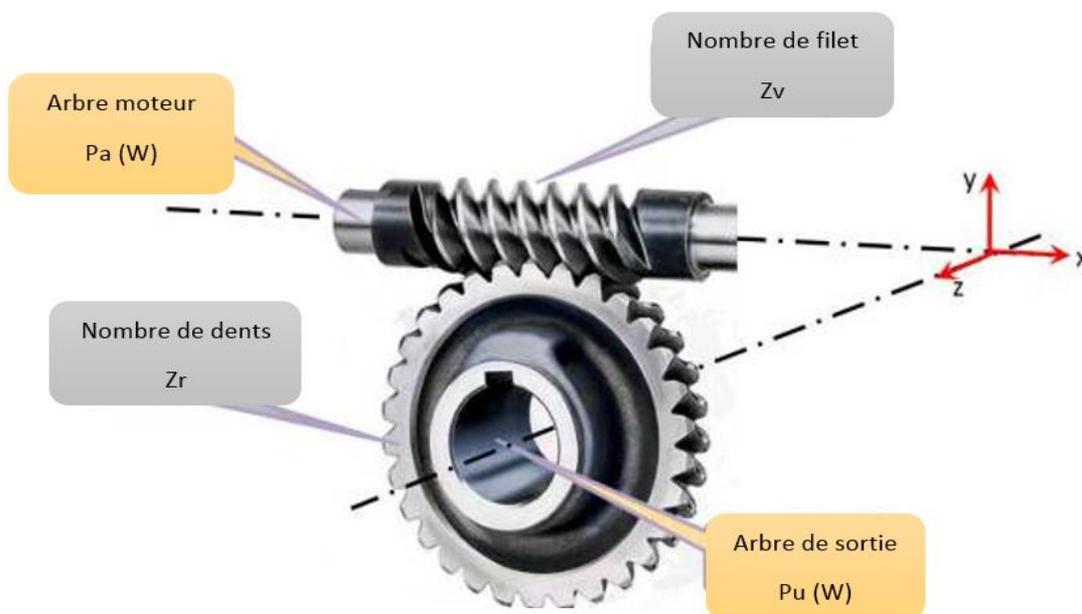
La transformation du mouvement est une fonction mécanique complexe qui consiste à transmettre le mouvement d'une pièce à une autre, en changeant sa nature. Le type de mouvement change, passant d'un mouvement de rotation à un mouvement de translation ou vice versa.

#### 1.5.2.1. Transformation de rotation en rotation

##### a. Système vis sans fin et roue hélicoïdale

Les systèmes à vis sans fin et roue permettent de réduire la vitesse de rotation et/ou le couple, et il est également possible de changer l'axe de rotation avec un encombrement minimal.

Le mouvement est transmis à l'aide d'une vis sans fin dont un ou plusieurs fils s'engrènent dans la roue. Le sens de l'hélice est le même pour la vis sans fin et la roue (figure 1.13) [20].

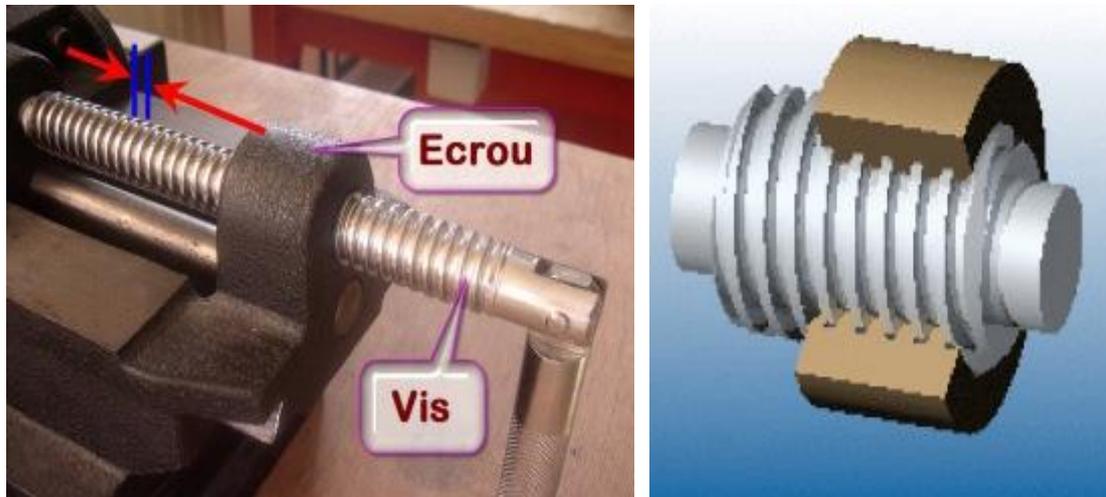


**Figure 1.13.** Système engrenage vis sans fin et roue à denture hélicoïdale.

### 1.5.2.2. Transformation de rotation en translation ou inversement

#### a. Système vis sans fin et écrou

Le système à vis et écrou convertit le mouvement de rotation en mouvement de translation en combinant le mouvement de la vis et de l'écrou (figure 1.14).



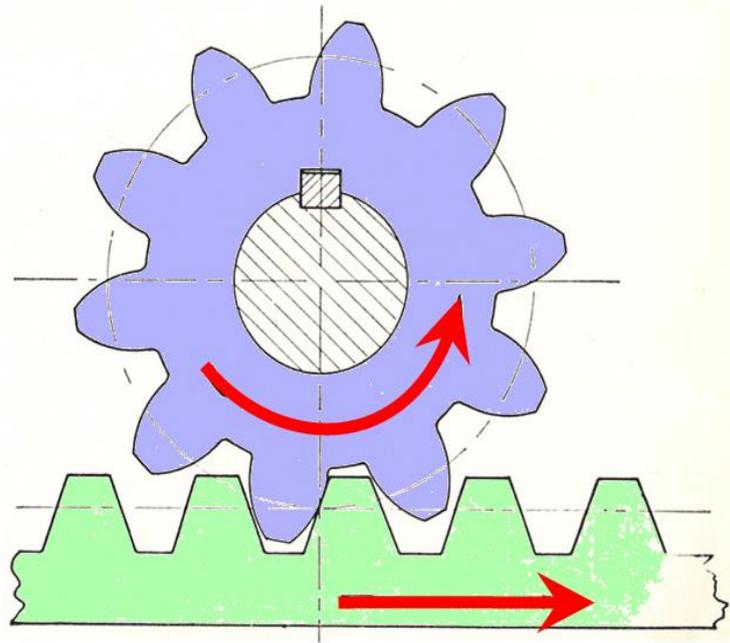
**Figure 1.14.** Système vis sans fin et écrou.

Dans notre système, c'est la vis qui joue le rôle d'organe moteur. Dans ce cas, le mouvement de rotation de la vis est converti en un mouvement de translation pour l'écrou [21].

#### b. Système pignon-crémaillère

Le système à pignon-crémaillère transforme le mouvement de rotation du pignon en un mouvement de translation de la crémaillère ou vice versa.

Ce système se compose d'une roue dentée appelée "pignon" et d'une tige dentée appelée "crémaillère". Lorsque le pignon tourne, ses dents s'engagent avec celles de la crémaillère et déplacent cette dernière dans un mouvement de translation (figure 1.15).



**Figure 1.15.** Système pignon-crémaillère.

Si la crémaillère se déplace, les dents de cette dernière s'engagent dans les dents du pignon, qui subit un mouvement de rotation. Il s'agit donc d'un système réversible [22].

### 1.5.3 Avantage et inconvénient des systèmes d'engrenages (tableau 1.1)

Les systèmes	Avantages	Inconvénient
<b>Système vis sans fin et roue hélicoïdale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Transmission de puissances élevées</li> <li>○ Peu de vibrations, silencieux</li> <li>○ Durée de vie importante</li> <li>○ Fiable</li> <li>○ Rapport de réduction important avec un encombrement réduit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nécessite un assemblage précis</li> <li>○ Rendement plus faible que des engrenages classiques</li> <li>○ Nécessite une lubrification</li> </ul>
<b>Système vis sans fin et écrou</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ce mécanisme permet d'exercer des forces et des pressions importantes.</li> <li>○ Il permet aussi des ajustements fins.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ce mécanisme génère beaucoup de frottement.</li> <li>○ Sa fragilité peut entraîner des problèmes de guidage.</li> <li>○ Le système est lent à moins d'avoir un pas de vis important.</li> </ul>
<b>Système pignon-crémaillère</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Il n'y a aucun glissement lors de la transformation de ce mouvement.</li> <li>○ La force de ce système est relativement grande.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Les engrenages qui sont utilisés peuvent nécessiter une lubrification importante.</li> <li>○ Ce mécanisme nécessite un ajustement précis à cause des dents entre la roue et la crémaillère.</li> <li>○ Il y a beaucoup d'usure.</li> <li>○ Ce n'est pas un mouvement cyclique, c'est un mouvement fini (on doit s'arrêter lorsqu'on est rendu au bout de la crémaillère).</li> </ul>

**Tableau 1.1.** Avantages et inconvénients des systèmes d'engrenages [23].

# Chapitre 2

## **Différents mécanismes automatiques du Soudage**

## Introduction

Le choix de l'automatisation du procédé de soudage opère pour diverses raisons :

- Techniques ;
- Organisationnelles ;
- Economiques.

Tous les acteurs s'accordent pour reconnaître que c'est la technique idéale pour obtenir des soudures nettes, propre et de qualité.

Ce chapitre va entamer les procédés de soudage automatique tels que le soudage robotisé et les cobots.

### 2.1. Soudage automatique

Un bras articulé à six axes, installé discrètement dans les sites américains de General Motors au début des années 1960, fut le premier robot à faire son entrée dans les usines.

Le soudage automatique est un terme générique désignant les procédés de soudage utilisant un équipement qui guide le soudage sans qu'un opérateur soit nécessaire pour qu'il fonctionne en continu.

Il implique l'utilisation de la technologie qui permet de consolider les matériaux plus rapidement, plus sûrement et plus efficacement que les humains. L'automatisation du soudage se présente sous de nombreuses formes [24].

#### 2.1.1. Différents types de soudage automatique

Les méthodes de soudage automatique peuvent être regroupées en deux catégories : le soudage automatique, qui utilise des machines à souder automatiques, et le soudage robotisé, qui est effectué par des robots [25].

##### 2.1.1.1. Le soudage automatique

Le soudage automatique est utilisé pour répéter le soudage en continu dans une chaîne de fabrication [24].

###### a. Type de soudage automatique et leur application

Il existe plusieurs types de soudage automatique (tableau 2.1).

<b>Types de soudage automatique</b>	<b>Application</b>	<b>Méthode de soudage</b>
<b>Soudage par fusion automatique</b>	Assemblage de carrosseries, de châssis et de pièces de voitures et de motos ou de matériaux de construction.	Soudage à l'arc (TIG, MAG, MIG et plasma), soudage laser.
<b>Soudage sous pression automatique</b>	Assemblage de châssis de voiture et de motos, et de pièces métalliques.	Soudage par points par résistance.
	Réservoirs ou canalisations nécessitant une étanchéité élevée.	Soudure continue.
	Panneaux extérieurs et matériaux de sol des voitures, des avions et des trains.	Soudage par friction-malaxage (FSW).
<b>Brasage / soudage automatique.</b>	Composants électriques.	Soudage par faisceau d'électrons.
	Tuyaux d'équipement de refroidissement, vannes, petites pièces de voitures et de motos.	Brasage au four, brasage par faisceau d'électrons.

**Tableau 2.1.** Type et méthode de soudage automatique et leur application [26].

### 2.1.1.2. Le soudage robotisé

Le soudage robotisé est une version avancée du soudage automatique qui utilise la technologie des robots pour permettre un niveau supérieur de soudage automatique

#### a. Présentation

Le soudage robotisé est l'une des applications robotiques les plus répandues dans le secteur industriel, principalement dans le secteur automobile au cours des dernières décennies (figure 2.1).



**Figure 2.1.** Un robot durant une opération de soudage.

Ce processus de soudage est automatisé à l'aide d'un robot qui effectue et réalise le soudage selon un programme, qui peut être reprogrammé pour s'adapter au projet en cours [27].

### **b. Application du soudage robotisé**

Le soudage robotisé est actuellement très important dans l'industrie métallurgique et lourde, notamment dans l'industrie automobile. Grâce à l'utilisation d'axes externes, le robot convient également aux longues soudures, par exemple dans l'industrie de la construction navale [28].

Le soudage robotisé est principalement utilisé dans la production en série, où l'efficacité et la quantité sont essentielles. Les programmes peuvent être conçus pour répondre à tous les besoins, et la robotique peut être utilisée pour des productions plus petites, voire uniques, tout en maintenant une rentabilité élevée [27].

### **c. Type de procédés de soudage robotisé et leur utilisation**

Il existe plusieurs types de procédés de soudage robotisé, chacun avec ses propres avantages et types d'applications. Voici quelques-unes des formes les plus courantes de soudage robotisé (tableau 2.2) :

<b>Le procédé de soudage</b>	<b>Principe du procédé</b>	<b>L'utilisation du procédé</b>
<b>Soudage par résistance</b>	Un courant électrique passe entre deux pièces métalliques et la chaleur générée forme un bain de soudure qui assemble ensuite les	Ce procédé est la forme la plus économique de soudage robotisé et est idéal pour les projets de traitement thermique

	deux pièces.	
<b>Soudage par points</b>	Un type de soudage par résistance qui relie des métaux minces qui résistent au courant électrique.	Ce procédé est couramment utilisé dans l'industrie automobile pour connecter des cadres en tôle.
<b>Soudage TIG</b>	Un processus de haute qualité pour former un arc entre une électrode de tungstène non consommable et une pièce métallique. Également connu sous le nom de soudage à l'arc sous gaz tungstène (GTAW)	Ce procédé est utilisé lorsque la précision est essentielle.
<b>Soudage MIG</b>	Un processus à haut taux de dépôt qui implique l'alimentation continue du fil de soudage dans une pointe de soudage chauffée. Également connu sous le nom de soudage sous protection gazeuse (GMAW).	Ce procédé est idéal pour les applications nécessitant la simplicité et la rapidité du système.
<b>Soudage au laser</b>	un générateur laser délivre, via un câble à fibre optique, une lumière laser à travers une tête de coupe robotisée pour souder des pièces ensemble.	Ce procédé est souvent utilisé dans des applications de grand volume qui exigent une grande précision, comme dans le secteur automobile ou dans les industries médicales ou de la bijouterie.
<b>Soudage au plasma</b>	un gaz ionisé passe à travers une buse en cuivre pour produire des températures extrêmement élevées.	Ce procédé est utilisé lorsqu'une certaine flexibilité est requise, car la vitesse et les températures peuvent être facilement ajustées.

<b>Soudage à l'arc</b>	un arc électrique entre une électrode et une base métallique produit une chaleur intense pour fondre et mélanger deux pièces.	Ce procédé est utilisé pour les applications nécessitant une grande précision et une grande répétabilité.
------------------------	---	---

**Tableau 2.2.** Type de procédés de soudage robotisé et leur utilisation [29].

### b. Equipement de soudage robotisé

Le soudage robotisé combine :

- Le soudage ;
- La robotique ;
- La technologie des capteurs ;
- Les systèmes de contrôle ;
- L'intelligence artificielle.

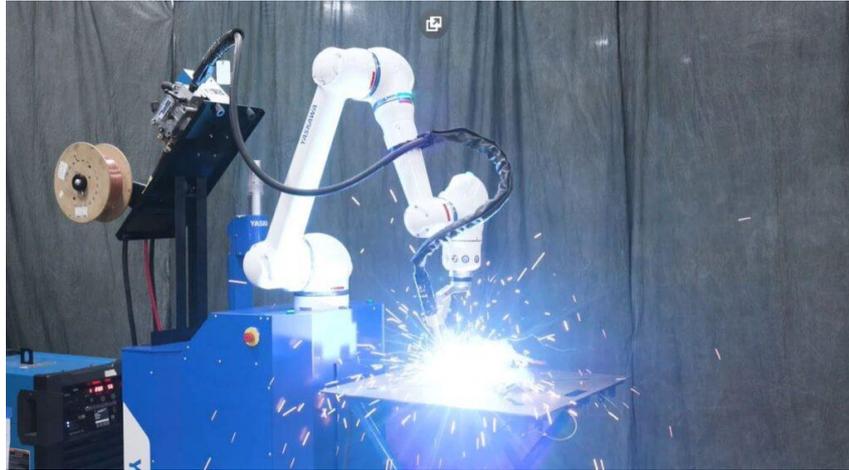
Les composants incluent :

- le logiciel avec une programmation spécifique ;
- l'équipement de soudage qui fournit l'énergie à la pièce ;
- le robot utilisant l'équipement pour réaliser le soudage.

Les capteurs du robot mesurent les paramètres des procédés de soudage et les capteurs géométriques mesurent les paramètres géométriques de la soudure. En acquérant et en analysant les informations d'entrée des capteurs, le système de contrôle adapte la sortie du procédé de soudage robotisé en fonction des spécifications de la procédure de soudage définies dans le programme [30].

#### 2.1.1.3. Les cobots

Les cobots (robots collaboratifs travaillant à proximité immédiate des personnes) sont une technologie émergente dans le domaine de l'automatisation, dont les solutions sont encore en cours de développement. Le système est toujours un robot industriel, mais il possède une interface utilisateur intuitive qui est moins intimidante et moins coûteuse pour les opérations à adopter comme première étape vers l'automatisation, en particulier pour les opérations de production de pièces simples (figure 2.2) [31].



**Figure 2.2.** Un cobot durant une opération de soudage.

#### 2.1.1.4. La différence entre le soudage robotisé et le soudage cobot

Les cobots sont très différents des robots industriels traditionnels. Voici les principales différences qui permettent aux cobots de changer la donne dans la robotique (tableau 2.3) :

	<b>Les cobots (robots collaboratifs)</b>	<b>Les robots industriels traditionnels</b>
<b>La conception</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Dimension compactes.</li> <li>❖ Occupe peu d'espace.</li> <li>❖ Aisément redéployés et modulaires (adaptable a différents déploiements).</li> <li>❖ Poids légers (40% plus légers que les robots industriels traditionnels).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Dimension volumineuse.</li> <li>❖ Exigent un espace immense.</li> <li>❖ Installation fixe.</li> <li>❖ Poids lourds (généralement au moins 50kg)</li> </ul>
<b>La sécurité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Protection de sécurités intégrées.</li> <li>❖ Les capteurs détectent les forces extérieures (s'arrêtent automatiquement si un obstacle est détecté).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Protection de sécurités physiques indispensables.</li> <li>❖ Pas de capteur de force intégré (il est dangereux pour les humains de travailler à proximité immédiate).</li> </ul>

<b>L'utilisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Tout le monde peut être formé (programmation).</li> <li>❖ Installation rapide (temps moyen nécessaire pour l'installation et de 0.5 jour)</li> <li>❖ Polyvalence déploiement flexible (parfaits pour des petites séries très hétéroclites).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Expertise de programmation indispensable.</li> <li>❖ Installation difficile (avec couts additionnels).</li> <li>❖ Installés pour ne remplir qu'une seule fonction.</li> </ul>
----------------------	---	--

**Tableau 2.3.** Différence entre les cobots et les robots [32].

### 2.1.2. Les Avantages du soudage automatique

Le soudage automatique permet de [33] :

- ✚ Améliorer les performances, la vitesse et la précision, qui sont toutes nécessaires au bon fonctionnement d'une ligne de production de haute qualité ;
- ✚ Il permet moins de gaspillage de matériau, Réduire le temps consacré au nettoyage des soudures, et renforcer la sécurité ;
- ✚ Un fonctionnement continu pendant une période plus longue que ce que l'on pourrait autrement voir en production ;
- ✚ Avoir un niveau de qualité supérieur, de la réduction des erreurs de l'opérateur ;
- ✚ d'atteindre des endroits inaccessible, d'obtenir des résultats précis, plus rapides, ainsi réduire les déchets et de renforcer la sécurité. Cela libère du temps de production et permet une plus grande flexibilité.

# Chapitre 3

Présentation et étude  
dimensionnelle du mécanisme à  
souder

## Introduction

Cette partie du mémoire permet de mettre en évidence un mécanisme de soudage 100% mécanique.

Tout d'abord, on va détailler les paramètres de soudage pour le mécanisme à l'aide d'une expérience de soudage faite dans un atelier spécialisé.

Ensuite on va présenter le mécanisme à souder (solidworks) en expliquant le fonctionnement de chaque organe et système de ce dernier.

En fin, ça nous permettra d'amener le dimensionnement, l'étude des calculs du mécanisme ainsi que les résultats obtenus.

### 3.1. Les paramètres de soudage pour notre mécanisme

Expérience faite le 11 juin 2022 dans un atelier de soudage (figure 3.1).

#### 3.1.1. Matériels et données utilisés

- Poste à Souder AC ARC WELDER 380 V (figure 3.14) ;
- Électrode rutile de diamètre 3.25 mm
- Intensité 135 AMP.



**Figure 3.1.** Les résultats des deux essais de l'expérience du soudage.

Grâce à cette expérience les paramètres de soudage sont :

- ❖ Vitesse de soudage ;

- ❖ Intensité de soudage.

### 3.1.2. Vitesse de soudage

✚ Résultat trouvé :

- Cordon de 250 mm
- Temps 40 S

La vitesse linéaire :  $V_s = \frac{D}{T}$  ..... (1)

- $V_s$  : Vitesse lainière (mm/min)
- D : distance (mm)
- T : Temps (min)

A.N :

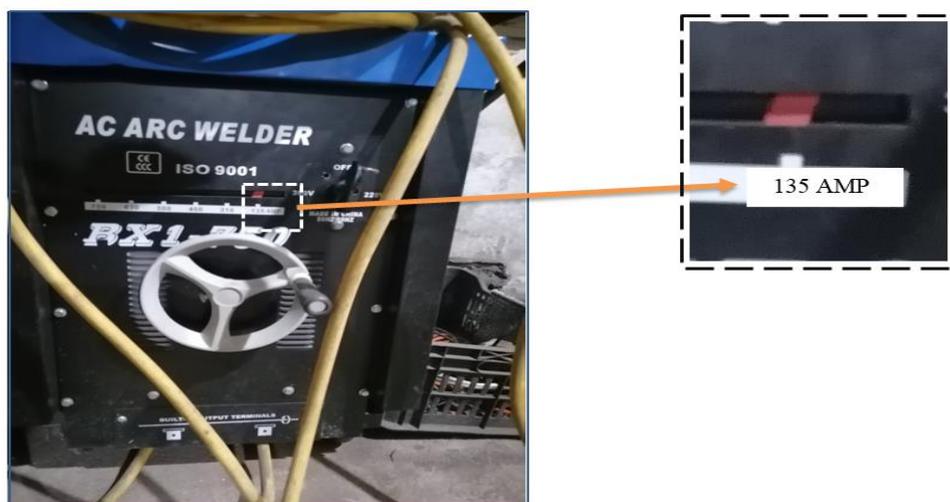
vitesse de soudage et :  $V_s = \frac{250}{40/60}$

$V_s = 375 \text{ mm /min}$

### 3.1.3. Intensité du soudage

Avant de commencer n'importe quelle opération de soudage on doit d'abord régler notre poste à souder en termes d'intensité (figure 3.2), et ce réglage dépend de l'épaisseur de la plaque à souder et du diamètre d'électrode.

Notre étude s'est portée sur une électrode rutile de diamètre 3.25 mm et d'une intensité de 135A.



**Figure 3.2.** Le poste à souder utilisé et l'ampérage utilisé.

D'après les résultats trouvés dans l'expérience précédente notre solution technique (mécanisme) comporte :

- Châssis qui supporte tout le mécanisme ;
- Système de guidage translation de l'électrode avec deux axes de translation différent, suivant la vitesse de soudage trouvée ;
- Système de guidage manuel rotationnel, suivant la vitesse de soudage trouvée.

### **3.2. Présentation du mécanisme semi-automatique du soudage**

C'est un mécanisme semi-automatique (système de guidage manuel) du procédé de soudage SMAW à la baguette enrobée (figure 3.3).

Il est formé de plusieurs systèmes engrenages qui permettent des transformations de rotation en rotation, ou de rotation en translation :

- Système vis sans fin écrou ;
- Système vis sans fin et roue dentée hélicoïdale ;
- Système pignon crémaillère ;
- Système roue dentée arbre de transmission ;
- Système de cirage.

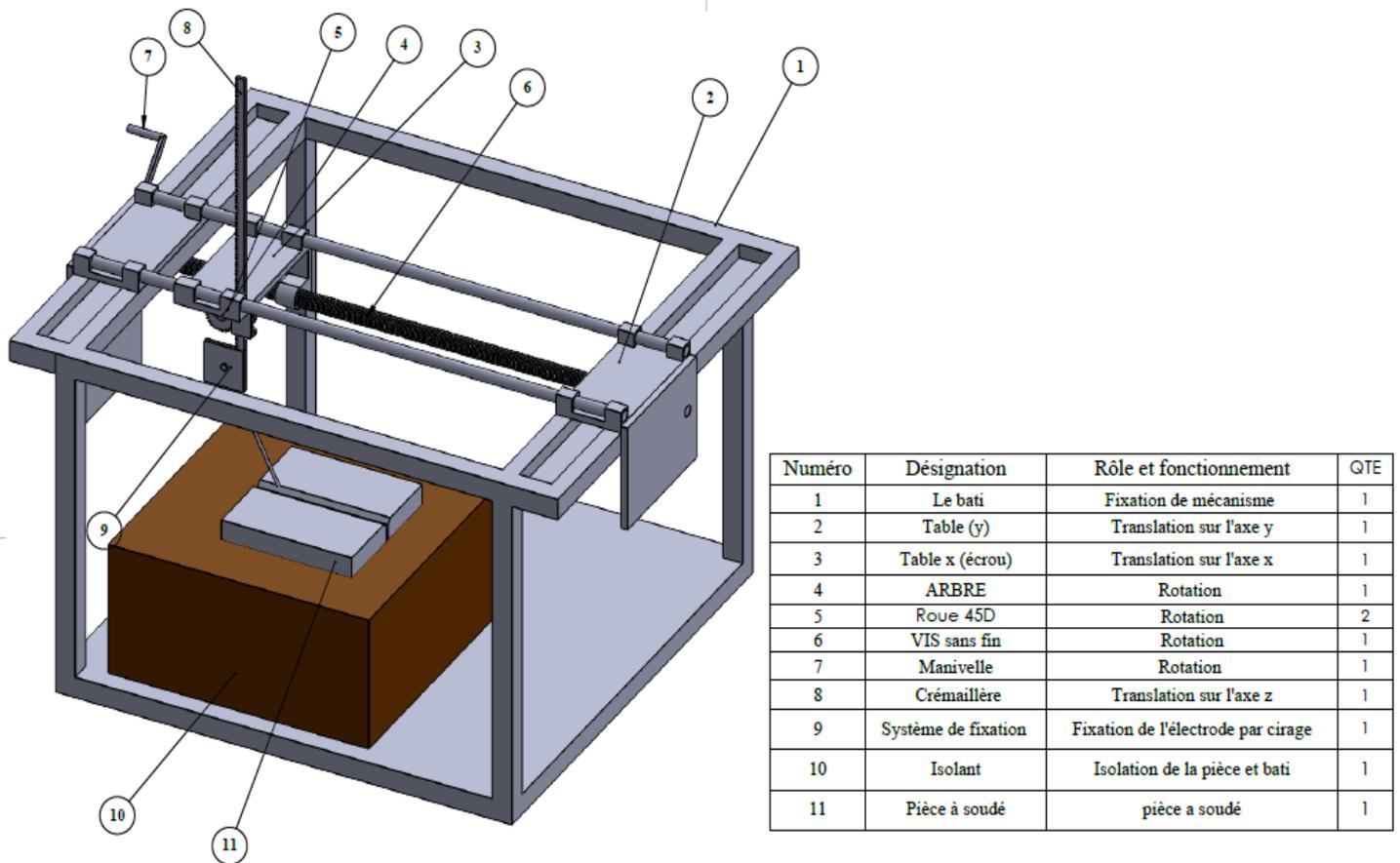
Il est aussi formé de plusieurs organes :

- Un châssis ;
- La table porte électrode ;
- Manivelle.

#### **3.2.1. Le but du mécanisme**

Le but de notre étude, en l'occurrence le mécanisme est de simplifier son utilisation afin de garantir son accessibilité aux juniors.

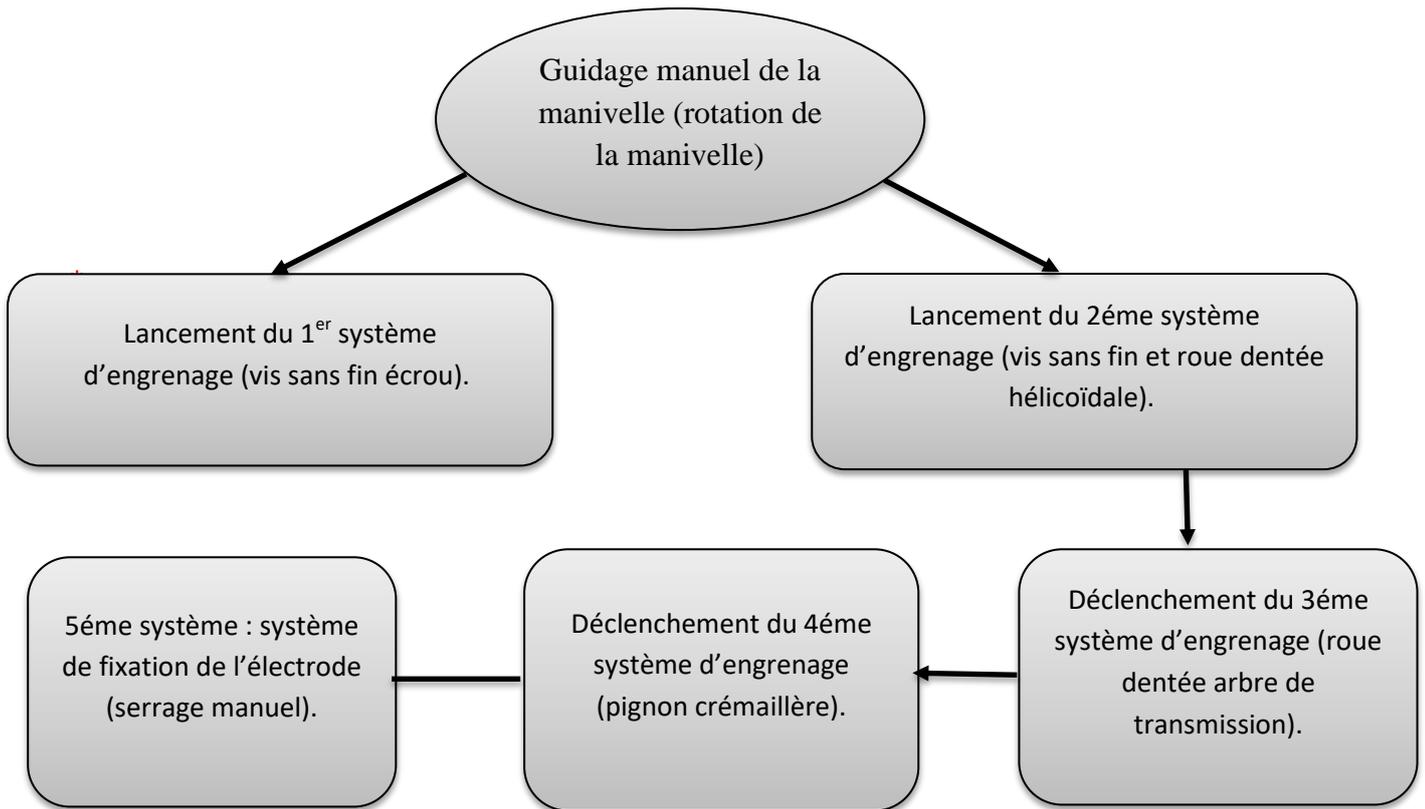
Pour avoir une meilleure qualité de soudage par apport au soudage manuel, de ce fait, deux paramètres très importants dans ce procédé (la vitesse d'avance de la baguette et la vitesse de fusion) doivent être équilibrés, notamment, notre mécanisme donne l'opportunité de souder en plusieurs positions grâce au système de fixation de la baguette qui permet de choisir divers angles de soudage.



**Figure 3.3.** Le mécanisme de soudage et ses différents organes.

### 3.3. Le fonctionnement du mécanisme

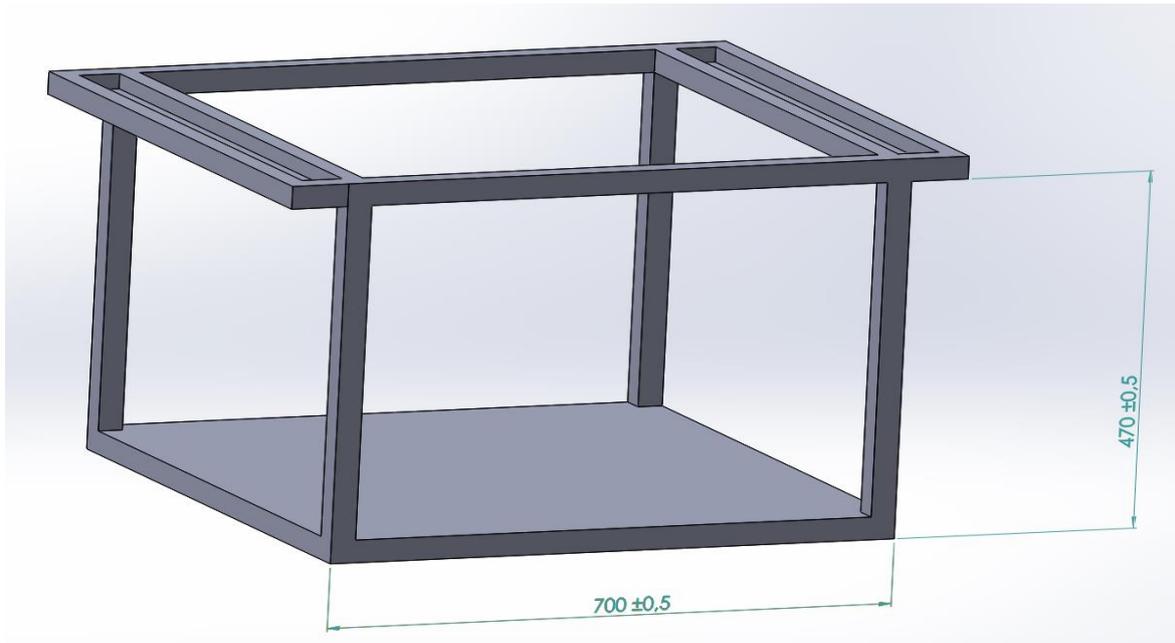
Transformation du mouvement rotationnel manuel vers deux mouvements de translation suivant deux axes différents (figure 3.4).



**Figure 3.4.** Fonctionnement du mécanisme du soudage semi-automatique.

### 3.3.1. Châssis du mécanisme :

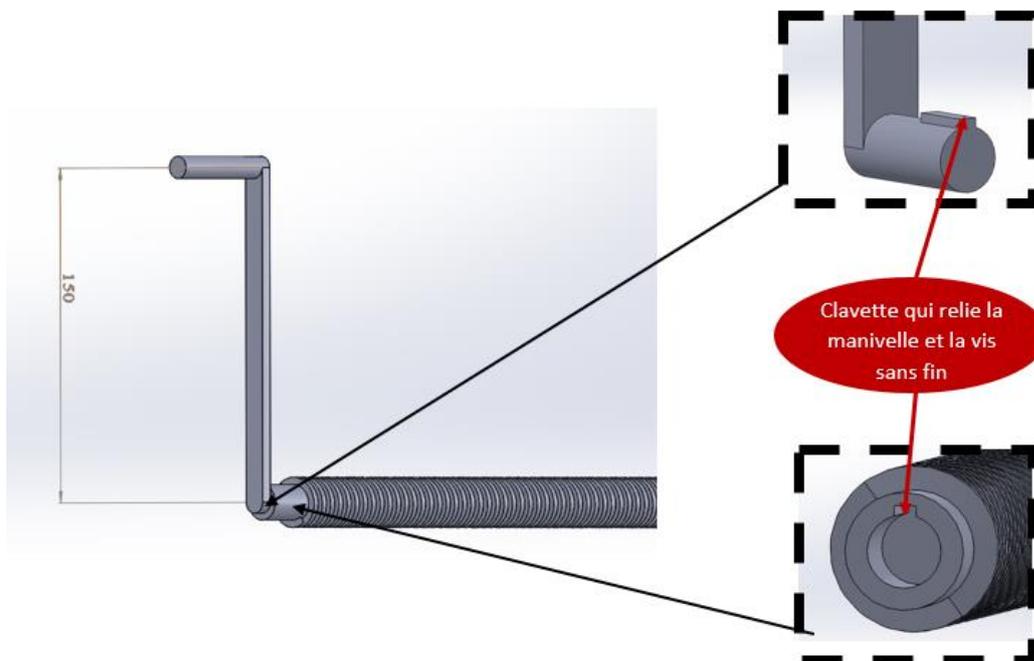
Le châssis (bâti) est un organe important pour le fonctionnement du mécanisme, c'est l'ossature de toutes les pièces, son rôle est d'absorber les vibrations et maintenir le mécanisme fixe (figure 3.5).



**Figure 3.5** Bâti du mécanisme.

### 3.3.2. Manivelle du mécanisme

La manivelle est le premier composant mécanique qui déclenche le mécanisme de soudage en imprimant un mouvement de rotation à la vis sans fin qui est actionné manuellement (figure.3.6).



**Figure 3.6.** Manivelle du mécanisme.

### 3.3.3. Les systèmes de guidage pour l'électrode

#### 3.3.3.1. Premier système vis écrou

Après un guidage manuel rotative de la manivelle (figure 3.13), la rotation de la vis sans fin provoque un déplacement de l'écrou (figure 3.8) qui fait un mouvement de translation, et qui translate la table porte électrode (table x) pour lui donner une vitesse d'avance pendant le procédé de soudage (figure 3.7).

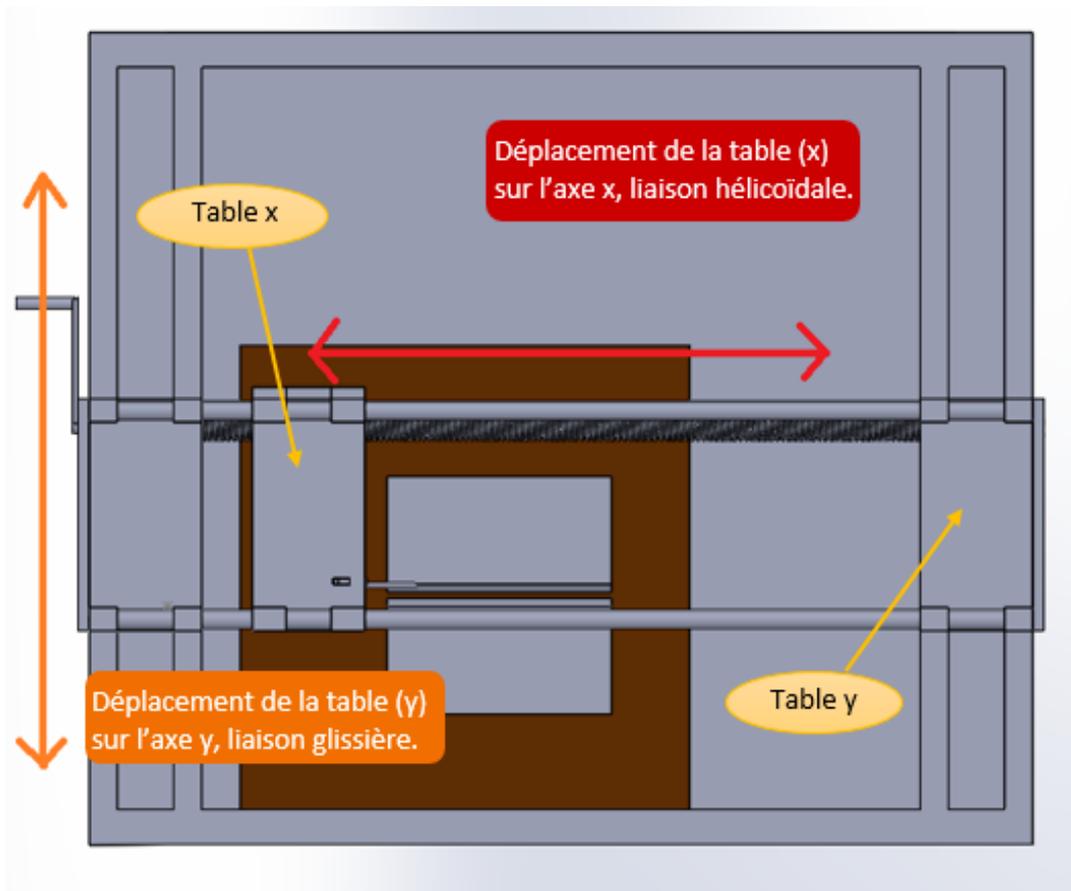
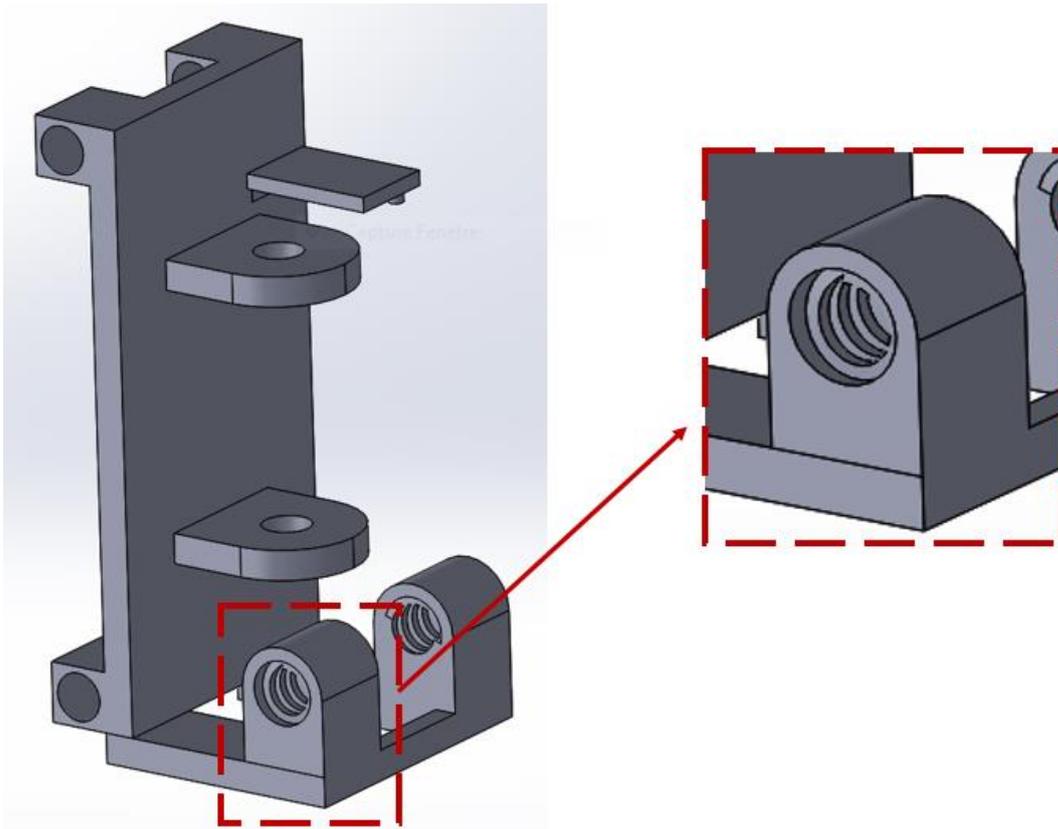


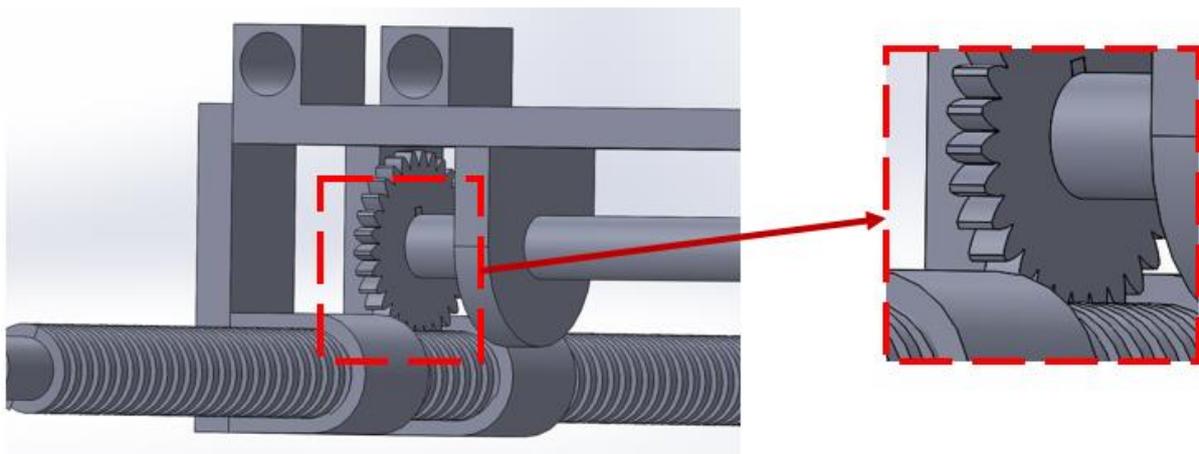
Figure 3.7. Le déplacement de la table (x) et (y).



**Figure 3.8.** Ecrou (Table porte de l'électrode).

### 3.3.3.2. Deuxième système vis sans fin roue denté hélicoïdale

Après un guidage manuel rotative de la manivelle, la vis sans fin (même que celle du 1<sup>er</sup> système) transfère un mouvement rotatif vers la roue dentée hélicoïdale (figure 9).



**Figure 3.9.** Engrange vis sans fin roue dentée.

### 3.3.3.3. Troisième système roue dentée arbre de transmission

La roue dentée du deuxième système transmettra le mouvement rotatif au pignon à travers l'arbre de transmission. (Figure 3.10).

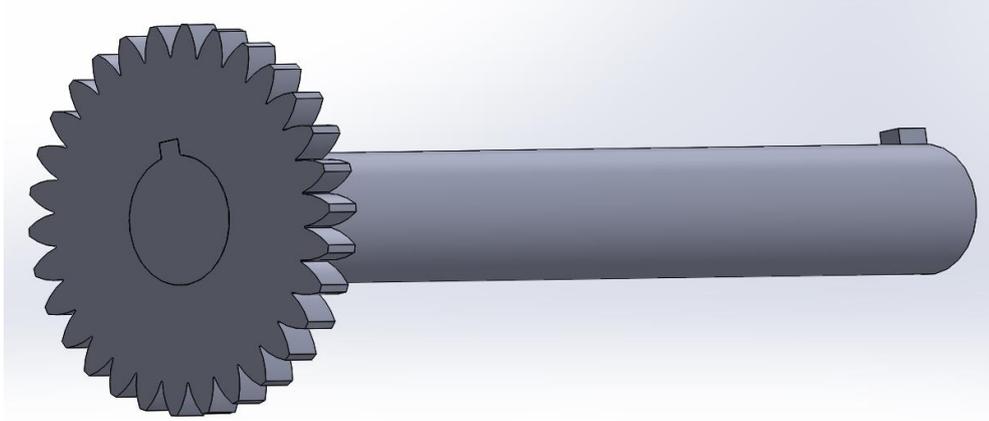


Figure 3.10. Roue dentée arbre de transmission.

### 3.3.3.4. Quatrième système pignon crémaillère :

Le mouvement rotationnel transféré au pignon par le troisième système provoque une translation de la crémaillère, ce dernier est responsable de la vitesse de consommation d'électrode pendant le procédé de soudage (figure 3.11).

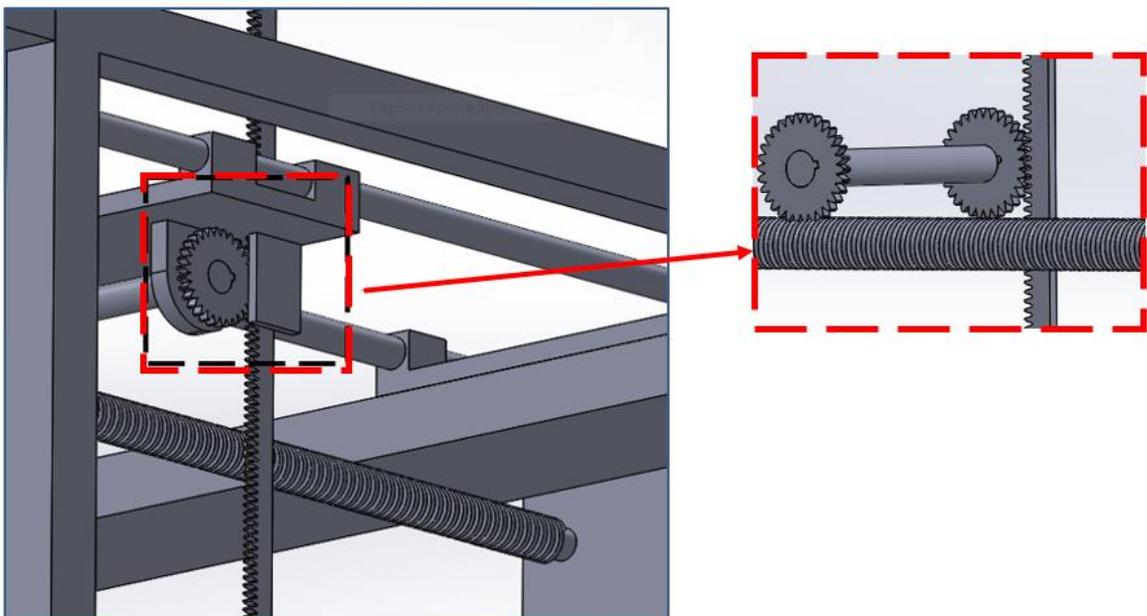


Figure 3.11. Système pignon crémaillère.

### 3.3.3.5. Cinquième système de fixation d'électrodes

C'est un système de fixation d'électrode en serrage, qui permet de fixer ce dernier à plusieurs positions (divers angles de soudage), à l'aide de deux plaquettes métalliques et d'un simple boulon (figure 3.12). Ce qui nous permettra d'utiliser n'importe quels types d'électrodes.

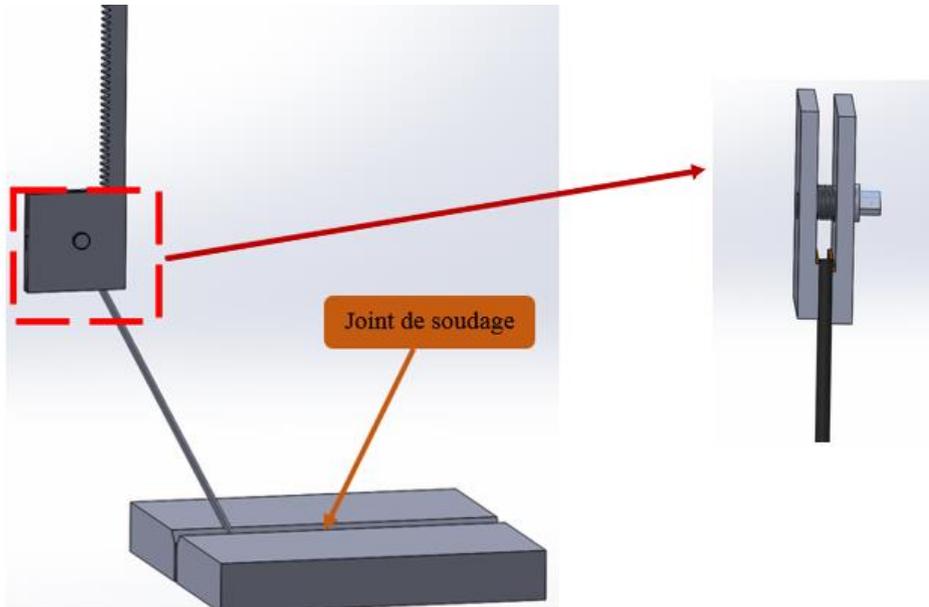


Figure 3.12. Système de fixation de l'électrode.

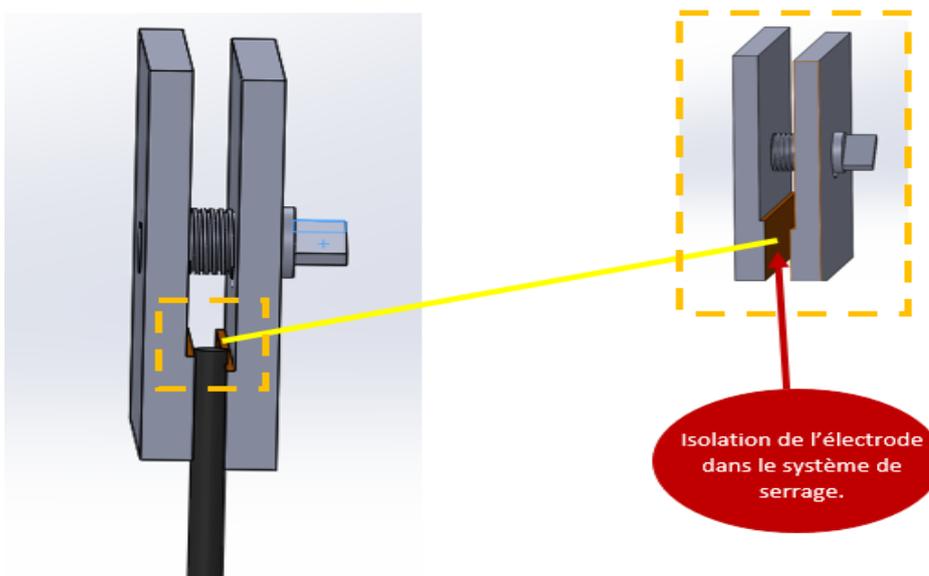
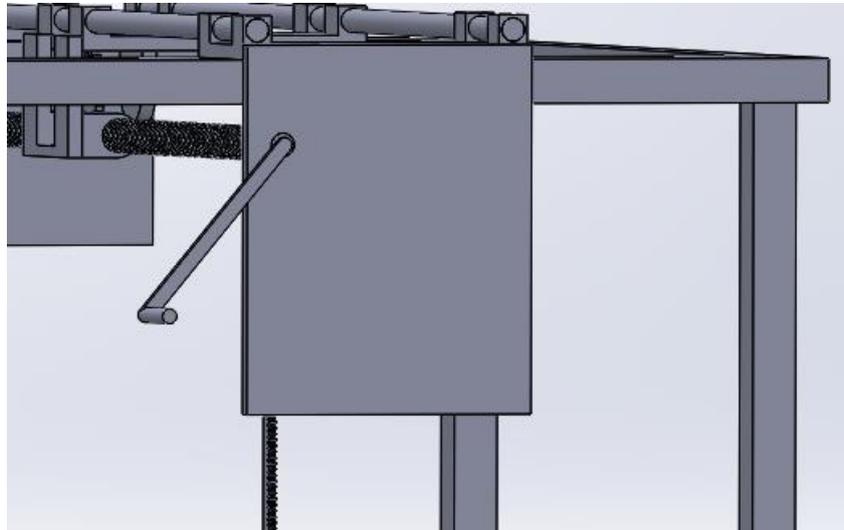


Figure 3.13. Isolation de l'électrode.

### 3.4. Dimensionnement des pièces importantes

#### 3.4.1 Dimensionnement du diamètre de la vis sans fin

D’abord on calcule l’effort appliquée sur la manivelle par la main (figure 3.14) :



**Figure 3.14.** Manivelle du mécanisme.

On suppose que :

- La force manuelle appliquée est d’envron 20 N.
- Manivelle de 150 mm de bras de levier.

Donc la force appliquée sur la manivelle considérée comme le moment de torsion  $M_t$ .

$M_t = \text{force manuelle} * \text{rayon de manivelle}$

A.N

$$M_t = 20 * 150 = 3000 \text{ N.mm}$$

$M_t = 3 \text{ N.m}$
-----------------------

A partir de là on calcule le diamètre :

On a  $\theta_{\max} \leq \theta_{\text{Lim}}$  avec  $\theta_{\text{Max}} = \frac{M_t \max}{G I_G} \dots\dots\dots(2)$

Et  $I_G = \frac{\pi d^4}{32} \dots\dots\dots(3)$

- $\theta_{\text{Lim}}$  : angle limite de torsion

- IG : moment quadratique
- G : facture géométrique

On remplace l'équation (3) dans l'équation (2) on trouve :

$$\frac{Mt \max}{G * \frac{\pi d^4}{32}} \leq \theta \text{ Lim}$$

$$\frac{32 Mt \max}{G \pi d^4} \leq \theta \text{ Lim}$$

On trouve l'équation pour le diamètre :

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 Mt \max}{G \pi \theta \text{Lim}}}$$

$$\text{A.N} \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32 * 3000}{8 * 10^4 \pi \frac{0,5 \pi}{180 * 10^3}}}$$

$$\text{On a} \quad \theta \text{ Lim} = \frac{0,5 \pi}{180} \text{ rad/m}$$

$$G = 8 * 10^4 \text{ N/mm}^2$$

Donc on trouve :

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{96000}{2,191}} \quad d \geq 14,46 \text{ mm}$$

Et pour ce diamètre on prend une valeur normalisée dans le tableau annexe des diamètres vis sans fin donc :

$$d_f = 16 \text{ mm}$$

Et on le concédera comme diamètre de pied de la vis  $d_f$

### 3.4.2. Calcul de la contrainte tangentielle $\tau$ max de torsion

$$\text{On a} \quad \tau_{\max} = \frac{K_t Mt}{\frac{IG}{\rho_{\max}}} \dots \dots \dots (4)$$

- $K_t$  : facture géométrique de clavette

On a :

$$K_t = 3,85$$

$$\rho_{\max} = \frac{df}{2}$$

On remplace les valeurs d'IG, Kt,  $\rho_{\max}$  et Mt dans l'équation (3) on trouve

$$\tau_{\max} = \frac{16 kt Mt}{\pi d^3}$$

$$\tau_{\max} = \frac{16 \cdot 3,85 \cdot 3000}{\pi \cdot 16^3}$$

$$\tau_{\max} = 14,37 \text{ N/mm}^2$$

### 3.4.3. Détermination de la condition de résistance et le choix du matériau

On a  $\tau_{\max} \leq \frac{Reg}{S}$  .....(5)

- Reg : résistance élastique en glissement
- S : coefficient de sécurité (On prend S = 2 selon le tableau des annexes)

$$Reg \geq \tau_{\max} * S$$

$$Reg \geq 14,37 * 2$$

$$Reg \geq 28,74 \text{ N/mm}^2$$

Après on détermine la résistance élastique à la traction :

On a  $Reg = 0,7 Re$ .....(6)

$$\text{Donc } Re = \frac{Reg}{0,7} = \frac{28,74}{0,7}$$

$$Re = 41,06 \text{ N/mm}^2$$

D'après les calculs faits, l'acier ordinaire de  $Re = 350 \text{ N/mm}^2$  est le meilleur choix à faire pour la fabrication du mécanisme.

3.4.4. Calcul des efforts tangentiels sur la roue et la vis sans fin

Pour calculer le module on doit d'abord calculer les efforts tangentiels sur la roue et la vis sans fin (figure 3.15) :

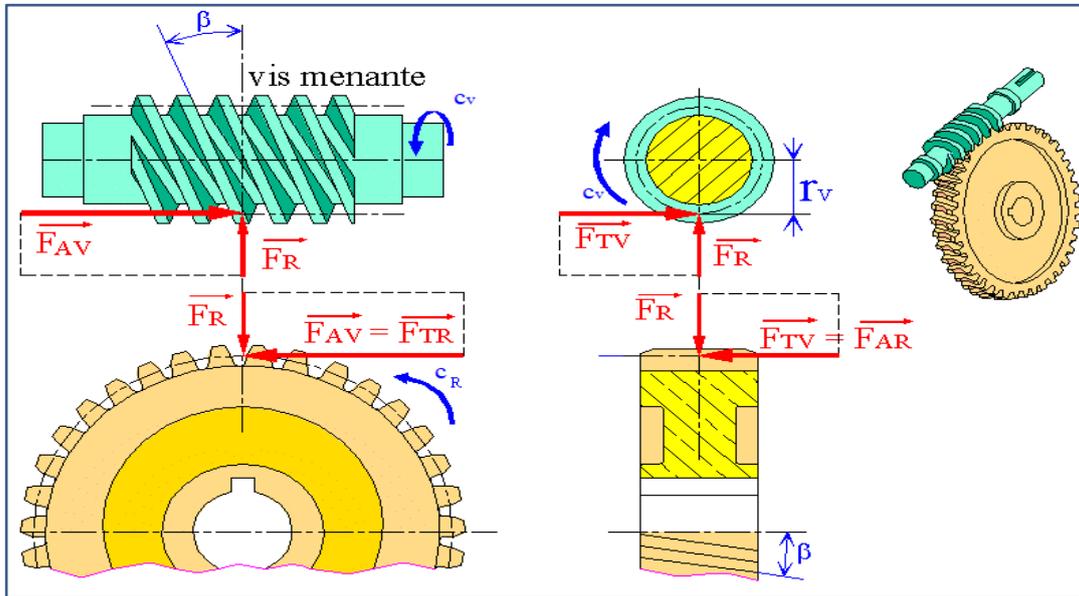


Figure 3.15. Ensembles des efforts appliqués sur la vis et roue [19].

- $F_{AV}$  : Force axiale de la vis
- $F_{TR}$  : Force tangentielle de la roue
- $\beta$  : Angle d'hélice
- $C_V, C_R$  : Couple transmis vis et roue
- $r_v$  : rayon de la vis

On remarque que l'effort axial de la vis ( $F_{AV}$ ) est le même que l'effort tangentielle de la roue ( $F_{TR}$ ), et on sait que  $F_{AV} = F_{TR} = \frac{F_{TV}}{\tan \beta}$  .....(7)

$$F_{TV} = \frac{C_V}{r_v} \text{ .....(8)}$$

On a  $C_V$  : couple appliqué sur la vis et considérez le moment  $M_t$  appliqué sur la manivelle par la main

$$C_V = M_t = 3 \text{ N.m}$$

Donc on calcule  $F_{TV} = \frac{C_V}{r_v} = \frac{3000}{8} = 375$

$$F_{TV} = 375 \text{ N}$$

Après on calcule  $F_{TR} = \frac{FTV}{\tan \beta} = \frac{375}{\tan 30} = 649,5$   $F_{TR} = 649,5 \text{ N}$

- on prend l'angle d'hélice  $\beta = 30^\circ$  (Selon le tableau des annexes)
- ❖ On remarque que l'effort tangentiel appliqué sur la roue est plus élevé que l'effort appliqué sur la vis donc on calcule le module ( $m_n$ ) sur la roue

### 3.4.5. Calcul du module ( $m_n$ )

On a  $m_n = 2,34 \sqrt{\frac{FTR}{K Rpe}} \dots\dots\dots(9)$

$Rpe = \frac{Re}{S} \dots\dots\dots(10)$

- $F_{TR}$  : Force tangentiel sur la roue ;
- $K$  : Coefficient de largeur de denture, entre 6 à 10 (on prend 10) ;
- $Rpe$  : résistance pratique de matériau utilisé (acier ordinaire  $Re = 350 \text{ N/mm}^2$ ).

A.N :  $m_n = 2,34 \sqrt{\frac{649,5}{10 \cdot \frac{350}{2}}} = 1,42506$

- ❖ Donc on prend une valeur normalisé du module tableau d'annexe

$Mn = 1,5 \text{ mm}$

## 3.5. Etude d'engrenage

### 3.5.1 Caractéristique de la vis sans fin

Même module normale pour la roue et la vis  $m_n = 1,5 \text{ mm}$

Et on a une relation entre le diamètre de pied de la vis ( $d_f$ ) et le diamètre primitif ( $d_p$ ) et le diamètre de tête de la vis ( $d_a$ ) (figure 3.16) :

Par l'étude de la RDM on définit le diamètre de pied de la vis  $d_f = 16 \text{ mm}$

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| ○ $d_f = d_p - 2,5 m_n$ | A.N : $d_f = 16 \text{ mm}$                |
| ○ $d_p = d_f + 2,5 m_n$ | $d_p = 16 + 2,5 * 1,5 = 19,75 \text{ mm}$  |
| ○ $d_a = d_p + 2 m_n$   | $d_a = 19,75 + 2 * 1,5 = 22,75 \text{ mm}$ |

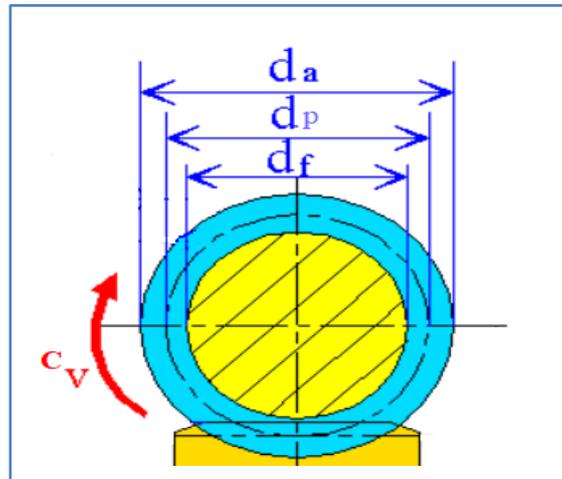


Figure 3.16. Vue de face de la vis sans fin.

✓ Les principales caractéristiques de la vis sans fin de notre système (tableau 3.1) :

Caractéristique	Symbole ISO	Formules	A.N (mm)
nombre de filet de la vis	$Z_V$	$Z_V = 1, 2, 3 \dots$	$Z_V = 1$
module axial vis	$m_x$	$m_x = p_x/p = m_n/\cos\beta$	$m_x = 1,73$
pas axial de la vis	$P_X$	$p_x = \pi m_x$	$P_X = 5,43$
pas de l'hélice	$P_Z$	$P_Z = Z_V \cdot P_X$	$P_Z = 5,43$
diamètre de tête vis	$d_a$	$d_a = d_p + 2m_n$	$d_a = 22,75$
diamètre primitif vis	$d_p$	$d_p = d_f + 2,5 m_n$	$d_p = 19,75$
diamètre de pied vis	$d_f$	$d_f = d_p - 2,5 m_n$	$d_f = 16$
Entraxe	$A$	$a = (d_v + d_R)/2$	$a = 32,4$

Tableau 3.1. : Caractéristiques de la vis sans fin de notre système.

### 3.5.2 Caractéristique de la roue dentée hélicoïdale

- Par étude de la RDM on a trouvé le module de la roue  $m_n = 1,5$  mm
- Les diamètres de la roue on les trouve avec les rapports des vitesses ;
- Angle d'hélice de la roue  $\beta_R$  :  $\beta_R + \beta_V = 90^\circ$ .

✓ Les principales caractéristiques de la roue dentée hélicoïdale de notre système (tableau 3.2) :

Caractéristique	Symbole ISO	formules	A.N (mm)
Module réel	$m_n$	Le même de la vis	$m_n = 1.5$
Pas réel	$P_n$	$P_n = \pi m_n$	$P_n = 4.71$
Pas apparent	$P_t$	$P_t = P_n / \cos\beta$	$P_t = 5.41$
Saillie	$h_a$	$h_a = m_n$	$h_a = 1.5$
Creux	$h_f$	$h_f = 1.25 m_n$	$h_f = 1.875$
Hauteur de dent	$H$	$h = h_a + h_f$	$h = 3.375$
Entraxe	$A$	$a = (d_v + d_R)/2$	$a = 32,4$
Sens d'hélice		Le même sens pour la roue et la vis	
Angle d'hélice	$\beta_R$	$\beta_R + \beta_V = 90^\circ$	
Nombre des dents	$Z_R$	$Z_R = 30$ dents	

Tableau 3.2. Caractéristiques de la roue dentée hélicoïdale.

### 3.5.3. Etude de système pignon crémaillère

#### 3.5.3.1. Caractéristique pignon

- Pignon à denture droite (figure 3.17)
- On garde le même module normal 1.5 mm

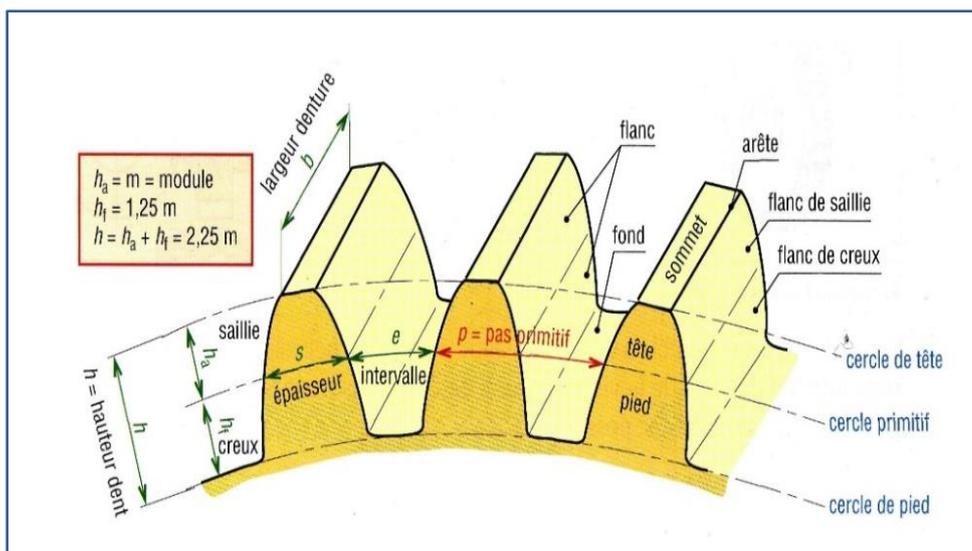


Figure 3.17. Pignon à denture droite.

✓ Les principales caractéristiques de pignon de notre système (tableau 3.3) :

Caractéristique	Symbole ISO	Formules	A.N (mm)
Module réel	$m_n$	Le même de la vis	$m_n = 1.5$
Pas réel	$P_n$	$P_n = \pi m_n$	$P_n = 4.71$
Saillie	$h_a$	$h_a = m_n$	$h_a = 1.5$
Creux	$h_f$	$h_f = 1.25 m_n$	$h_f = 1.875$
Hauteur de dent	$H$	$h = h_a + h_f$	$h = 3.375$
Entraxe	$A$	$a = (d_v + d_R)/2$	$a = 30$
Nombre des dents	$Z_P$	$Z_P = 30$ dents	

Tableau 3.3. Caractéristiques de pignon de notre système.

3.5.3.1. Caractéristique de la crémaillère (figure 3.18)

- par condition d'engrangement avec le pignon donc on garde le même module normale 1.5 mm
- angle de pression appliqué  $\alpha = 20^\circ$

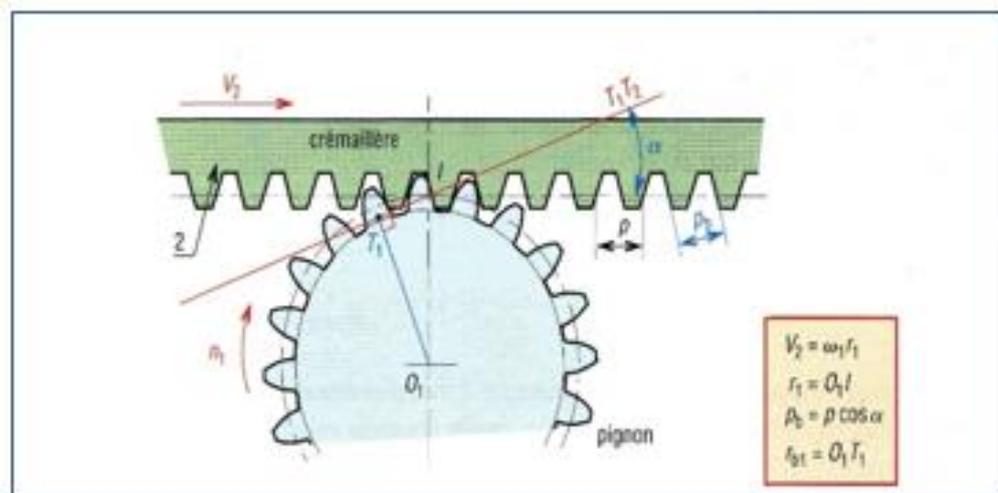


Figure 3.18. Pignon et crémaillère.

✓ Les principales caractéristiques de la crémaillère de notre système (tableau 3.4) :

Caractéristique	Symbole ISO	Formules	A.N (mm)
Module réel	$m_n$	Le même de la vis	$m_n = 1.5$
Pas réel	$P_n$	$P_n = \pi m_n$	$P_n = 4.71$
Ligne de pied	$L_f$	$L_f = 0.25m_n$	$L_f = 0.375$
Ligne de référence	$L_R$	$L_R = m_n$	$L_R = 1.5$
Ligne de tête	$L_a$	$L_a = 0.25 m_n$	$L_a = 0.375$

**Tableau 3.4.** Caractéristiques de la crémaillère de notre système.

### 3.6. Calcul des rapports de vitesse du mécanisme

#### 3.6.1. Calcul de la vitesse de rotation de la vis

On a  $V = N * P_X$  .....(11)

Donc  $N = V/P_X$

Et on a la vitesse de déplacement linéaire de notre table (écrou)  $V = 375$  mm/min  
(vitesse linéaire trouvée dans l'expérience précédente)

- V : la vitesse linéaire d'écrou
- N : la vitesse de rotation de la vis
- $P_X$  : pas axial de la vis

A.N :  $N = V/P_X$       $N = 375/5.43$       $N = 69$  tr/min

❖ Pour une vitesse de soudage 375 mm/min on doit faire tourner la manivelle 69 tour pendant une minute de temps

#### 3.6.2. Calcul de la vitesse de rotation du pignon

On a  $V = \pi * D * N$ ..... (12)

- V : la vitesse linéaire de la crémaillère
- D : diamètre du pignon
- N : vitesse de rotation du pignon

Et on prend la vitesse de déplacement linéaire de notre crémaillère  $V = 373$  mm/min  
(vitesse linéaire trouvée dans l'expérience précédente)

Donc :

$$N = V / \pi * D$$

$$N = 375 / \pi * 45$$

$$N = 2.6 \text{ tr/min}$$

### 3.6.3 Calcul du rapport de réduction de vitesse entre la vis sans fin et la roue dentée

- Dans notre système on a utilisé une vis avec un seul filet  $Z_V = 1$
- Et avec plusieurs essais de calcul on a trouvé le diamètre qui conviens pour l'équilibre de notre mécanisme  $d_p = 45$ mm et  $Z_R = 30$  dent

Donc notre rapport de réduction et :

$$R = Z_V / Z_R \dots\dots\dots (13)$$

$$R = 1/30 \quad R = 0.033$$

Donc la vitesse de sortie dans la roue dentée et de :

$$N_R = N_V * R \dots\dots\dots (14)$$

$$N_R = 69 * 0.033$$

$$N_R = 2.3 \text{ tr/min}$$

### 3.7. Résultat final

Pour l'équilibre du mécanisme :

- Le diamètre primitif du pignon  $d_p = 45$  mm ;
- Le diamètre primitif de la roue dentée  $d_p = 45$ mm ;
- Pas axial de la vis sans fin  $P_X = 5.43$  mm ;
- Le diamètre primitif de la vis sans fin  $d_p = 19.75$  mm ;
- La vitesse de rotation de manivelle  $N = 69$  tr/min ;
- La vitesse linéaire de consommation d'électrode  $V_c = 375$  mm/min ;
- La vitesse linéaire de soudage  $V_s = 375$  mm/min.

# Conclusion

---

## Conclusion

Le procédé de soudage MMA est le procédé le plus populaire utilisé dans l'industrie. Ce procédé manuel dans lequel la source thermique consiste en l'arc électrique lequel, jaillissant entre l'électrode enrobée et la pièce à souder, développe une chaleur provoquant la fusion rapide du métal de base et de l'électrode.

L'automatisation de notre mécanisme est basé par l'utilisation d'un procédé qui nécessite une application d'une grande précision, répétabilité, efficacité, ainsi qu'une meilleure qualité, à cet effet, cela permet aux inexperts de réaliser une meilleure soudure en très peu de temps.

Notre mécanisme à 100% mécanique est composé de plusieurs systèmes d'engrenages :

- Vis écrou
- Vis sans fin et roue dentée
- Roue dentée et arbre de transmission
- Pignon et crémaillère

Et d'un système de fixation de la baguette.

Concernant l'équilibre du mécanisme, nos résultats de calculs sont comme suit :

- Concernant la vitesse de rotation de la manivelle, l'opérateur doit tourner cette dernière à 69 tours par minute, presque un tour par seconde ;
- La baguette va souder à une vitesse linéaire (vitesse de soudage) de 375 mm/min et descendre (vitesse consommation d'électrode) à la même vitesse ;
- Le pignon et la roue dentée ont le même diamètre de 45mm, afin d'obtenir une vitesse d'avance et de descente équilibré.

Les vitesses de descente et d'avance sont équilibrées en raison des nombres des dents du pignon qui fait bouger la crémaillère, alors si on change le diamètre de la roue de la vis sans fin et celle de la crémaillère, cette dernière va descendre avec une autre vitesse que celle trouvé dans ce projet.

Pour varier la vitesse de translation (vitesse de soudage) et de descente de la baguette on peut intervenir au niveau des deux roues dentées que nous avons mis égal dans ce projet actuel, en l'occurrence :

- Pour augmenter les vitesses on augmente le diamètre des roues dentées.
- Pour diminuer les vitesses on diminue le diamètre des roues dentées.

# Références bibliographiques

**Références bibliographiques**

- [1] M. Abdellatif, "Etude comparative des différents procédés de soudage sur l'effet de fissuration à froid dans la ZAT", Mémoire de Master, Université de Aboubakr Belkaid, Tlemcen, 2018.
- [2] R. Blondeau. Procédés et application industrielle du soudage. LAVOISIER Paris, 2001.
- [3] K. Weman. Aide mémoire : procédés de soudage. Dunod Paris, 2005.
- [4] Collection terme et définition utilisés en soudage et techniques connexes, publications de la soudure autogène, 1996.
- [5] A. Michel. Pièces mécaniques soudées (rappels et définitions). Technique d'ingénieur, (BM 5 185), 2006.
- [6] MOSTEFA, A. Etude comparative des différents procédés de soudage sur l'effet de fissuration à froid dans la ZAT (Doctoral dissertation).
- [7] BELABED Abdelmadjid (Analyse des défauts et étude de la fissuration par fatigue dans les soudures d'angle) Mémoire de la fin d'étude pour l'obtention du diplôme de MASTER Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen 06/06/2017.
- [8] H. Granjon ; Bases métallurgiques du soudage, Eyroles, Paris (1977).
- [9] Symap ; Guide soudage/chapitre\_1 (Les matériels de soudage et de coupage thermique les plus courants).
- [10] PENDER, James A., <<Le Soudage>>, Ed. Métrique, 1977.
- [11] Bodude, M.; Momohjimoh, I. Studies on the effects of welding parameters on the mechanical properties of welded low-carbon steel. J. Miner. Mater. Charact. Eng. 2015, 3, 142.
- [12] Singh, T.; Singh, A.; Saini, S. Effect of Groove Design on the Mechanical Properties of Shielded Metal Arc Welded Joints. Indian J. Sci. Technol. 2019, 12, 1–9.
- [13] M.K. Bencharif, "Soudage – métaux d'apport", Cosider, Biskra, 2011.
- [14] M.K. Bencharif, "Procèdes de soudage –le soudage manuel à l'arc avec électrode Enrobée", vinçotte International Algérie 2007.
- [15] TWI, "Section15 : welding Consumables", Senior Welding Inspection, 2008.
- [16] Christensen N.: The metallurgy of underwater welding. Proceedings of the International Conference „Underwater Welding”, Trondheim, Norway 1983.
- [17] David.J.Keats - Professional diver's manual on wet welding -Abington publishing 1990.
- [18] SAF – Soudage à l'électrode enrobée – SAF 1994.
- [19] Christophe BARD « Modélisation du comportement dynamique des transmissions par engrenages ». Thèse de doctorat. L'Institut National des Sciences appliquées de Lyon. N° d'ordre 95 ISAL 0031, 80-97 p, 1995.

- [20] Kassaï, A., Mathieu, J.P. et Chahmirian, G. Sirèment de denture : Composantes non harmoniques de l'engrènement liées à la rectification par génération. Proceedings of the 3rd World Congress on Gearing and Power Transmissions, Paris, 1992, Vol. 2, p. 853-864.
- [21] Welbourn, D.B. Gear errors and their resultant noise spectra. Proceedings of Institution of Mechanical Engineers, 1969-70, Vol. 184, Part 30, p. 131-139.
- [22] David PALAISI, « Simulation numérique du comportement vibratoire d'engrenages endommagés ». Thèse de doctorat LE 27 JANVIER 2011 À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE.
- [23] A.CHETIOUI & N.KHETTOU « Modélisation du Comportement Mécanique des Engrenages Plastiques », PFE 2011 EMP
- [24] H. Wikle et al. Infrared sensing techniques for penetration depth control of the submerged arc welding process J. Mater. Process. Technol. (2001).
- [25] Timings, R., Fabrication and welding engineering. Newnes: Oxford, 2008.
- [26] Stinchcomb, C., Welding technology today, principles and practices. Prentice-Hall: New Jersey, 1989.
- [27] Rosheim, M. E., Robot evolution: the development of anthrobots. John Willey & Sons: New York, 1994.
- [28] Books B., "Welding robots - the state of the art", Welding and Metal Fabrication, June 1991.
- [29] Dennison, A.; Toncich, D.; Masood, S., Control and process-based optimisation of spotwelding in manufacturing systems. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 1997, 13 (4), 256-263.
- [30] Thorvald, P., Lindblom, J.(2014). Initial Development of a Cognitive Load Assessment Tool. In: The 5th AHFE International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, 19-23 July 2014, Krakow, Poland. pp. 223–232. AHFE.
- [31] Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T., Kato, K.(2006a). Measurement of negative attitudes toward robots. Interact. Stud. 7, 437 – 454.
- [32] Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T., Kato, K. (2006b). Measurement of anxiety toward robots. In: Robot and Human Interactive Communication, 2006. ROMAN 2006. The 15th IEEE International Symposium on. pp. 372 – 377. IEEE 13
- [33] Tufte, E.R. (1993). The visual display of quantitative information. Graphics Press, Connecticut.

# Annexes

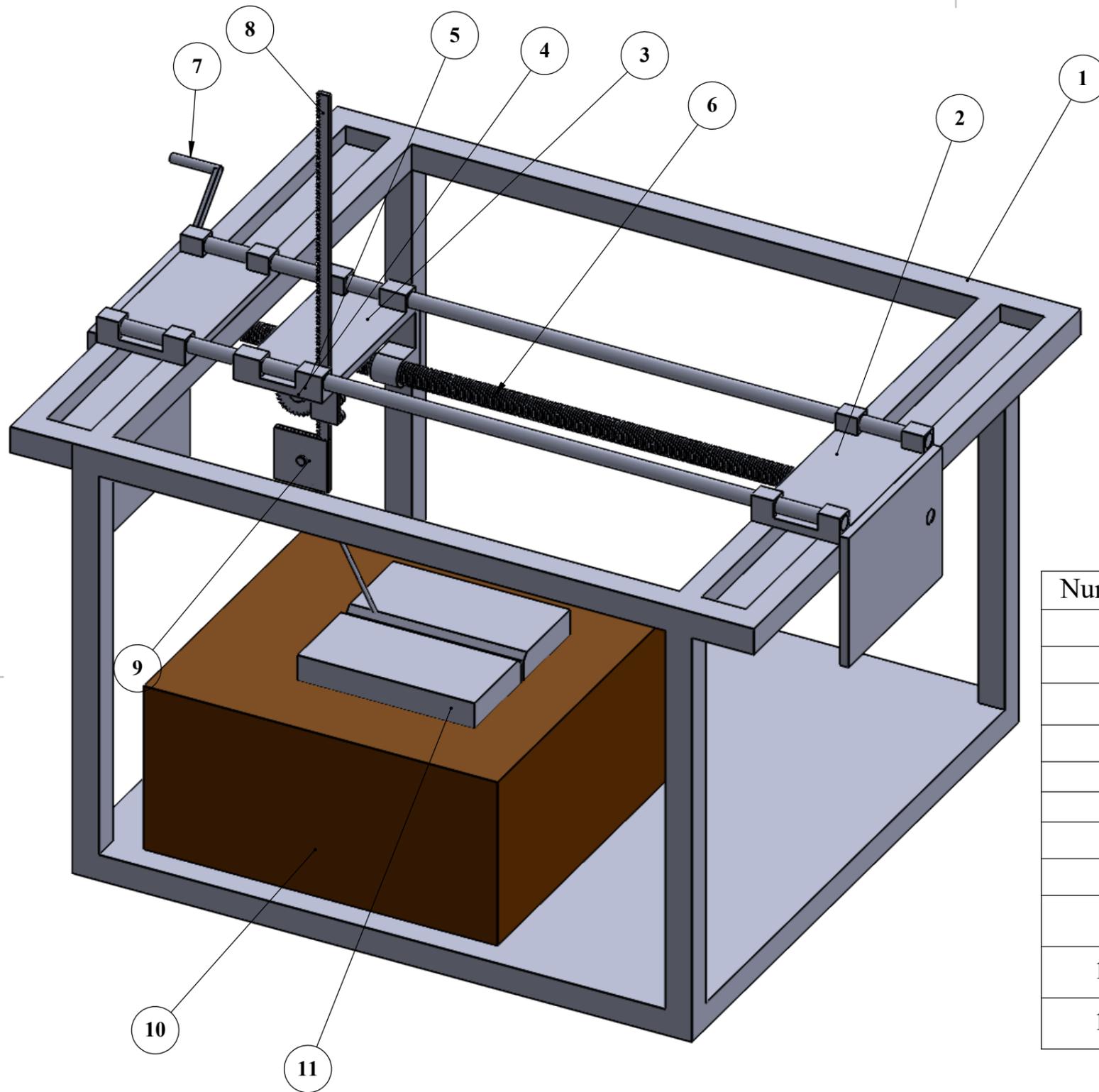
**Annexes tableau :**

Coefficient de sécurité (s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conditions générales de calcul (sauf réglementation particulière)</li> </ul>
1.5 à 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cas exceptionnels de grande légèreté.</li> <li>Hypothèse de charges surévaluées.</li> </ul>
2 à 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construction où l'on cherche la légèreté (aviation).</li> <li>Hypothèse de calcul la plus défavorable (charpente avec vent ou neige. engrenages avec une seule dent en prise...)</li> </ul>
3 à 4 4 à 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bonne construction, calculs soignés, haubans fixes.</li> <li>Construction courante (légers et forts dynamique non pris en compte. Treuils)</li> </ul>
5 à 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calculs sommaires, efforts difficiles à évaluer (cas de chocs, mouvement alternatifs, appareils de levage, manutention).</li> </ul>
8 à 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matériaux non homogènes. chocs, élingue de levage</li> </ul>
10 à 15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chocs très important, très mal connus (presse) ascenseurs.</li> </ul>

**Tableau Annexe 01:** tableau des principaux coefficients de sécurité.

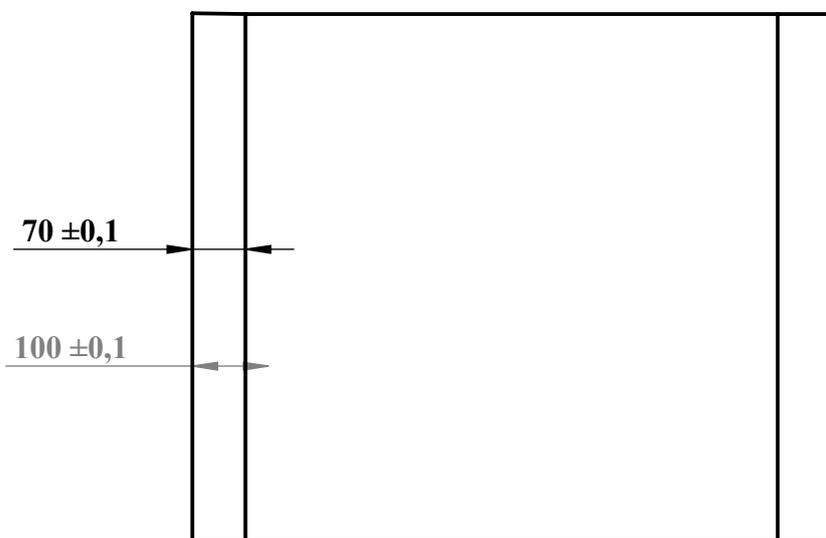
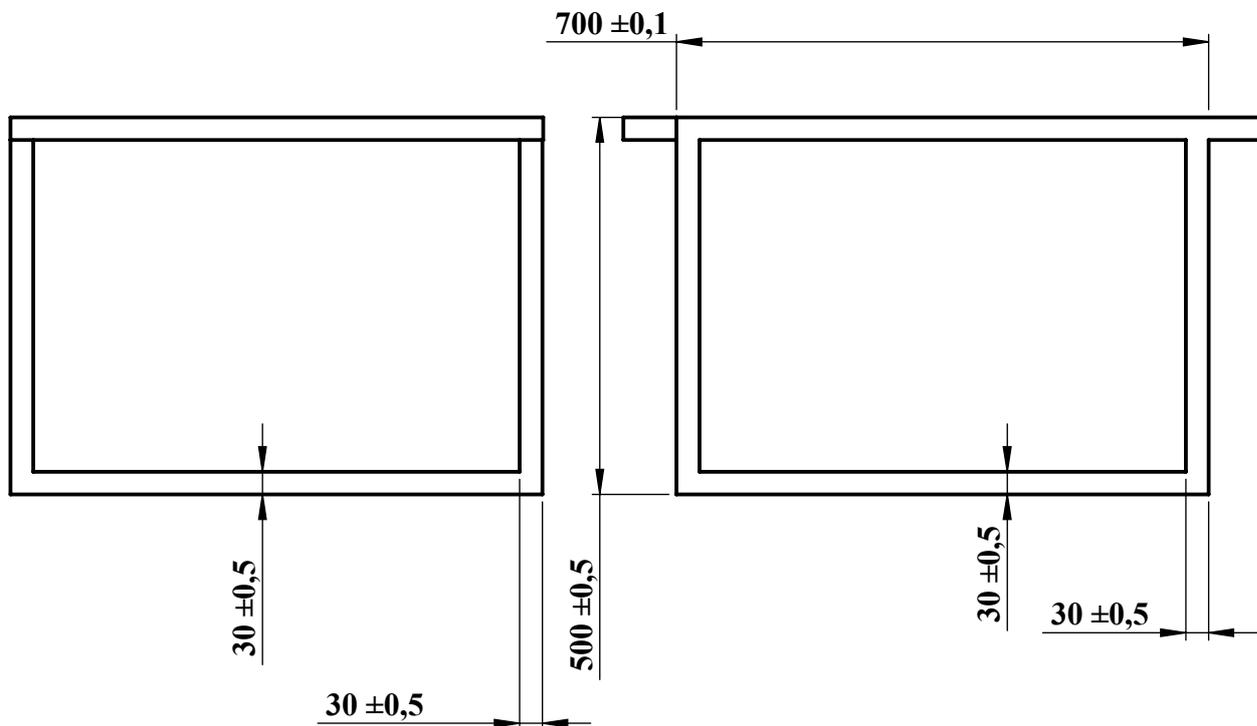
Modules Normalise	0.5	0.6	0.8	1	1.25
	1.5	2	2.5	3	4
	5	6	8	10	12
	16	20	25		

**Tableau Annexe 02:** Les modules normalisés

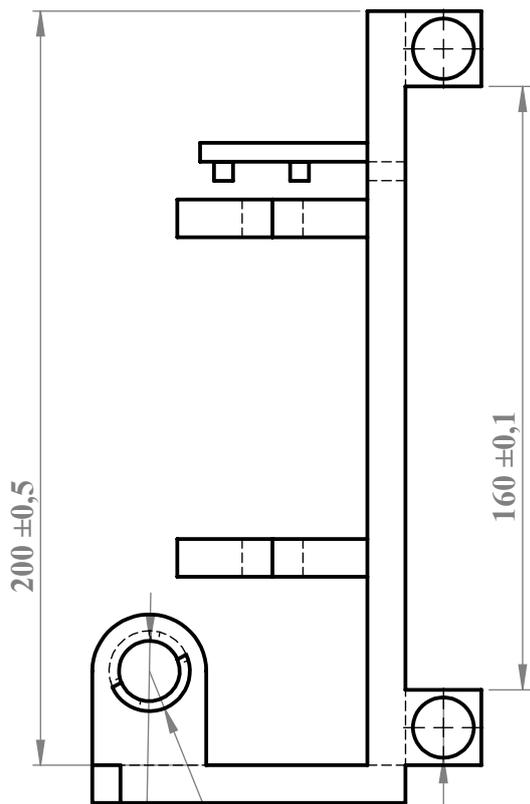


Numéro	Désignation	Rôle et fonctionnement	QTE
1	Le bati	Fixation de mécanisme	1
2	Table (y)	Translation sur l'axe y	1
3	Table x (écrou)	Translation sur l'axe x	1
4	ARBRE	Rotation	1
5	Roue 45D	Rotation	2
6	VIS sans fin	Rotation	1
7	Manivelle	Rotation	1
8	Crémaillère	Translation sur l'axe z	1
9	Système de fixation	Fixation de l'électrode par cirage	1
10	Isolant	Isolation de la pièce et bati	1
11	Pièce à soudé	pièce a soudé	1

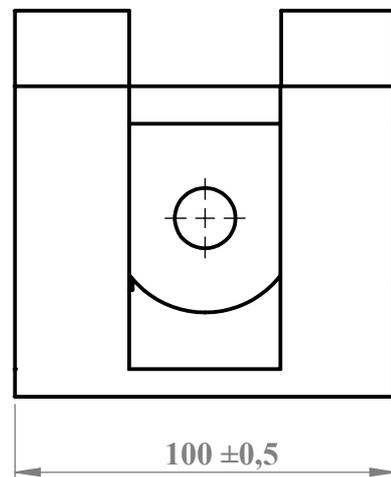
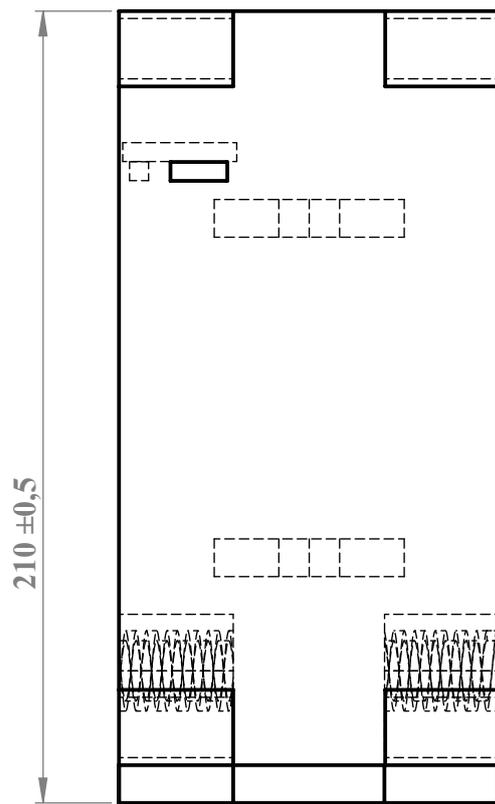
Echelle: 1:10	Matériau:Acier ordinaire	Université A-Mira, Bejaia	AMARI Ali AYOUAZ F
	<b>Dessin d'ensemble</b>		Le24/06/2022
A3			FMP



Echelle: 1:10	Matériau: Acier ordinaire	Université A-Mira, Bejaia	AMARI Ali AYOUAZ Faroudja
	Le bati		Le24/06/2022
A4			FMP



$+0,1$   
 $R8 -0,1$   
 $R11,3 -0,1$   
 $+0,1$   
 $\phi 16 -0,1$

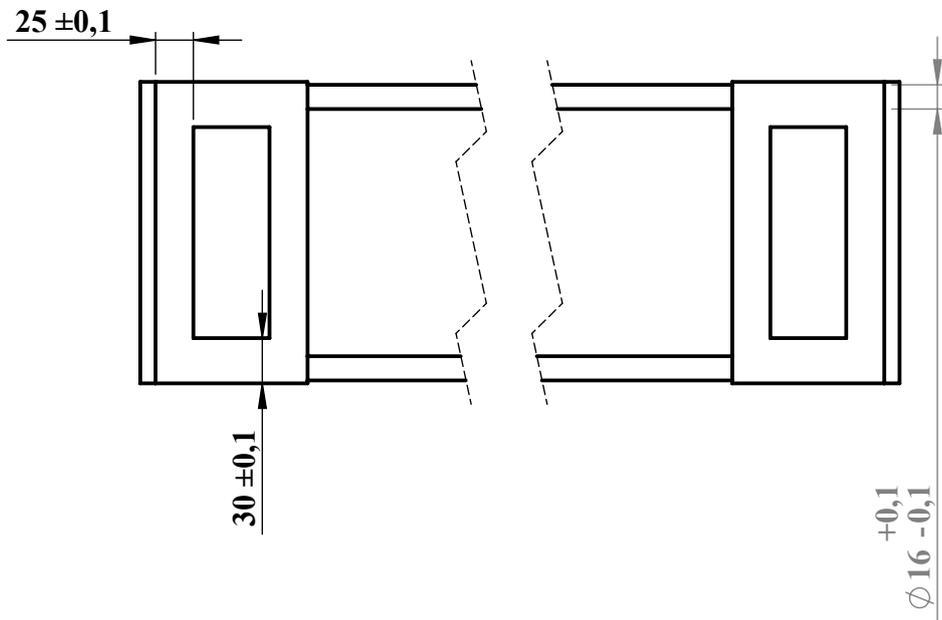
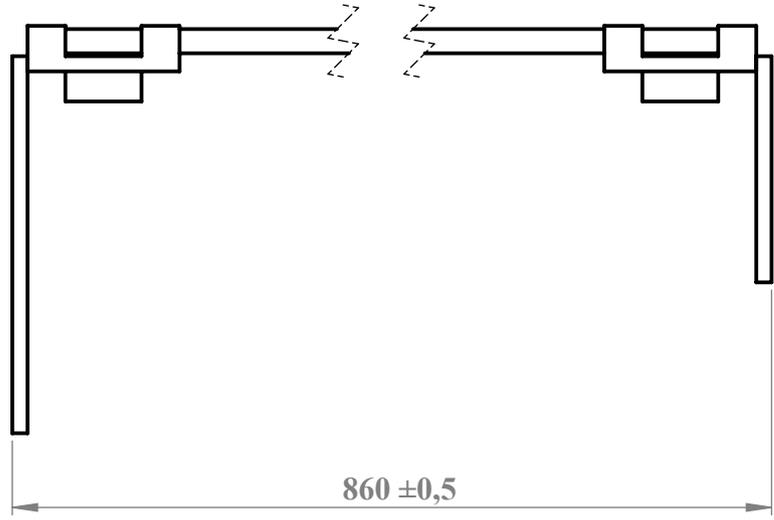
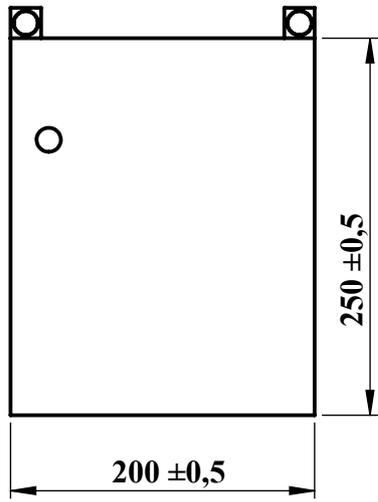


<p>Echelle: 1:2</p>	<p>Matériau: Acier ordinaire</p>	<p>Université A-Mira, Bejaia</p>	<p>AMARI Ali AYOUAZ Faroudja</p>
	<p><b>Table x (écrou)</b></p>		<p>Le24/06/2022</p>
<p>A4</p>			<p>FMP</p>

4 3 2 1

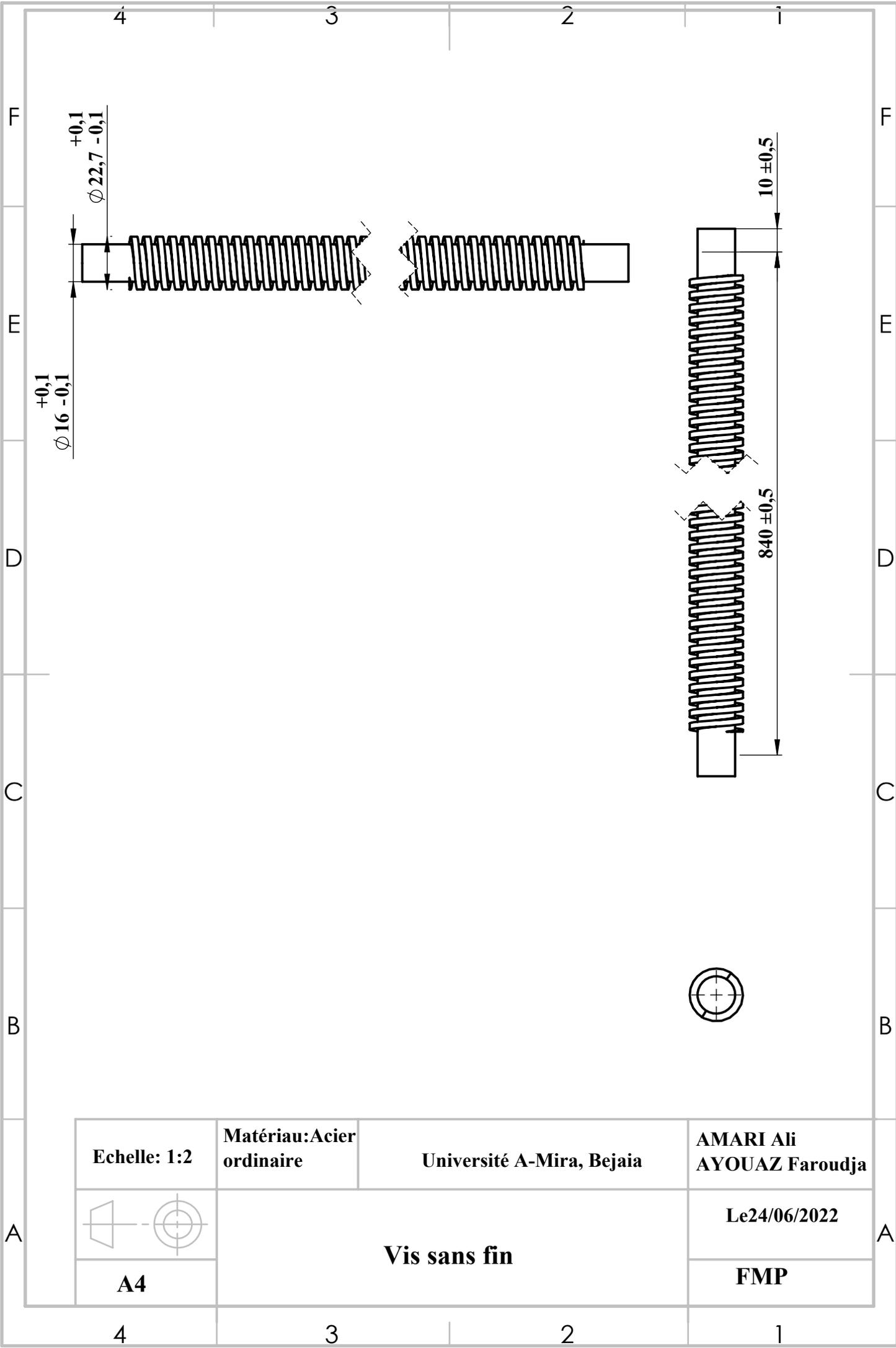
F  
E  
D  
C  
B  
A

F  
E  
D  
C  
B  
A

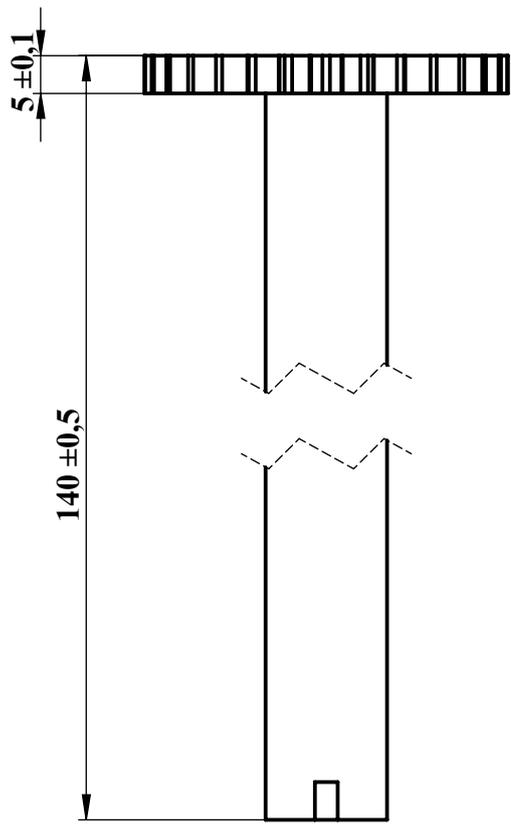
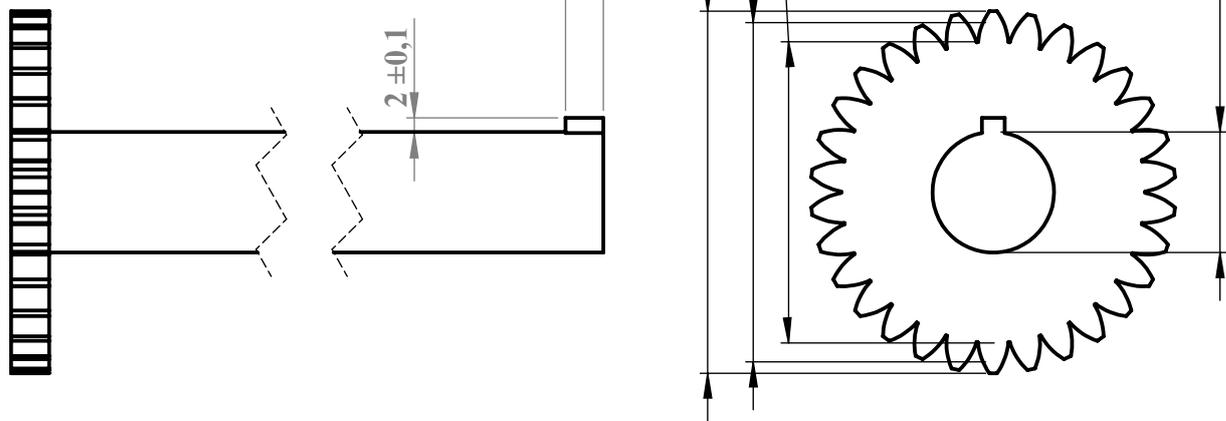


Echelle: 1:5	Matériau: Acier ordinaire	Université A-Mira, Bejaia	AMARI Ali AYOUAZ Faroudja
	<b>Table (y)</b>		Le24/06/2022
<b>A4</b>			<b>FMP</b>

Technical drawing grid with labels: 4, 3, 2, 1 (horizontal); F, E, D, C, B, A (vertical).



Echelle: 1:2	Matériau: Acier ordinaire	Université A-Mira, Bejaia	AMARI Ali AYOUAZ Faroudja
	<b>Vis sans fin</b>		Le24/06/2022
A4			FMP



Echelle: 1:1	Matériau: Acier ordinaire	Université A-Mira, Bejaia	AMARI Ali AYOUAZ Faroudja
	<b>Arbre pignon</b>		Le24/06/2022
A4			FMP

4

3

2

1

F

E

D

C

B

A

F

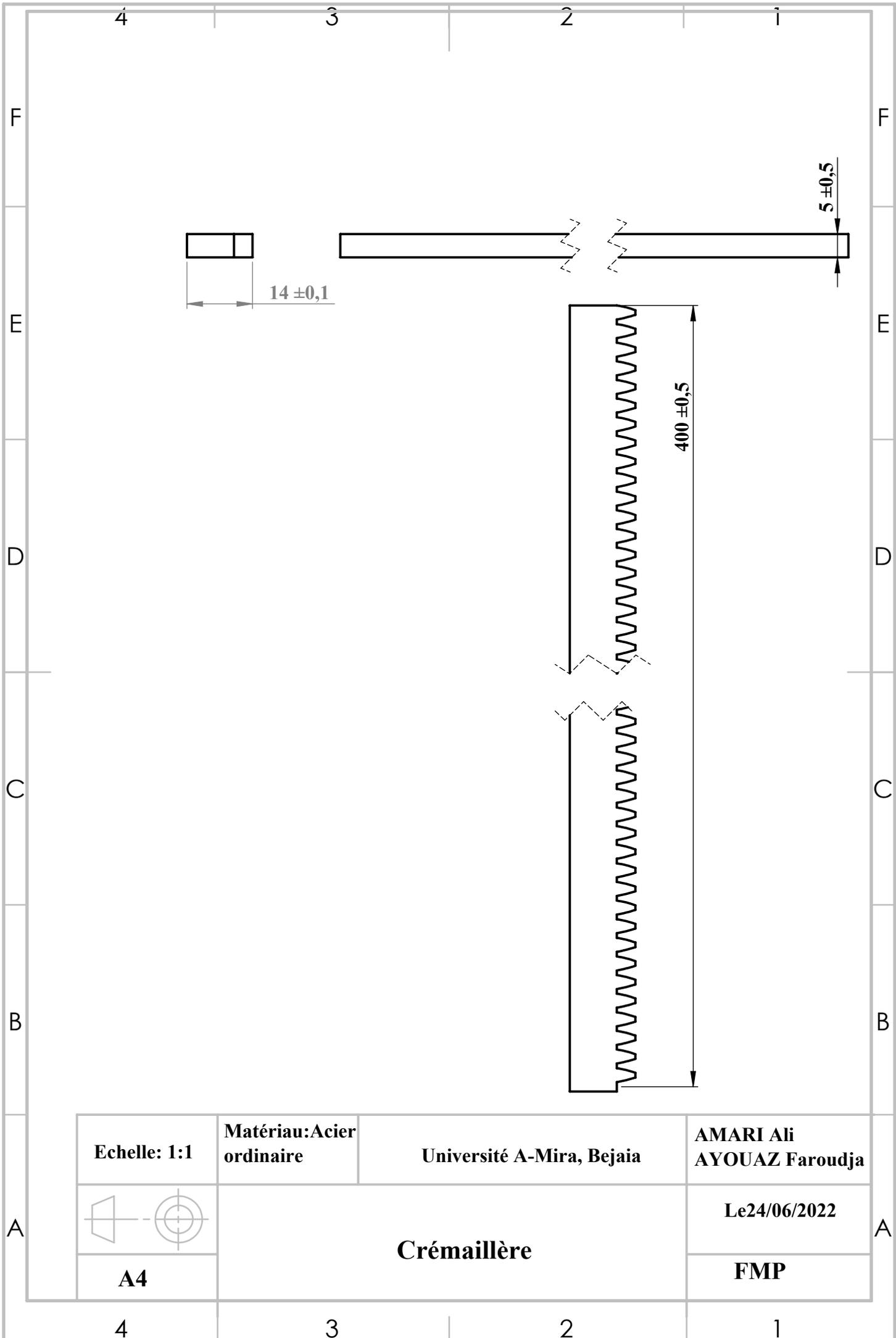
E

D

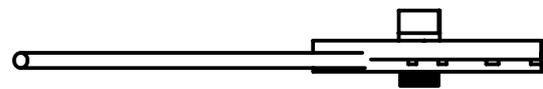
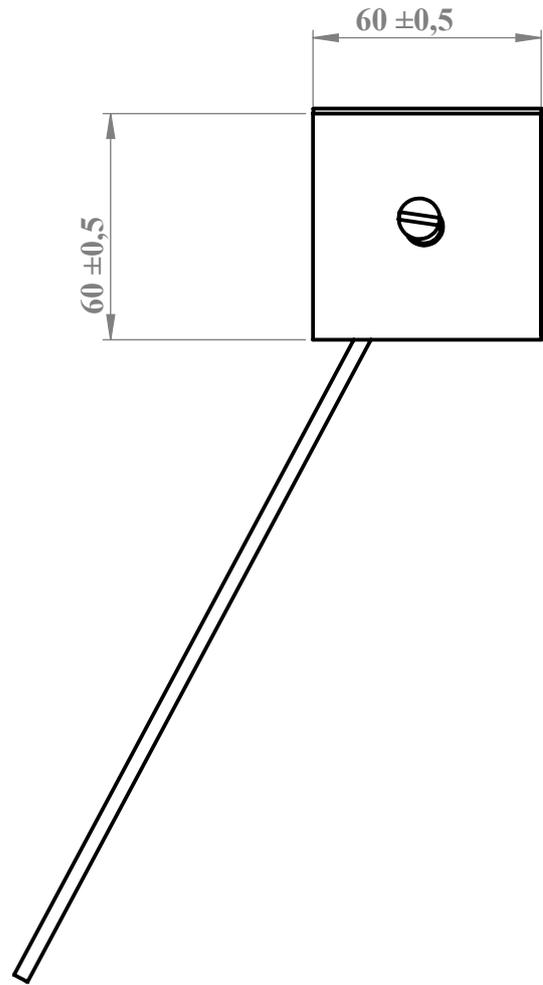
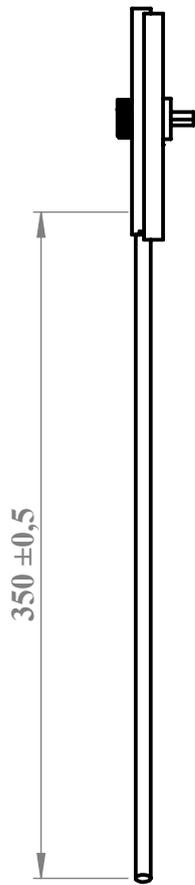
C

B

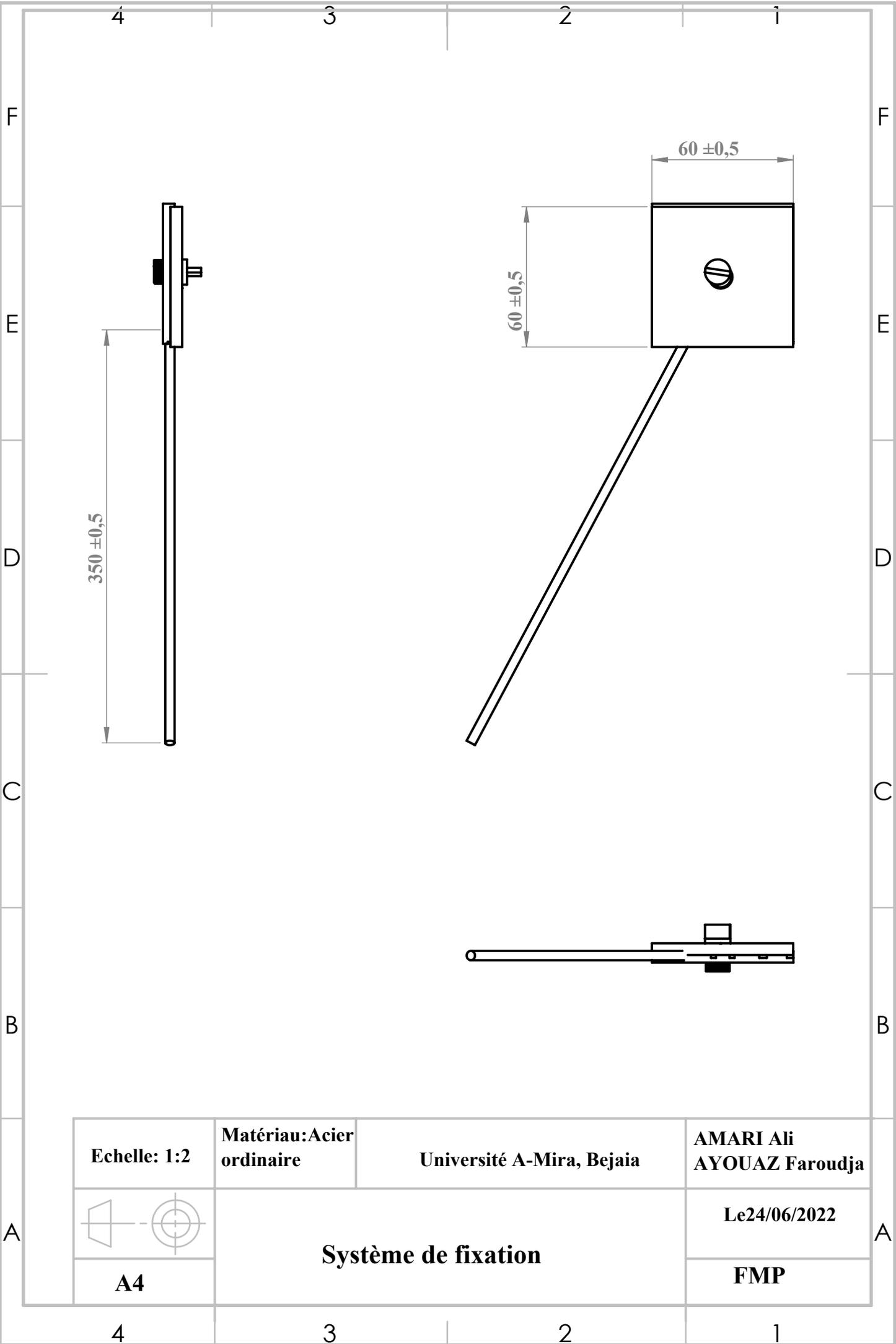
A



<p><b>Echelle: 1:1</b></p>	<p><b>Matériau: Acier ordinaire</b></p>	<p><b>Université A-Mira, Bejaia</b></p>	<p><b>AMARI Ali AYOUAZ Faroudja</b></p>
	<p><b>Crémaillère</b></p>		<p><b>Le24/06/2022</b></p>
<p><b>A4</b></p>			<p><b>FMP</b></p>



<p><b>Echelle: 1:2</b></p>	<p><b>Matériau: Acier ordinaire</b></p>	<p><b>Université A-Mira, Bejaia</b></p>	<p><b>AMARI Ali AYOUAZ Faroudja</b></p>
	<p><b>Système de fixation</b></p>		<p><b>Le24/06/2022</b></p>
<p><b>A4</b></p>			<p><b>FMP</b></p>



## **Résumé:**

La révolution industrielle dans nos jours connaît un développement remarquable dans divers domaines, par conséquent la rénovation des machines industrielles était obligatoire pour répondre à cette nécessité.

Notre travail consiste à mécaniser le geste manuel de soudage afin de donner une meilleure qualité de soudage, en peu de temps pour assurer le travail en série, d'abord on a réalisé un modèle 3D de mécanisme à l'aide de logiciels CAO Solidworks qui nous a permis de visualiser les différentes articulations et les engrenages mécaniques de notre système, ensuite on a procédé dans l'étude des transmissions de mouvement pour les différents systèmes existants, à l'issue de l'étude théorique, nous avons obtenu le résultat final, une machine à souder semi-automatique.

**Mots clés :** Révolution, Industrielle, Mécanisme, CAO et Solidworks.

## **Summary:**

The industrial revolution in our days knows a remarkable development in various fields, consequently the industrial machines were obligatory to answer this need of development.

Our work consists, mechanized the manual welding gesture in order to give a better quality of welding, in a short time to ensure the work in series, first we made a 3D model of mechanism using CAD software Solidworks which allowed us to visualize the different articulation and the mechanical gear of our system, then we proceeded in the study of the transmissions of movement for the different existing systems, at the end of the theoretical study, we obtained the final result, a semi-automatic welding machine.

**Key words:** Revolution, Industrial, Mechanism, CAD and Solidworks.