

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE.  
Ministère De l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou,

Faculté de Génie de la Construction,

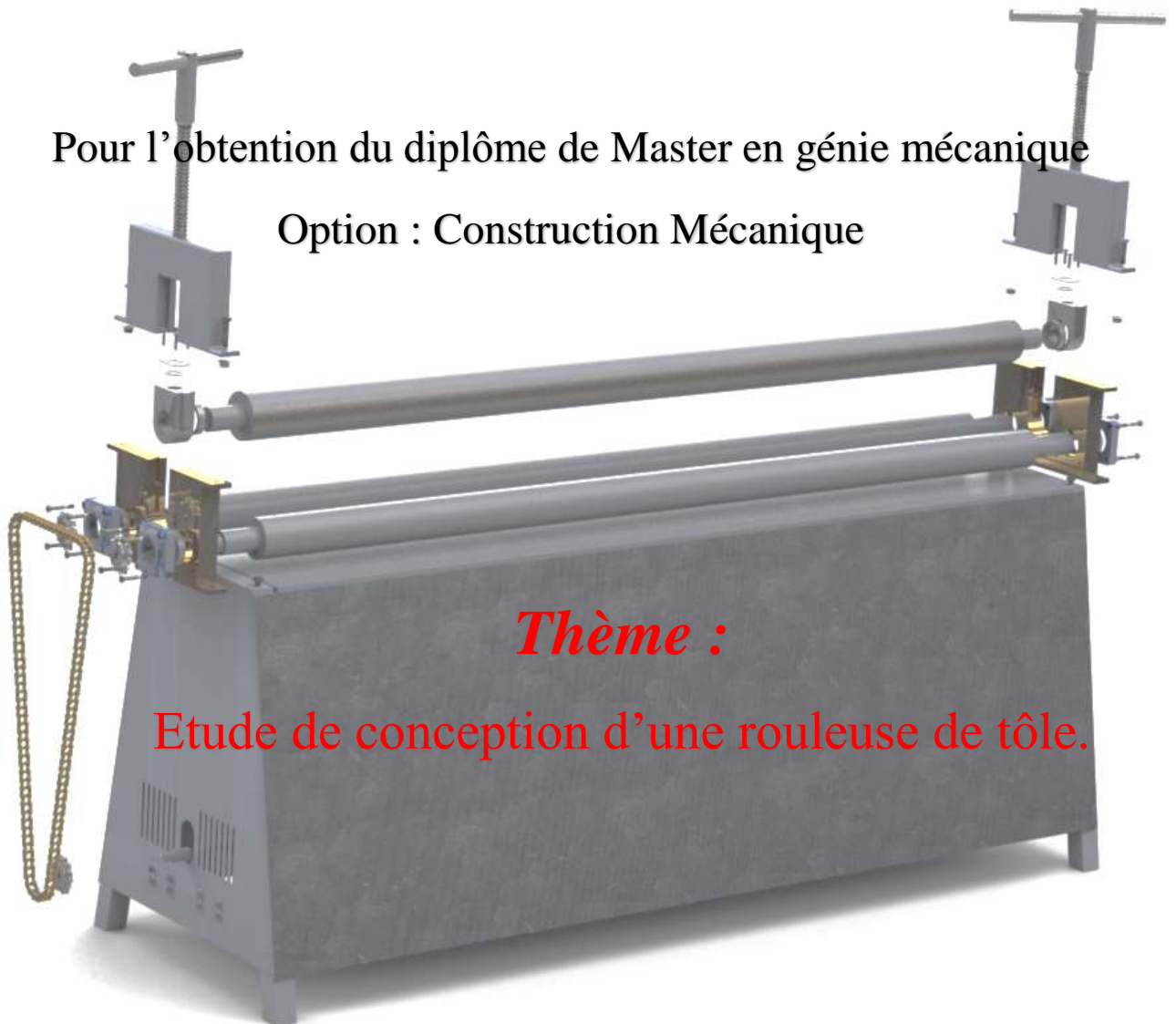
Département Génie Mécanique.



# Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master en génie mécanique

Option : Construction Mécanique



**Thème :**

**Etude de conception d'une rouleuse de tôle.**

Dirigé par : Mr BELAID

Mr BEHTANI

Réalisé par :- Iddou Mohamed

- Graichi Moussa

**Promotion 2021/2022**

## **Remerciements**

*En premier lieu, on remercie le bon Dieu de nous avoir donné la force, la volonté et le courage pour l'élaboration de ce travail.*

*En second, nos chers parents de nous avoir aidé pour arriver au terme de ce travail qui est le fruit de plusieurs années d'études et de sacrifices de notre part comme du leurs.*

*On tient encore à remercier notre promoteur Mr. BELAID pour l'aide compétente qu'il nous a apportée et pour son encouragement. Son œil critique nous a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différents chapitres.*

*On remercie aussi notre Co-promoteur Mr. BEHTANI avec son expertise et sa bienveillance qui nous a aidé et nous a orienté tout au long de ce travail.*

*Nous sommes également très reconnaissant, à toute personne ayant contribué à la limite du possible de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.*

*Nos remerciements vont également aux les membres du jury qui ont bien voulu accepter de jury notre modeste travail.*

## *Dédicace*

*Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance à mes chères parentes et, ma sœur, mes frères qui m'ont soutenue tout au long de mon parcours.*

*Je le dédie aussi à tous mes amis qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.*

*À mon binôme Moussa et sa famille*

*À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réussite*

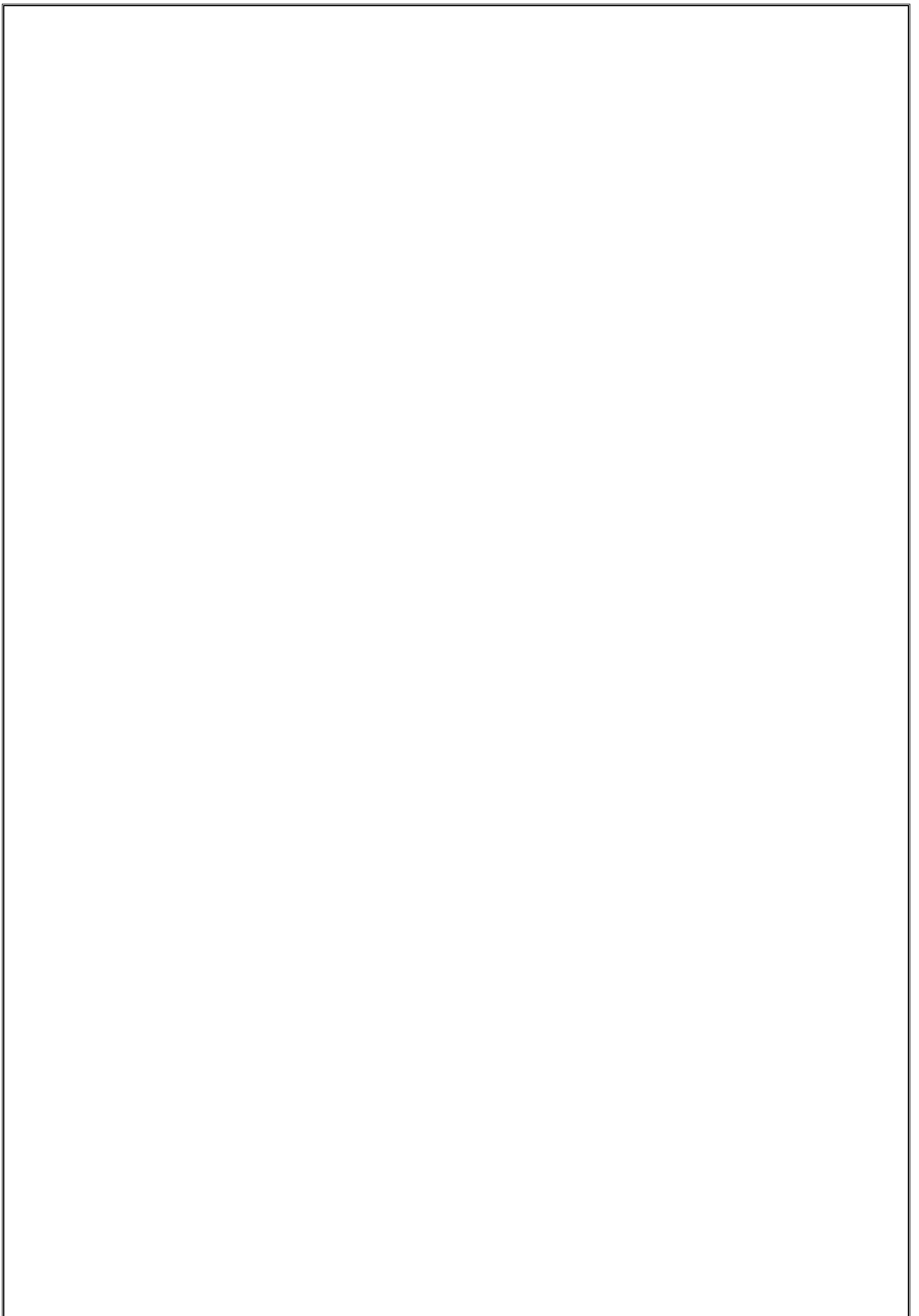
## *MOHAMED IDDOU*

*Je dédie ce travail à mes chers parents, mes sœurs qui m'ont soutenue tout au long de mon parcours, et aussi à mes chers amis(es) qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail et pendant mes années universitaires.*

*À mon binôme IDDOU MOHAMED, j'apprécie les moments qu'on a passé ensemble à l'université.*

*À tous ceux que j'aime*

*GRAICHI MOUSSA*



**Liste des figure**

**Liste des tableaux**

**Introduction générale ..... 1**

**CHAPITRE I Généralités sur les aciers et la mise en forme des tôles**

I.1. Acier ..... 2  
..... 2  
I.1.1. Classification des aciers ..... 2  
I.1.1.1. Classification par emploi ..... 2  
I.1.1.2. Classification des aciers par composition chimique ..... 3  
I.1.2. Aciers faiblement alliés ..... 3  
I.1.3. Aciers fortement alliés ..... 4  
I.1.4. Classification des aciers selon le diagramme d'équilibre fer carbone ..... 4  
I.1.4.1. Propriété du fer et du carbone ..... 4  
I.1.4.2. Alliage fer-carbone ..... 5  
I.1.5. Les propriétés des métaux ..... 6  
I.2. Les tôles ..... 9  
I.2.1. Définition ..... 9  
I.2.2. Les caractéristiques mécanique d'une tôle ..... 9  
I.2.3.1. Mise en forme des tôles ..... 10  
I.2.3.2. Les procédés de mise en forme par déformation plastique ..... 10  
I.2.3.2.1. Travail des métaux à l'état massif ..... 10  
I.2.3.2.2. Travail des métaux en feuilles ..... 12  
I.3. Conclusion ..... 20

**CHAPITRE II Généralités sur le roulage**

II.1. Roulage de tôles ..... 21  
II.2. Principe de roulage ..... 21  
II.3. Les différents types de rouleuses ..... 22  
II.3.1. Rouleuses de type pyramidal ..... 22  
II.3.2. Rouleuses de Type planeur à 3 rouleaux ..... 25

II.3. 3. Rouleuses de type planeur à 4 rouleaux .....	27
II.3.4. Rouleuse de type croqueur : .....	28
II.3.5. Rouleaux inférieurs symétriques à déplacement vertical .....	29
II.3.6. Rouleaux inférieurs symétriques à déplacement horizontal .....	29
II.3.7. Rouleaux inférieurs asymétriques.....	30
II.4. La différence entre les rouleuses .....	31
II.5. Calcul de la longueur développée.....	32
II.6. Les phases de l'opération .....	33
II.7.1. Erreur de tonneau .....	35
II.7.2. L'erreur de tonneau inverse .....	35
II.7.3. Erreur cylindrique .....	36
II.7.4. Erreur d'ovalie .....	37
II.7.5. Erreur d'entortillage .....	37
II.7.6. Erreur de fausse trajectoire .....	37
II.7.7. Défauts de réglage de mouvement.....	38
II.8. Sécurité .....	38
II.9 1. Zones dangereuses de la machine.....	38
II.9.2. Les risques de la machine .....	39
II.9.3. Sécurité machine.....	39
II.10. Utilisation de la machine .....	40
II.10.1. Informations générales.....	40
II.10.2. Qualité de la rouleuse .....	40
II.10.3. Entretien.....	41
II.10.4. Maintenance préventive.....	41
II.10.5. Nettoyage régulier .....	41
II.10.6. Vérification des pièces d'usure sur la machine .....	41
II.10.7. Réparation de la panne.....	42
II.10.8. Graissage .....	42
II.11. Conclusion.....	42

III .1. Introduction .....	43
III.2. Matériaux de fabrication .....	43
III.3. Caractéristiques techniques des citernes .....	44
III.3.1. Marquage .....	44
III.3.2. Dimensions .....	44
III.4.les avantages à installer une citerne pour stockage des eaux alimentaires.....	45
III.5. Protection contre la corrosion de la citerne pour stockage des eaux alimentaires ...	45
III.6. Avantages produits .....	45
III.7. Identification technique de la citerne .....	46
III.8. Processus de fabrication .....	46
III.9. Citerne a gaz .....	47
III.9.1. Le gaz propane est un hydrocarbure léger .....	48
III.9.2. Les conditions pour installer une citerne de gaz propane .....	48
III.10. Quel type de citerne choisir ?.....	48
III.10.1.la citerne de gaz propane aérienne .....	49
III.10.2.la citerne de gaz enterrée .....	50
III.11. Citernes de transport de produits chimiques .....	51
III.11.1. Comment sont transportées des matières dangereuses par la route .....	52
III.11.2. Signalisation des matières dangereuses sur les véhicules .....	52
III.12. Conclusion.....	56

#### **Chapitre IV Présentation du projet à réaliser**

IV.1. Problématique .....	57
IV.1.1. Introduction .....	57
IV.1.2. Constat et motivation du travail .....	57
IV.2. Proposition et choix .....	57
IV.2 .1. Cintrage sur la machine à rouler .....	57
IV.2.2. Critères de choix .....	58
IV.3. Analyse fonctionnelle .....	58
IV.4. Extrait du cahier des charges .....	59
IV.4.1. Fiche technique de la tôle .....	60
I.5. Conclusion.....	61

Chapitre V Etude mécanique et conception

V.1.Etude théorique .....	62
V.1.1. Analyse des forces .....	62
V.1.2. La longueur développer .....	63
V.1.3. Les forces .....	63
V.1.4. Calcule de la puissance d'entraînement .....	65
V.1.5. Calculs .....	66
V.2.Conception.....	73
V.2.1. Conception 3D sur SOLIDWORKS .....	73
V.2.2. Dessins de définition de la rouleuse .....	73
V.3.Mode opératoire .....	79
V.3.1. Préparation .....	79
V.4..Le soudage.....	81
V.5. Conclusion .....	81
Conclusion générale .....	82
<b>Reference bibliographiques</b>	

<b>Figure 1</b> : Laminage à chaud suivi d'un laminage à froid.....	11
<b>Figure 2</b> : Les trois étapes du processus d'estampage pour les composites thermoplastique .....	11
<b>Figure 3</b> : : Processus de matriçage .....	12
<b>Figure 4</b> : procédé d'emboutissage.....	13
<b>Figure 5</b> : : Plieuse à sommier, pliage par encastrement .....	14
<b>Figure 6</b> : : cintreuse industrielle et manuelle .....	15
<b>Figure 7</b> : principe du cintrage.....	15
<b>Figure 8</b> : principe du cintrage.....	16
<b>Figure 9</b> : cintrage par enroulement.....	17
<b>Figure 10</b> : cintrage manuel.....	17
<b>Figure 11</b> : : Cintrage sur marbre a trous.....	18
<b>Figure 12</b> : roulage cylindrique et conique .....	18
<b>Figure 13</b> : Cycles de roulage.....	19
<b>Figure 14</b> : tôle enroulé .....	19
<b>Figure 15</b> : Principe de cintrage.....	21
<b>Figure 16</b> : Les différences entre les deux formes.....	22
<b>Figure 17</b> : Rouleuse pyramidale.....	23
<b>Figure 18</b> : Rouleuse de type pyramidale .....	23
<b>Figure 19</b> : les procédures de la rouleuse pyramidale .....	24
<b>Figure 20</b> : roulage de type planeur.....	25
<b>Figure 21</b> : Rouleuse de type planeur a 3 rouleaux .....	25
<b>Figure 22</b> : Procédure de roulage avec 3 rouleaux .....	26
<b>Figure 23</b> : Procédure de rouleuse 4 rouleaux .....	27

<b>Figure 24:</b> Rouleuse a 4 rouleaux .....	28
<b>Figure 25 :</b> Rouleuses de Type planeur à 4 rouleaux .....	28
<b>Figure 26 :</b> rouleuse croqueuse.....	29
<b>Figure 27 :</b> Rouleaux inférieurs symétriques à déplacement vertical. ....	29
<b>Figure 28:</b> Rouleuse de type croqueur à déplacement horizontal des rouleaux .....	30
<b>Figure 29:</b> Rouleaux inférieurs asymétriques.....	31
<b>Figure 30 :</b> image illustratif des différent phase de l'opération de roulage .....	34
<b>Figure 31 :</b> Erreur de tonneau.....	35
<b>Figure 32:</b> Erreur de tonneau inversé .....	36
<b>Figure 33:</b> Erreur cylindrique .....	36
<b>Figure 34:</b> Erreur de fausse trajectoire .....	37
<b>Figure 35:</b> Défauts de réglage de mouvement.....	39
<b>Figure 36 :</b> image représente un modèle de tôle conçu pour fabrication des citernes.....	44
<b>Figure 37 :</b> la citerne de 1000L .....	46
<b>Figure 38:</b> diagramme bête a corne .....	58
<b>Figure 39 :</b> Diagramme pieuvre .....	59
<b>Figure 40 :</b> Distribution des contraintes.....	62
<b>Figure 41 :</b> Longueur développée.....	63
<b>Figure 42 :</b> Analyse des forces .....	64
<b>Figure 43 :</b> Tôle roulée avec pré-pliage.....	80

De nos jours la conception mécanique est un secteur qui regroupe des différents ouvriers compétants qui s'affirment dans la conception d'une multitude de pièces.

Ce travail est en repense au besoin d'avoir accès a de l'eau a toute heure de la journée, pour cela on propose la solution des citernes métallique, durable, plus facile à fabriquer, à transporter et a un prix raisonnable, cependant leurs fabrications reste pour la majorité artisanale fabriquer à la main par des artisans soudeurs, cela reste dur à mettre en œuvre surtout l'étape de mise en forme de la tôle en cylindre vu que la majorité de ces citernes sont cylindrique et la procédure prend du temps ce qui réduit la productivité et fais monter les prix.

Dû au manque de moyen de fabrication des citernes on nous a confié la tâche de construire une machine qui pourra faire la mise en forme des tôles en roulage connu sous le nom des rouleuses de tôles.

Pour ce projet de fin d'étude le travail on débutera par une introduction générale suivie de cinq chapitres.

Dans le premier chapitre on va parler sur les généralités sur les aciers et les tôles.

Dans le second chapitre on a parlé sur le procèdes de roulage et les différentes rouleuses de tôle afin de déterminer laquelle sera plus adéquate a notre tâche.

Le troisième chapitre de ce manuscrit est consacré aux généralités sur les citernes ou on parle brièvement sur ces dernières.

Le quatrième chapitre il est consacré à la présentation du projet a réalisé.

Et le dernier chapitre est consacré à l'étude au calcul des forces auxquelles on fait face durant le roulage enfin le chapitre sera conclu par la conception de la rouleuse.

# **CHAPITRE I**

## **Généralités sur les aciers et la mise en forme des tôles**

## **I.1. Acier**

L'acier est un alliage à base de fer dont la majeure partie est comprise entre 0.0002% et 2% de carbone en masse. . [2] [3]

Il contient également d'autres éléments tels que : silicium(Si), manganèse (Mn), nickel (Ni)... ces éléments sont ajoutés à l'acier pour lui donner différentes propriétés mécaniques. [3]

L'augmentation du taux de carbone dans un acier aura pour effet :

- ◆ D'augmenter la dureté.
- ◆ D'augmenter la résistance en traction.
- ◆ D'augmenter la limite d'élasticité.
- ◆ De réduire la résistance à l'impact.
- ◆ De réduire la ductilité (% d'allongement).

### **I.1 .1. Classification des aciers**

#### **I.1.1.1. Classification par emploi**

La désignation commence par une ou plusieurs lettres, suivies d'un nombre indiquant la limite d'élasticité en méga pascals (MPa).

**La signification des principaux symboles :**

**S** : Acier de construction

**P** : Acier pour appareil sous pression

**L** : Acier pour tubes de conduites

**E** : Acier de construction mécanique

**B** : Acier à béton

**R** : Acier sous forme de rails laminé

**H ou HT** : Acier pour emboutissage à froid

**DC, DD, DX** : Acier laminé pour formage à froid

S'il s'agit d'un acier moulé, la désignation est précédée de la lettre G.

### **I.1.1.2. Classification des aciers par composition chimique**

La désignation se compose de la lettre C suivie du pourcentage de teneur en carbone multiplié par 100 et de la teneur en manganèse < 1 %

**Exemple :C35 :**

C : carbone

35 : 0.35% de carbone

**C22, C25** : acier de construction mécanique

**C30, C35, C40, C45, C50** : aciers de traitement thermique

### **I.1.2. Aciers faiblement alliés**

Les aciers faiblement alliés sont couramment utilisés pour la fabrication de tuyaux, les carrosseries automobiles et aérospatiales, les voies ferrées et les panneaux pour les structures côtières et offshore. Ils contiennent souvent moins de 10 % d'éléments d'alliage (C, Mn, Cr, Ni, Mo, V et Si combinés).

La teneur en manganèse est supérieure à 1% et la teneur des élément d'alliages est <5%

Leurs désignations comprennent un nombre entier égal à 100 fois le pourcentage de la teneur en carbone

Un ou plusieurs groupes de lettres qui représentent les éléments d'addition rangé dans l'ordre des teneurs décroissante.

#### **Quelques aciers faiblement alliés**

36 Ni Cr Mo 16

### **I.1.3. Aciers fortement alliés**

La teneur en au moins un élément d'alliage est supérieur à 5 %. La désignation commence par la lettre X suivie de la même désignation que pour l'acier faiblement allié. À l'exception des valeurs de teneurs, qui sont des pourcentages nominaux réels.

**Exemple : X2CrNi 19-11**

### **I.1.4. Classification des aciers selon le diagramme d'équilibre fer carbone :**

#### **I.1.4.1. Propriété du fer et du carbone :**

##### **Le fer**

Le matériau ferromagnétique le plus courant dans la vie de tous les jours et le fer de du symbole chimique Fe on le trouve sous forme pure ou sous forme d'alliages. .[4] ,[5] ,[6]

Masse volumique de 7,97 Kg/dm<sup>3</sup> à la température ambiante

Nombre atomique Z est de 28

Masse atomique A est de 55.85

Rayon atomique r est égale à 1,27 Å

Point de fusion est 1535 °C et celui d'ébullition est de 3000 °C

Résistivité électrique est de 0,095 Ωmm<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>

##### **Le Carbone**

Le carbone est un élément non métallique. Le carbone est le 4ème élément le plus abondant dans l'univers et le 15ème élément le plus abondant dans la croûte terrestre. Sur Terre, il existe sous forme d'objets simples (charbon et diamants), de composés inorganiques (CO<sub>2</sub>) et de composés organiques (biomasse, pétrole, gaz naturel). De nombreuses structures à base de carbone ont également été synthétisées, notamment du charbon actif, de la suie, des fibres, des nanotubes, des fullerènes et du Graphene. . [5] , [6]

Numéro atomique Z égale à 6 et de densité égale à 2,5g /cm<sup>3</sup>

Masse atomique vaut 12,011

Rayon atomique est de 0,77Å

Température de fusion est de 3500 °C et celle d'ébullition est de 4830 °C

### **I.1.4.2. Alliage fer-carbone**

- **La ferrite** : La ferrite est une solution solide de carbone dans l'allotrope  $\alpha$  du fer. Le terme ferrite désigne en fait des aciers à très faible teneur en carbone. [7]

- **L'austénite** : L'austénite est une solution solide de carbone dans le fer  $\gamma$ . Les dimensions plus importantes

Des espaces interatomiques du réseau cristallin (c.f.c.) permettent à l'austénite de dissoudre jusqu'à 2,06 % de carbone à 1 145 °C.

- L'austénite est aussi une solution solide d'insertion.

- L'austénite est paramagnétique.

#### **- La cémentite (ou carbure de fer)**

La cémentite est constituée de molécules composées d'atome de fer et d'atomes de carbone.

Trois atomes de fer pour un atome de carbone,  $Fe_3C$ . Elle contient 6,67 % de Carbone (en masse). La cémentite ne forme pas de grain à l'échelle macroscopique, et elle peut se retrouver sous diverses formes : fines aiguilles, plaquettes, dans les joints de grain des aciers Hypereutectoïdes, etc.

Ce composé intermétallique à une concentration de carbone de 6,67 % (en masse). Il possède la caractéristique d'être très dure et très fragile.

#### **- Les aciers**

On distingue trois types d'aciers :

**A. Aciers hypoeutectoïdes** : Ces aciers ont une teneur en carbone inférieure à 0,77%, leur structure est constituée de grains de ferrite et d'agrégats de perlite. Selon les propriétés mécaniques, on peut scinder les aciers hypoeutectoïdes en cinq sous-groupes :

- **Aciers extra-doux** : sont des aciers dont la teneur en carbone est comprise entre 0,05 et 0,1%. Ils contiennent uniquement de la ferrite et une faible quantité de perlite et de cémentite tertiaire.
- **Aciers doux** : la teneur en carbone de ces aciers est comprise entre 0,1 et 0,25%.
- **Aciers mi- doux** : leur teneur en carbone est comprise entre 0,25 et 0,4%.
- **Aciers mi-durs** : leur teneur en carbone est comprise entre 0,4% et 0,6%.
- **Aciers durs** : leur teneur en carbone est comprise entre 0,6% et 0,77%.

### **A. Aciers eutectoïdes**

Ce sont des aciers dont la teneur en carbone est égale à 0,77% à la température de 727°C. [8] Leur structure métallographique est constituée de lamelles alternées de ferrite et cémentite c.à.d.100 % de perlite.

### **c. Aciers hypereutectoïdes**

La teneur en carbone de ce type d'acier est comprise entre 0,77 et 2,11%. Ils présentent une structure constituée de plages de perlite séparées par des lisières de cémentite. Parmi ces aciers, on distingue les deux sous-groupes :

- Aciers durs : leur teneur en carbone est comprise entre 0,8% et 1%.
- Aciers extra-durs : leur teneur en carbone varie entre 1% et 2,11%..[8]

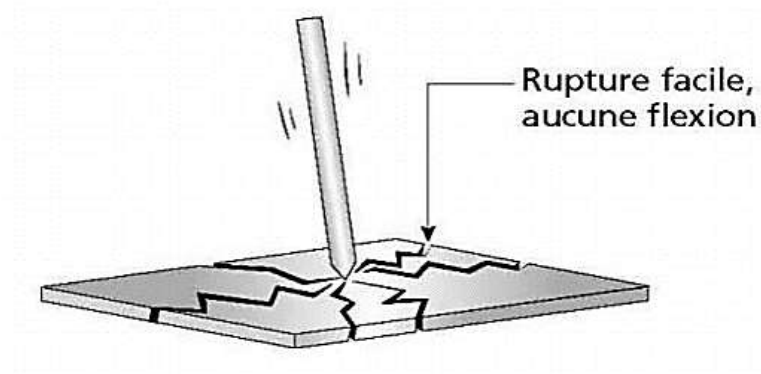
## **I.1.5. Les propriétés des métaux**

Les métaux se distinguent selon différentes propriétés qui leur confèrent des propriétés spécifiques. Ces propriétés déterminent la soudabilité et la fonction du métal dans l'assemblage[10]

Voici quelques-unes des propriétés susceptibles d'affecter, modifié les métaux :

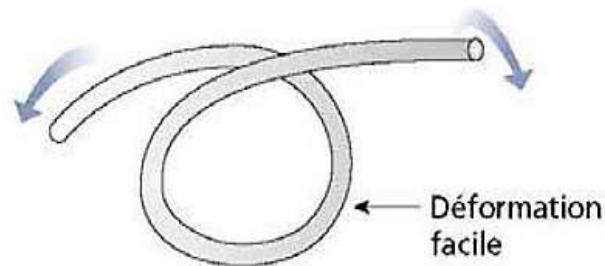
### **-La fragilité**

La fragilité décrit la propriété d'un métal à se casser facilement sous l'action d'un choc ou d'une déformation. Il a peu ou pas de déformation et se casse facilement.



### -La ductilité

En revanche, la ductilité est la capacité d'un métal à se déformer sans se casser. Il peut être étiré, étiré ou soumis à des forces de torsion. Les matériaux ductiles sont difficiles à briser car les fissures ou les défauts causés par la déformation ne se propagent pas facilement.

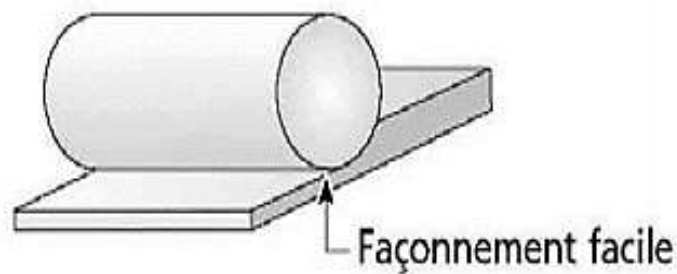


### -La ténacité

La ténacité est la capacité d'un matériau à résister aux chocs sans se fissurer ni se délaminer. Les marteaux et équipements (moules, poinçons, etc.) utilisés pour déformer et couper les tôles d'acier sont constitués de matériaux à haute résistance.

**-La malléabilité**

La malléabilité est la propriété qui permet de façonner les métaux. C'est la résistance des métaux soumis à des forces de compression telles que le forgeage et le laminage. Plus la température est élevée, plus le matériau est déformable.

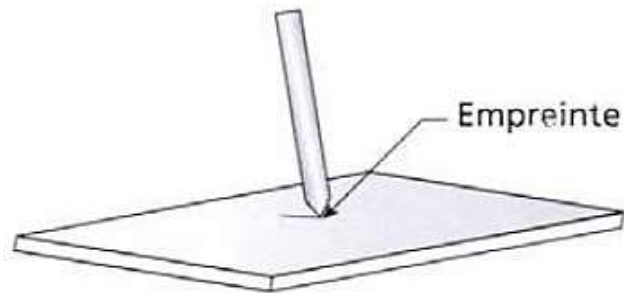
**-L'élasticité**

L'élasticité est la capacité d'un matériel reprendre sa forme originale après avoir subi une déformation.

**-Dureté**

La dureté est la capacité d'une résister à la pénétration d'une matière plus dure qu'elle. Elle est aussi déterminée par sa résistance aux rayures.

Le diamant constitue le matériau le plus dur est considéré comme la référence. Les aciers haute teneur en carbone sont durs.



## I.2. Les tôles :

Les produits plats (tôles) sont largement utilisés dans l'industrie mécanique pour fabriquer divers composants. Par exemple, les pièces de carrosserie automobile sont principalement fabriquées à partir de tôles, qui subissent une déformation initiale lors de l'opération de formage. Cette opération peut se faire par différents procédés tels que le pliage, l'emboutissage et le roulage, du simple pliage à l'obtention de formes très complexes.

### I.2.1. Définition

La tôle est un produit semi fini sous forme de feuille d'acier obtenue par plusieurs opérations de laminage.

### I.2.2. Les caractéristiques mécanique d'une tôle

La connaissance de ses caractéristiques est très importante pour maîtriser les procédés de fabrication des métaux en feuille donc il faut bien déterminer leur valeur pour une bonne fabrication

E : module de Young (d'élasticité) (N/mm<sup>2</sup>)

Re : la limite élastique (N/mm<sup>2</sup>)

Rm : la contrainte maximale (N/mm<sup>2</sup>)

A % : l'allongement à la rupture

r : le coefficient d'anisotropie

n : le coefficient d'écrouissage

ep : épaisseur (mm)

### **I.2.3.1. Mise en forme des tôles**

#### **Ductilité et malléabilité**

Ductilité et malléabilité. La ductilité est la capacité d'un matériau à se déformer significativement avant de casser. Par exemple, plus l'allongement à la rupture d'un acier est élevé, plus sa ductilité est élevée. Ne confondez pas cette propriété avec la malléabilité. La malléabilité indique la facilité avec laquelle un matériau peut être déformé. Les métaux très mous (malléables) ne sont pas nécessairement ductiles. Un exemple frappant est le plomb. Le plomb se déforme fortement lorsqu'il est comprimé, mais se déforme à peine lorsqu'il est étiré. Il est presque impossible de l'emboutir car il n'est pas assez solide pour surmonter les forces de frottement.

#### **Déformation élastique**

En physique, l'élasticité est la propriété d'un matériau solide qui reprend sa forme d'origine après avoir été déformé. La déformation élastique est une déformation réversible. Un matériau solide se déforme lorsqu'une force agit sur lui. Les matériaux élastiques retrouvent leur forme et leur taille d'origine lorsque ces forces sont supprimées, jusqu'à une certaine limite de la valeur de ces forces.

### **I.2.3.2. Les procédés de mise en forme par déformation plastique**

Le principe de ce procédé est d'utiliser un outillage spécifique (outil + matrice) pour déformer la matière afin de lui donner la forme souhaitée. Pour les matériaux plastiques ou métalliques, cette déformation peut se produire à des températures élevées ou basses. Le matériau métallique formé peut se présenter sous forme de tôles.

#### **I.2.3.2.1. Travail des métaux à l'état massif**

##### **a. Laminage**

Le laminage est une transformation industrielle qui consiste à faire passer de la matière entre deux cylindres lisses ou plats tournant dans des sens opposés. Ainsi, le mouvement de rotation est généré en créant un effet de compression continu qui réduit l'épaisseur d'origine du

matériau. Il concerne différents matériaux comme le métal ou tout autre matériau sous forme pâteuse comme le papier ou les pâtes alimentaires.

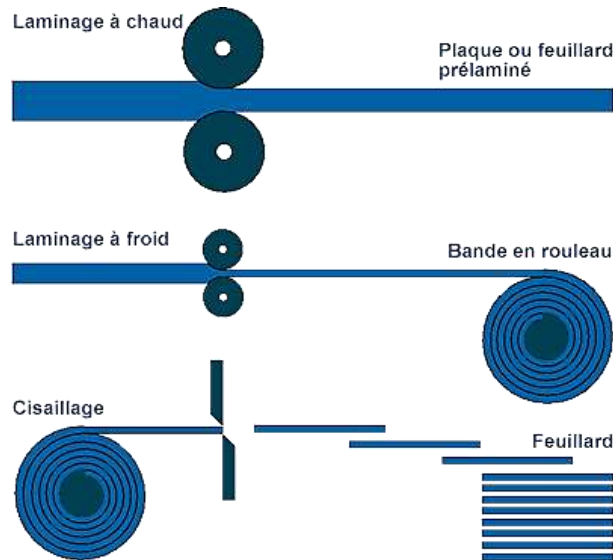


Figure 1 : Laminage à chaud suivi d'un laminage à froid

**b. Estampage :**

L'emboutissage industriel consiste en la déformation plastique d'un objet métallique (sans retour à sa forme d'origine) au moyen d'une « matrice d'emboutissage » montée sur une presse hydraulique, mécanique, à vis ou à percussion. Ce forgeage à chaud peut être réalisé en plusieurs opérations, la première étant appelée « ébauche », et la dernière « finition »

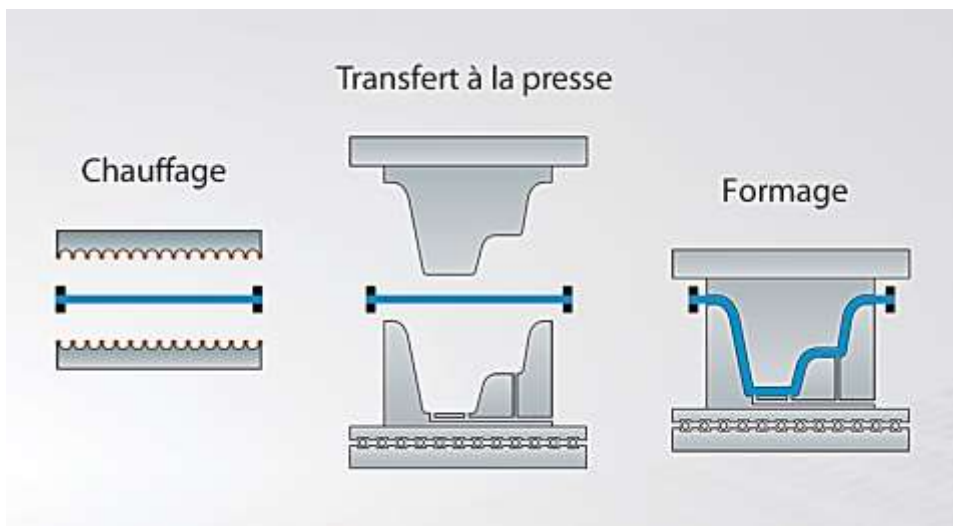


Figure 2 : Les trois étapes du processus d'estampage pour les composites thermoplastique

### c. Matriçage

Consiste à former par déformation plastique après chauffage, de pièces brutes en alliages non ferreux tels que les alliages d'aluminium, de cuivre, de titane, de nickel, etc. Le forgeage est une opération de forgeage réalisée à l'aide d'outils appelés matrices (demi-matrice supérieure et demi-matrice inférieure). Les moules ont la forme d'une pièce creuse.

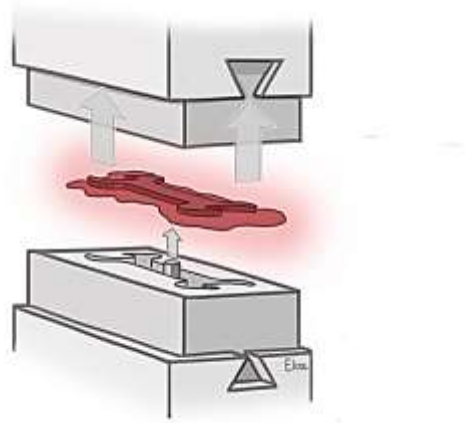


Figure 3 : : Processus de matriçage

### I.2.3.2.2. Travail des métaux en feuilles

#### a. Emboutissage :

L'emboutissage est une technique de fabrication par laquelle on peut obtenir à partir d'une tôle mince et plane un objet dont la forme ne peut être développée. La tôle vierge s'appelle "Becker", c'est une matière première non emboutie. La température de déformation varie d'un tiers à la moitié de la température de fusion du matériau. L'emboutissage est un processus de fabrication largement utilisé dans l'industrie automobile, dans les appareils électroménagers, etc.

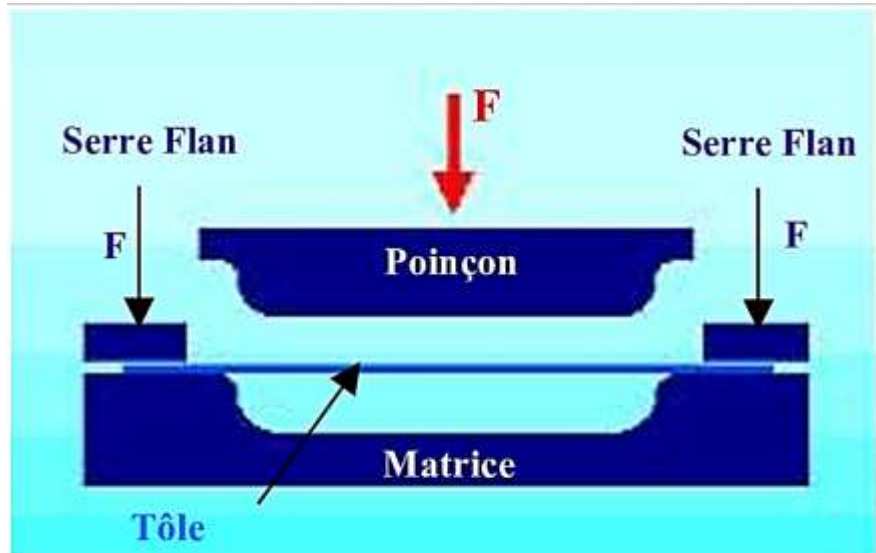


Figure 4 : procédé d'emboutissage

## b. Pliage

### Principe du pliage

Le pliage est une déformation obtenue par une force appliquée sur la longueur d'une pièce. Il est soutenu par deux lignes de support et ressemble à un coude. Pour obtenir l'angle souhaité, la limite élastique doit être dépassée.

### Les différents modes de pliage

Suivant la géométrie des poinçons et les matrices, on distingue trois types de pliage : en V, en U et en L.

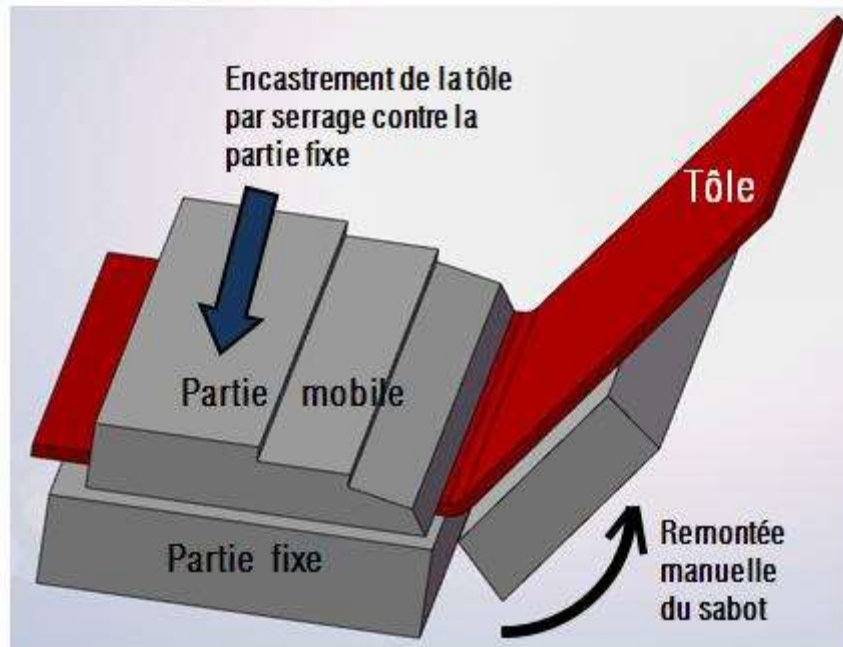


Figure 5 : : Plieuse à sommier, pliage par encastrement

### c. Le cintrage

#### ➤ Définition du cintrage

Le cintrage représente la déformation à froid, qui consiste à donner à un profil allongé (tube ou barre) la forme d'un arc courbe ou coudé, soumis à un certain rayon et angle. Cette opération est réalisée à l'aide d'une cintreuse manuelle ou industrielle. Vous pouvez faire plusieurs petits plis rapprochés pour obtenir un pli proche de la forme souhaitée.

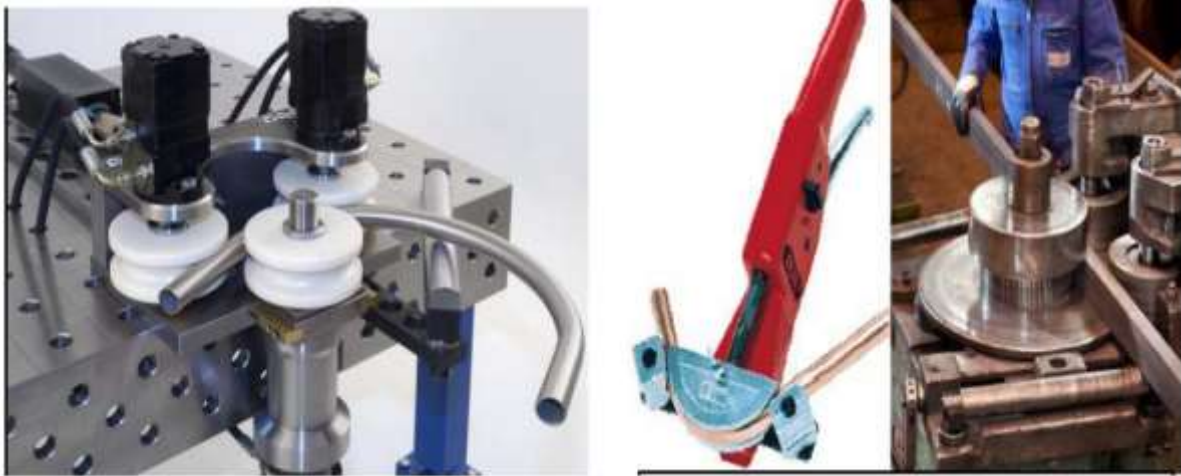


Figure 6 : : cintrreuse industrielle et manuelle

➤ **Principes de cintrage**

Le cintrage de tube consiste à appliquer une force sur un tube pour créer une déformation plastique du profil

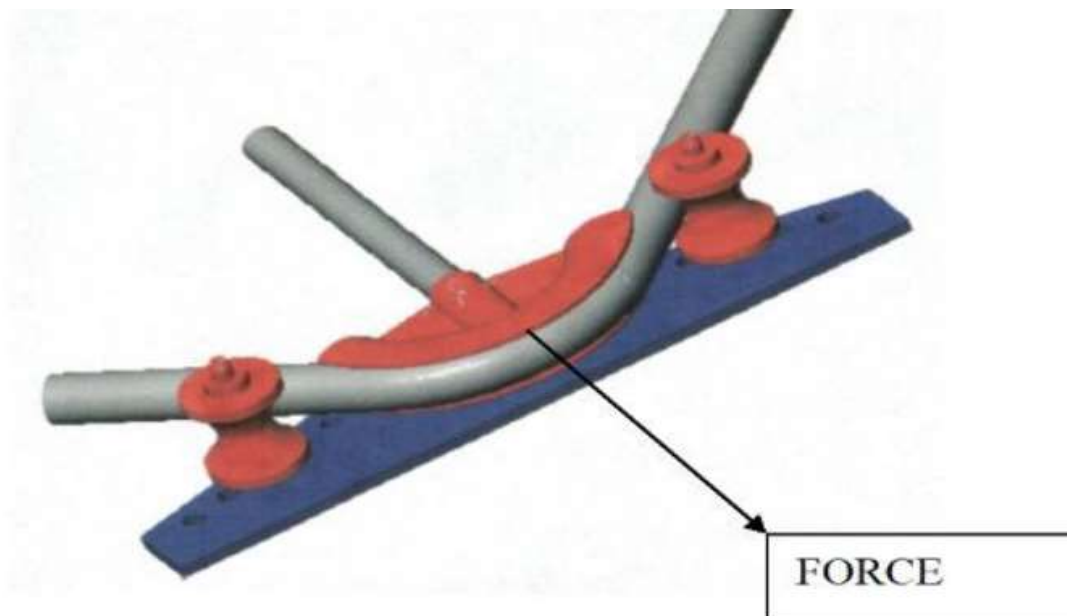


Figure 7 : principe du cintrage

➤ Les différents types de cintrage

• Cintrage mécanique

✓ Cintrage par poussée ou par pression

Le diamètre du tube à cintrer détermine le choix du galet.

Le rayon de cintrage est fonction du galet

Le maintien est assuré à l'extérieur du tube.

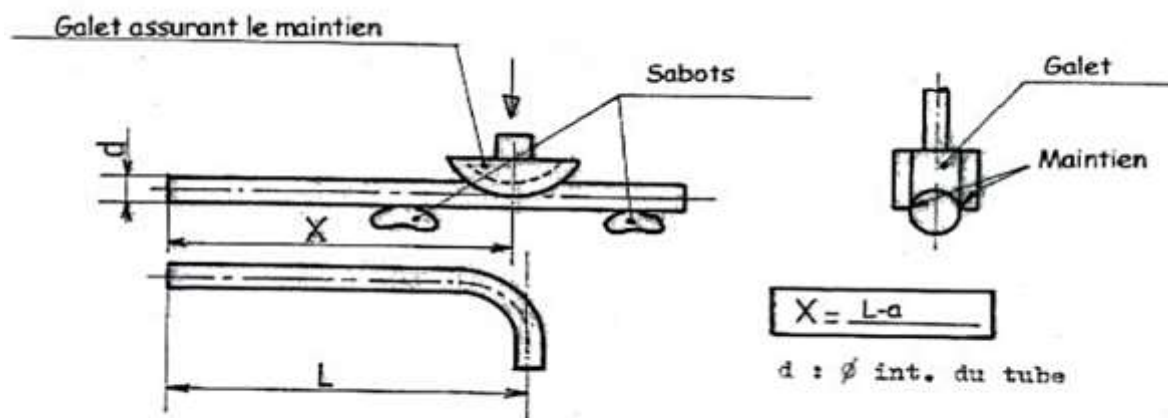


Figure 8 : principe du cintrage

✓ Cintrage par enroulement Sur machine à galets

Maintien à l'extérieur du tube.

Rayon de cintrage déterminé par le galet de forme

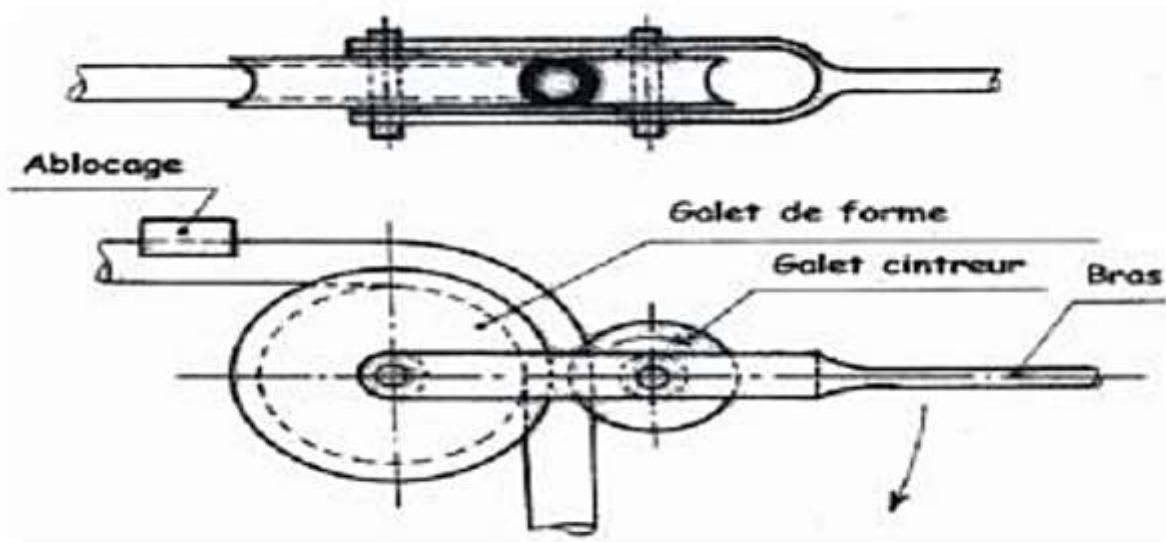


Figure 9 : cintrage par enroulement

- **Cintrage manuel**

Tubes remplis de sable fin, bien séché et soigneusement tassé

Le cintrage s'effectue à chaud.

Le maintien est assuré à l'intérieur du tube (sable).

- ✓ **Cintrage sur forme**

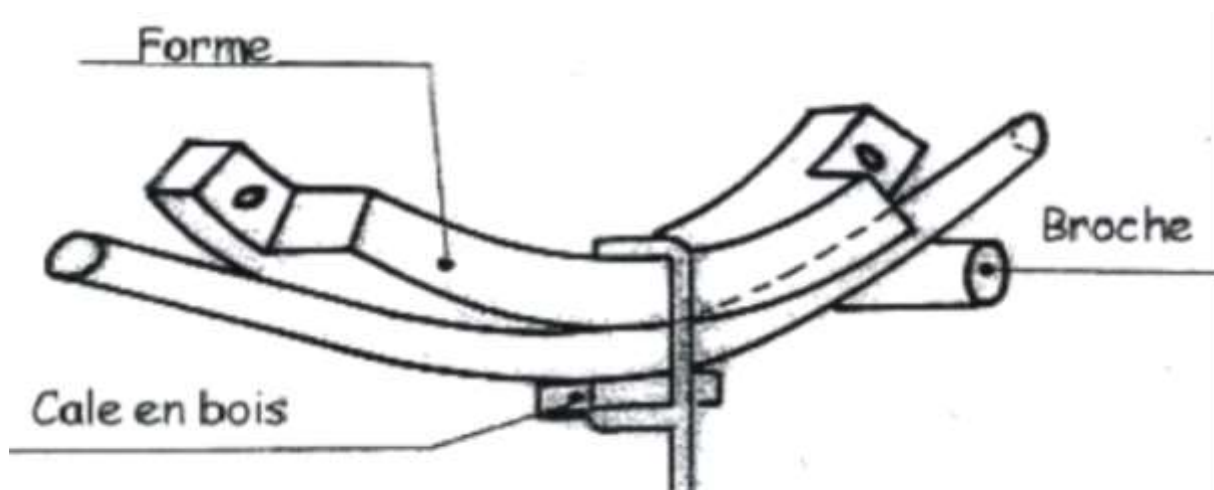


Figure 10 : cintrage manuel

## ✓ Cintrage sur marbre a trous

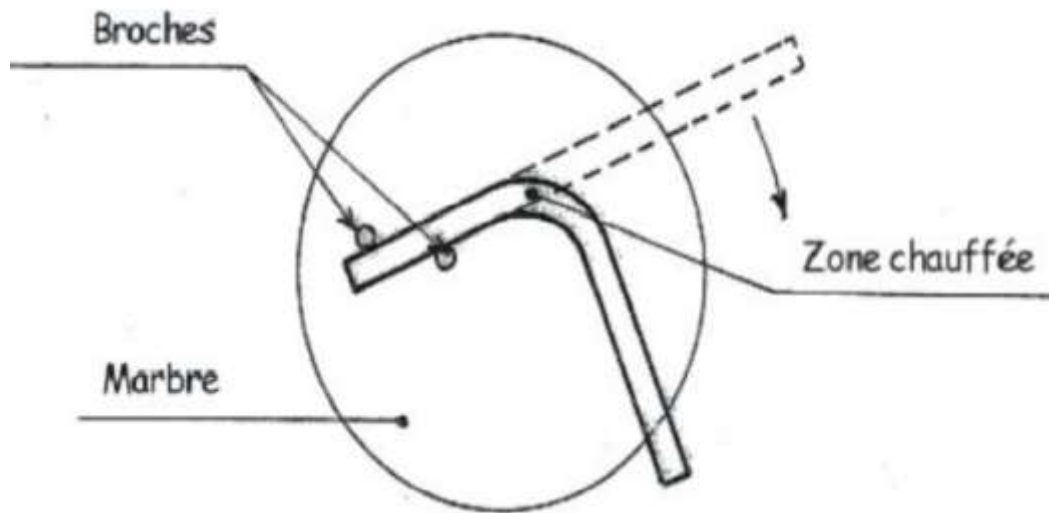


Figure 11 : : Cintrage sur marbre a trous

## d. Le roulage

## Définition

Le roulage de feuilles est une technique qui transforme une surface plane en une surface cylindrique conique fermée ou ouverte. Le roulage est créé par une force de flexion provoquée par une pression ou par un impact. Le roulage (ou cintrage) crée des déformations fibreuses dans le métal. Les fibres externes sont allongées tandis que les fibres internes sont comprimées ou raccourcies.



Figure 12 : roulage cylindrique et conique

## Principe de roulage

La tôle est animée d'un mouvement de translation généré par deux rouleaux à commande mécanique et est soumise à des efforts de flexion continus appliqués par un ou deux rouleaux de pliage. Pour extraire une courbe entièrement fermée, le rouleau supérieur peut être retiré de l'un des roulements et tourné dans un plan vertical ou horizontal. Les rouleaux doivent être amovibles. Les supports peuvent également être utilisés pour supporter des sièges volumineux ou en surpoids. Il existe trois types de machines selon la disposition des rouleaux : Pyramide, Glider (3 rouleaux) et Cruncher (4 rouleaux).

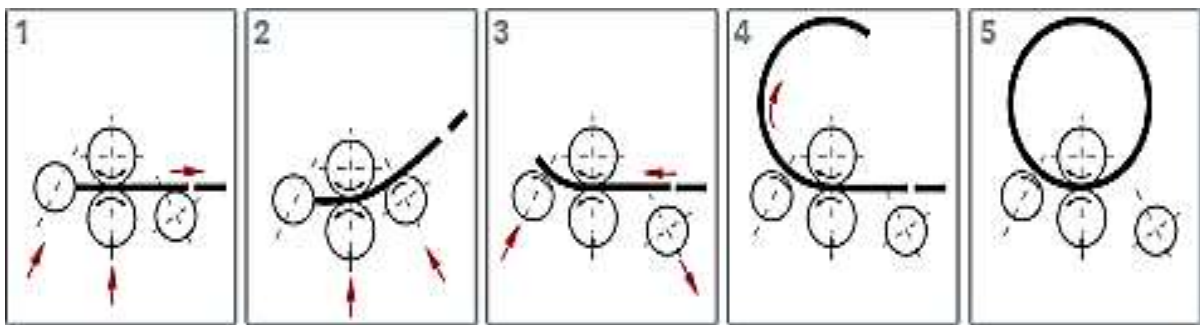


Figure 13 : Cycles de roulage



Figure 14 : tôle enroulé

**I.3. Conclusion**

Dans la mécanique la première étape pour avoir un produit de qualité est de choisir le bon matériau et on fait ce choix selon le domaine d'usage des matériaux. Parmi ces matériaux on trouve l'acier qui est un mélange de fer et du carbone et des additions pour acquérir les propriétés requises pour le domaine d'usage.

# **CHAPITRE II**

## **Généralités sur le roulage**

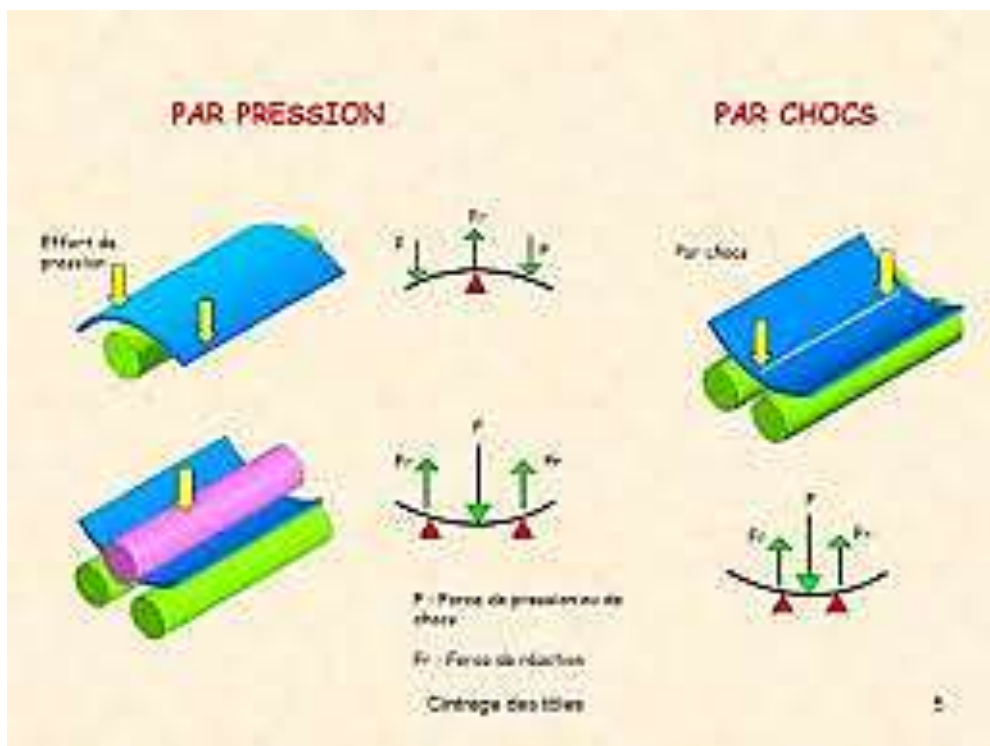
### II.1. Roulage de tôles

Le roulage de tôle (cintrage de tôle) est une technique de transformation d'une surface plane en surface cylindrique ou conique fermée (roulage fermé : virole) ou roulage ouvert. Le cintrage est obtenu par un effort de flexion provoqué soit par pression ou par choc. [11]

### II.2. Principe de roulage

Le centrage des tôles s'obtient par un effort de flexion provoqué :

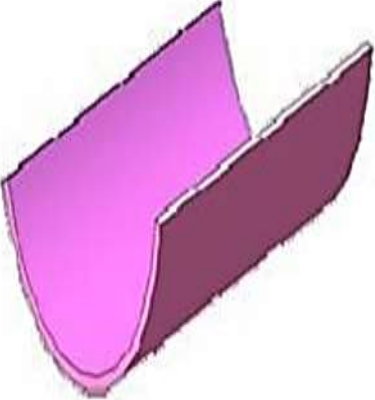

- Par pression (à la main ou à la machine)
- Par chocs (au marteau ou au maillet)



**Figure 15 :** Principe de cintrage

Cintrer une tôle c'est lui donner, partiellement ou totalement une forme cylindrique ou conique

**Tableau.** : Les différences entre les deux formes

Ouvert (cintrage)	Fermé (roulage)
	

**Figure16** : Les différences entre les deux formes

La feuille est translaturée par deux rouleaux à commande mécanique et soumise à un effort de flexion continu appliqué par un ou deux rouleaux. Cintreur. Il existe trois types de machines en fonction de la disposition des rouleaux : pyramide, planeur et crunch. Pour extraire une courbe entièrement fermée, le rouleau supérieur peut être retiré de l'un des roulements et tourné dans un plan vertical ou horizontal. Les rouleaux doivent être amovibles. Compte tenu de l'élasticité résiduelle, le diamètre de courbure minimal est généralement supposé être égal au diamètre du rouleau supérieur (selon le type de matériau et la longueur de courbure). [12]

### II.3. Les différents types de rouleuses :

#### II.3.1. Rouleuses de type pyramidal :

Constituée de 3 rouleaux (2 inférieurs et 1 supérieur), le rouleau supérieur vient faire pression sur la tôle plane amenée par un des rouleaux latéraux

Fonctionnement : Les extrémités de la tôle ne subissent pas les effets du rouleau cintreur, il faut donc amorcer les extrémités pour avoir un cintrage total. Pour les tôles minces, l'amorçage se fait sur le rouleau cintreur ou sur un tas. Pour les tôles épaisses, l'amorçage se fait à la presse, il existe des machines à rouleaux verticaux : suppression du problème de soutien des tôles épaisses. La figure (I.1) montre la position des rouleaux sur une machine de

type pyramidal. Les diamètres des rouleaux inférieurs sont généralement de 10% à 50% plus petit que celui du rouleau supérieur. L'entraînement est assuré par les rouleaux inférieurs qui sont immobiles en translation. Le rouleau supérieur tourne librement et est mobile en translation verticale ce qui permet de rouler la tôle au diamètre souhaité. .[13]



Figure 17 : Rouleuse pyramidale

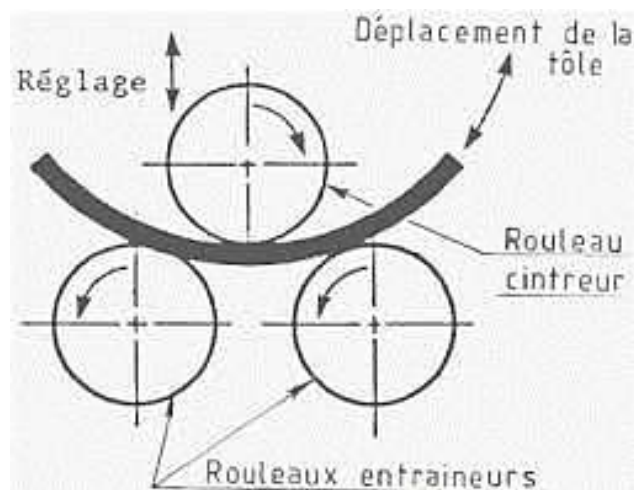


Figure 18 : Rouleuse de type pyramidale

➤ **Procédure de roulage avec rouleuse pyramidale**

- Réalisez un gabarit qui vous permettra de contrôler la circularité intérieure de votre futur cylindre
- Réalisez votre croquage par pli successifs, sur plieuse, presse, presse-plieuse ou maillet. Contrôlez la circularité avec votre gabarit.

- Insérez votre tôle d'un côté, en vérifiant la perpendicularité et roulez en venant tangenter sur le rouleau d'en face (2). Ensuite continuez le roulage jusqu'à l'autre extrémité de la tôle. (Rouleau 1)
- Ensuite, relevez le rouleau 1 et roulez en sens inverse pour aller tangenter sur le rouleau opposé 2.
- Vous devez monter alternativement chaque rouleau à chaque fois. Donc cette fois on montera le rouleau 2. Puis Répétez les opérations jusqu'à rouler complètement le cylindre, voir un peu plus (car le retour élastique, ouvrira un peu le cylindre fini lorsque vous relâcherez la contrainte). Il faut aussi faire attention en fin de cycle à ne pas superposer les 2 tôles lorsque le cylindre est presque terminé.
- Libérez la tôle en desserrant les rouleaux et en pivotant le cylindre supérieur, ou en libérant le palier.

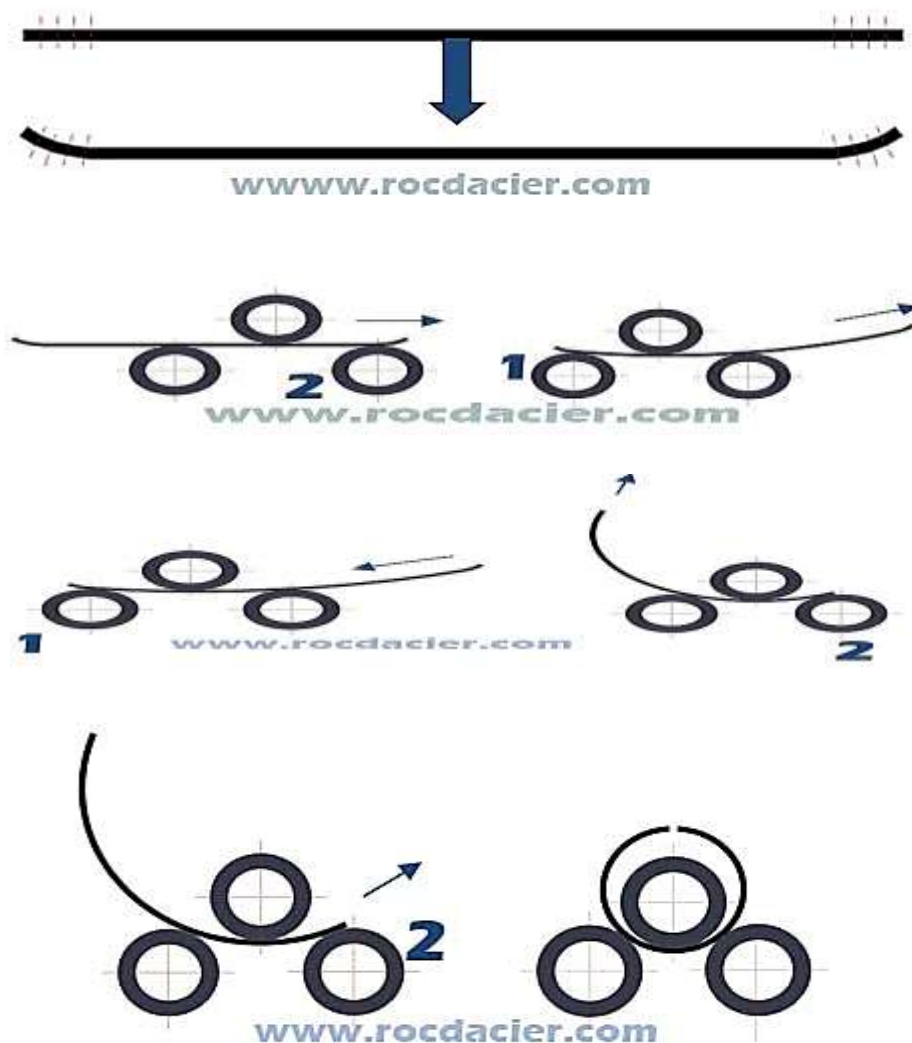


Figure 19 : les procédures de la rouleuse pyramidale

### II.3.2. Rouleuses de Type planeur à 3 rouleaux

Les galets moteurs E1 et E2 sont disposés dans un plan vertical et entraînés par la pression exercée sur la pièce. Un cylindre de formage F entraîné par contact peut obtenir un rayon de courbure grâce à son déplacement en translation oblique. Ce type de roulage permet l'amorçage dès l'arrivée des pièces



Figure 20 : roulage de type planeur

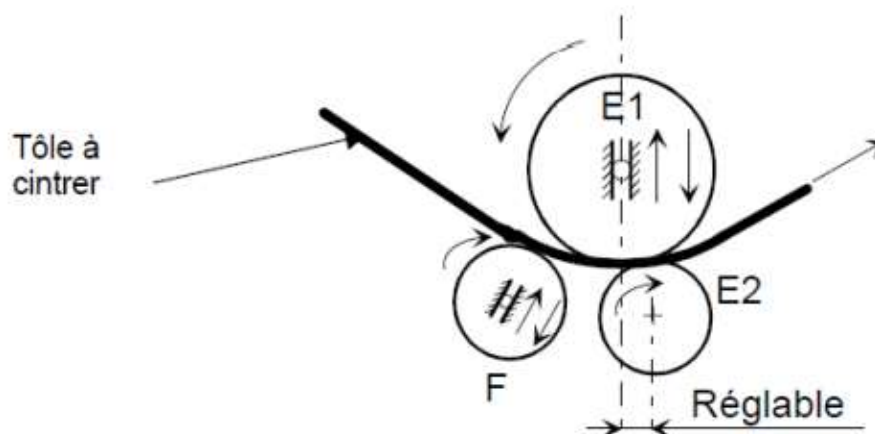


Figure 21 : Rouleuse de type planeur a 3 rouleaux

#### ➤ Procédure de roulage avec 3 rouleaux

Réaliser un gabarit qui vous permettra de contrôler la circularité intérieure de votre futur cylindre

Réalisez votre croquage en utilisant la rouleuse. Pincez la tôle avec les 2 rouleaux centraux.

Monter le rouleau excentré et effectuez le croquage sur quelques centimètres. Retirez la tôle et faites de même sur l'autre côté de la tôle. **(1,2,3,4,5,6)**

Réalisez votre première passe en pinçant la tôle dans les 2 rouleaux centraux. Montez un peu le rouleau excentré, puis effectuez la première passe. (7,8)

Renouvelez la phase précédente (9,10) autant de fois que nécessaire jusqu'à obtenir la circularité souhaitée de votre cylindre. (11)

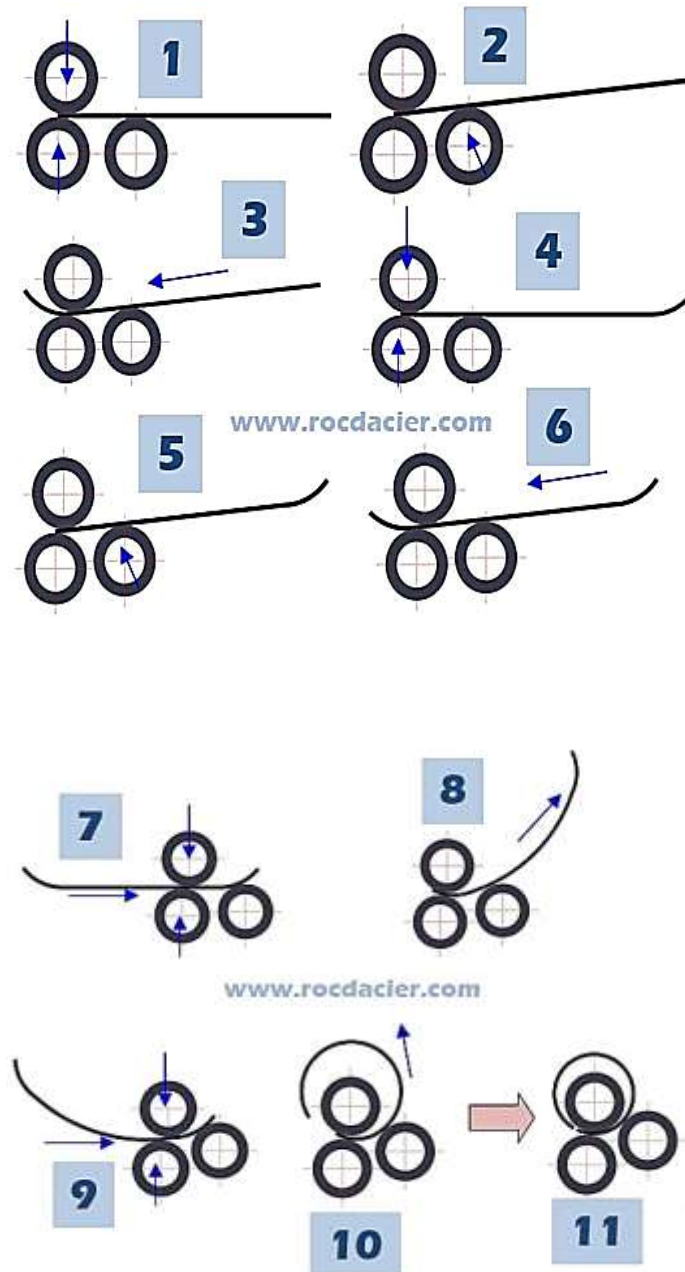


Figure 22 : Procédure de roulage avec 3 rouleaux

### II.3. 3. Rouleuses de Type planeur à 4 rouleaux :

Le quatrième rouleau permet le roulage de sortie et évite ainsi le retournement pour le formage de l'extrémité. Les machines à rouler les plus courantes sont actuellement celles du type planeur avec adaptation d'amorçage. Un dispositif articulé du rouleau supérieur permet la sortie des pièces présentant un cintrage fermé. Les rouleuses classiques ont une capacité limitée quant au rayon minimum pouvant être obtenu. En règle générale, ce rayon ne doit pas être inférieur à 3 fois le diamètre du cylindre supérieur  
 Domaine d'utilisation : de 6 à 200 mm

#### ➤ Procédure pour rouleuse 4 rouleaux

La procédure est la même que pour le roulage avec 3 rouleaux, sauf que le 4ème rouleau permet de ne pas retourner la tôle et de la laisser pincée.

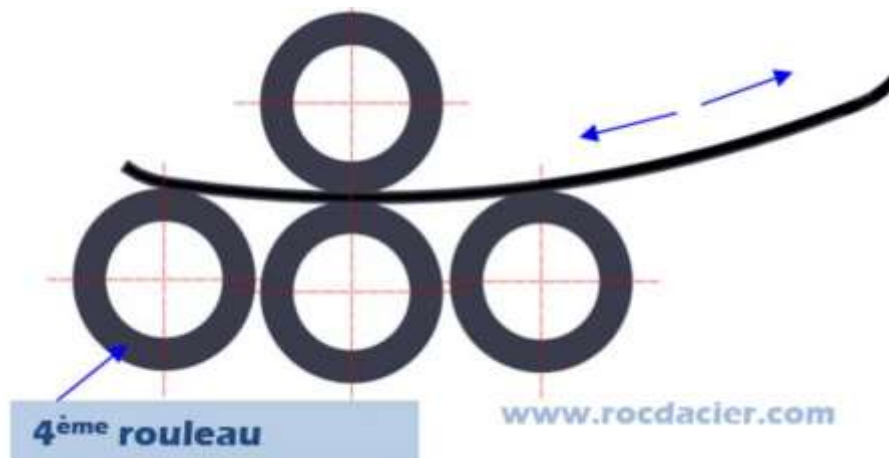


Figure 23 : Procédure de rouleuse 4 rouleaux

#### ➤ Avantage :

- Dégauchissement de la tôle par rapport à la génératrice d'un des rouleaux cintrés
- Serrage de la tôle entre les rouleaux d'entraînement pendant les opérations de croquée et de Roulage.
- Croquée des deux extrémités sans retournement de la tôle
- Opération de calibrage après soudage facilité par la présence des deux rouleaux cintrés.
- Formage des cônes en continu à trois rouleaux où l'un des rouleaux latéraux pour les Machines à quatre rouleaux.



Figure 24 : Rouleuse à 4 rouleaux

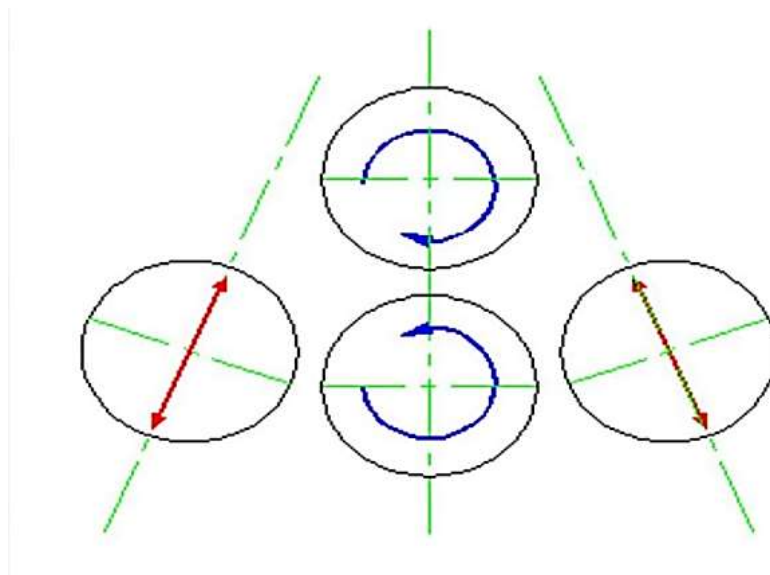


Figure 25 : Rouleuses de Type planeur à 4 rouleaux

### II.3.4. Rouleuse de type croqueur :

Ces machines ont l'avantage d'effectuer elles-mêmes le craquage des extrémités des tôles. La surface plane varie de 0,5 à 2 fois l'épaisseur selon la conception de la machine et ses performances. Le placement des rouleaux et le mouvement relatif varient selon le modèle de machine. Les trois principaux types de machines qu'on retrouve dans l'industrie sont :

- Rouleaux inférieurs symétriques à déplacement vertical ;
- Rouleaux inférieurs symétriques à déplacement horizontal ;
- Rouleaux inférieurs asymétriques.



Figure 26 : rouleuse croqueuse

### II.3.5. Rouleaux inférieurs symétriques à déplacement vertical :

Les trois rouleaux ont le même diamètre. Le galet supérieur est fixe en translation et est entraîné par le mécanisme suivant. Mouvement du rouleau inférieur incliné par rapport à la verticale ou à la verticale [14]

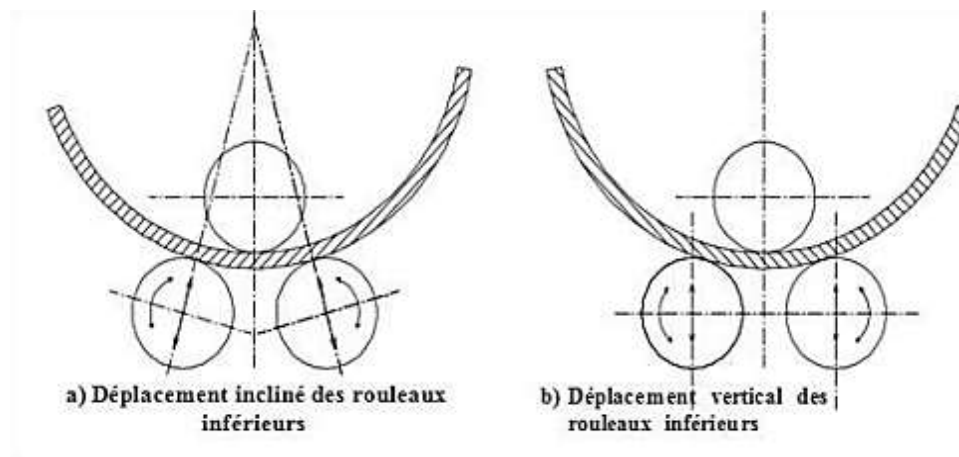
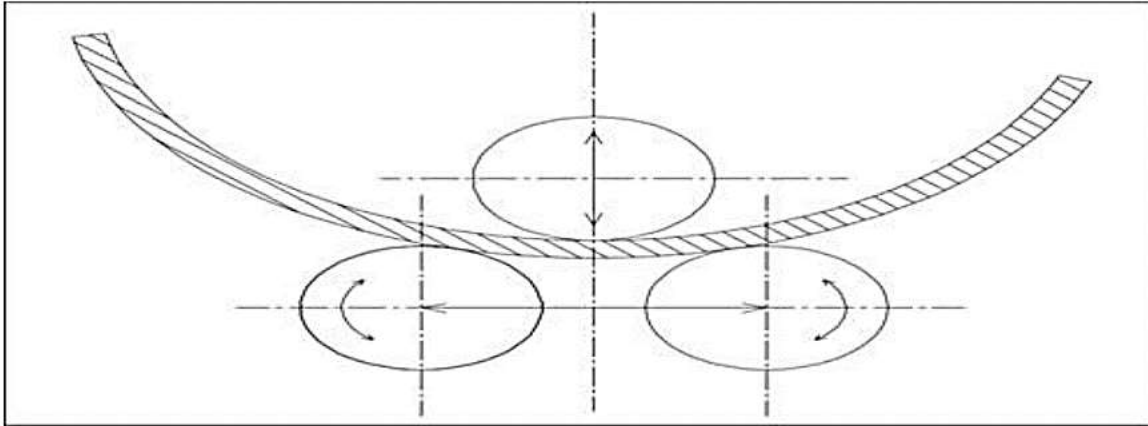


Figure 27 : Rouleaux inférieurs symétriques à déplacement vertical.

### II.3.6. Rouleaux inférieurs symétriques à déplacement horizontal :

Le rouleau supérieur a un mouvement vertical. Les rouleaux inférieurs sont commandés et animés par un mouvement de va-et-vient horizontal. La distance entre les rouleaux inférieurs reste fixe. Cependant, les rouleaux inférieurs ne sont pas entraînés par mouvement vertical



**Figure 28 :** Rouleuse de type croqueur à déplacement horizontal des rouleaux

### II.3.7. Rouleaux inférieurs asymétriques :

L'entraînement est assuré par deux rouleaux, un rouleau supérieur et un rouleau inférieur situés en dessous. Les rouleaux d'entraînement sont dans le même plan vertical ou légèrement décalés les uns des autres. Cette dernière disposition permet d'augmenter la capacité de craquage. Le rouleau d'entraînement inférieur est réglable en hauteur. La version asymétrique permet d'obtenir des pièces cylindriques plus précises, car la tôle est maintenue serrée entre les rouleaux supérieur et inférieur pendant le processus de roulage.

L'inconvénient principal de ce type de rouleuse est de nécessiter un retournement de la tôle pour croquer les deux extrémités.

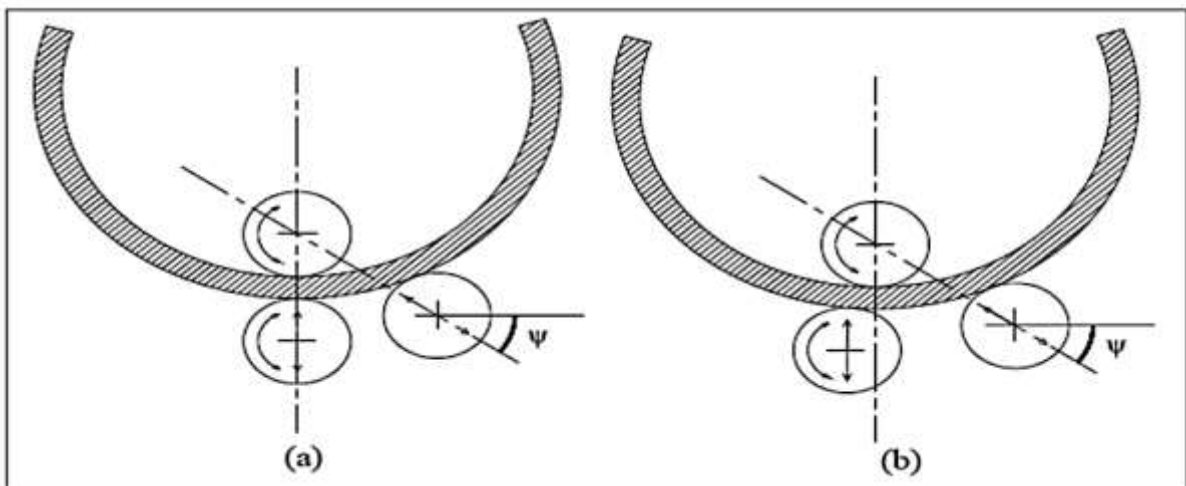
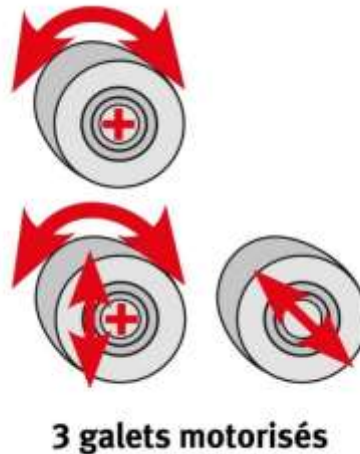


Figure 29 : Rouleaux inférieurs asymétriques

#### II.4. La différence entre les rouleuses

La rouleuse de type pyramidale possède 3 rouleaux. Le rouleau supérieur est amovible, pivote et permet la sortie du cylindre fini. Il reste fixe pendant le cycle du roulage. L'entrée de la tôle peut se faire des deux côtés. Le roulage pyramidal ne permet d'effectuer le croquage. Si on ne prévoit pas ce croquage auparavant on obtient un méplat qui donne un cylindre non circulaire.

**La rouleuse de type planeur (3 rouleaux)** est composée d'un rouleau supérieur amovible, mais fixe pendant le roulage. Il permet le **serrage de la tôle** lorsque le rouleau opposé, inférieur, est relevé contre la tôle à rouler. Ce rouleau est motorisé et entraîne la tôle. Le dernier rouleau, complètement excentré, permet de donner la forme à la tôle. Le croquage est possible en retournant la tôle.

**La rouleuse de type croqueur (4 rouleaux)** est composée d'un rouleau supérieur fixe pendant le roulage mais dont le palier est amovible pour libérer la tôle lorsque le roulage est terminé. Il sert aussi de serrage pour la tôle lorsque le rouleau inférieur est relevé. Le rouleau inférieur entraîne la tôle. Les deux autres rouleaux sont excentrés et mobiles. Ce sont eux qui permettent le cintrage. Le fonctionnement est identique aux rouleuses de type planeur mais le croquage peut se faire des deux côtés sans enlever la tôle.

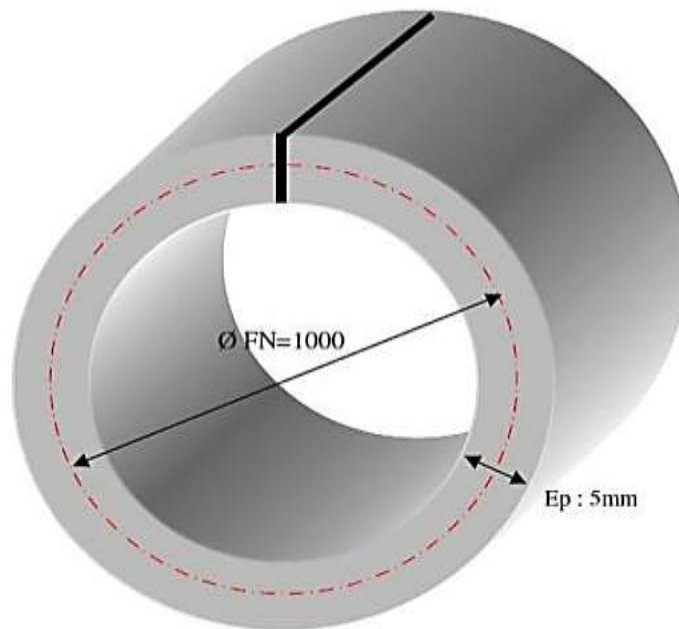
### II .5. Calcul de la longueur développée

La longueur développée d'une virole se calcule à partir du  $\emptyset$  en fibre neutre,  $\emptyset$  passant par le milieu de l'épaisseur de la tôle de couleur rouge sur le croquis ci-contre.

Exemple :  $\emptyset$  extérieur de la virole = 1005mm

Épaisseur de la tôle = 5mm

Longueur développée =  $(1005 - 5) \times 3,14 = 3140$  mm



Calculer le diamètre du cylindre.

$$LD = \text{Périmètre} = \Pi \times D = (\Pi \times 2 \times r)$$

**II.6. Les phases de l'opération :**

ETAPE 1 : descendre les cylindres inférieurs et arrière selon l'épaisseur de la tôle

ETAPE 2 : pousser la tôle dans les cylindres

ETAPE 3 : placer la tôle dans les cylindres comme indiqué page 23 et monter le cylindre inférieur pour serrer la tôle.

ETAPE 4 : pousser la tôle près de l'axe du cylindre latéral

ETAPE 5 : monter le cylindre arrière en fonction du diamètre désiré pour faire le croquage

ETAPE 6 : appuyer sur le bouton de montée du cylindre et tourner la tôle de quelques degrés en appuyant sur la pédale. Vérifier le croquage à l'aide d'une jauge en fonction du diamètre désiré. Si le craquage est correct appliquer le même processus sur le côté opposé en retournant la tôle.

ETAPE 7 : déplacer le cylindre latéral vers le haut jusqu'à l'obtention du diamètre désiré puis faire tourner les cylindres

ETAPE 8 : lorsque la dimension désirée est obtenue, faire une rotation ou deux supplémentaires des cylindres.

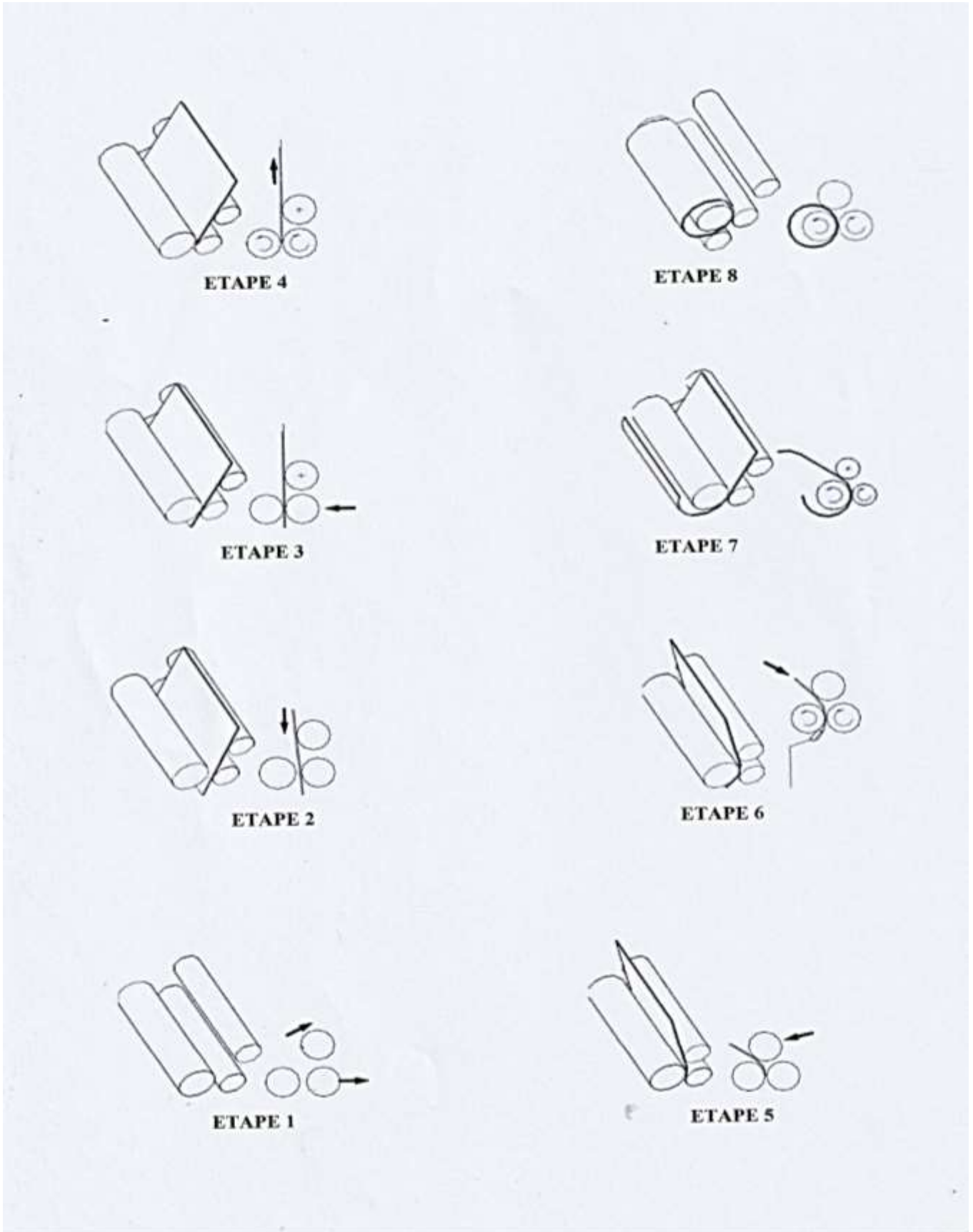


Figure 30 : image illustratif des déférent phase de l'opération de roulage

**A certain moment il peut y avoir des déformations :**

Elles peuvent être due à :

1. L'erreur de tonneau
2. L'erreur de tonneaux inversés
3. A l'erreur de cylindre
4. A l'erreur de l'ovalie
5. A l'erreur d'entortillage
6. A l'erreur de trajectoire incorrecte. Les machines sont fabriquées en évitant ses erreurs.

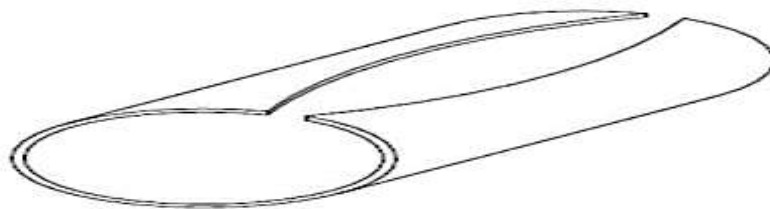
La conicité des billes cylindriques est calculée de manière à obtenir des performances élevées même dans les cas les plus épais. Cependant, être extrêmement épais ou mince peut entraîner une déformation.

**II.7.1. Erreur de tonneau**

La forme finale est celle où les extrémités sont rapprochées mais il y a trop d'espace au milieu. Cette forme est le résultat de l'inclinaison de la bille cylindrique sous la pression du processus de torsion.

Premier cause la tôle est trop épaisse pour la capacité de la machine. Pour résoudre ce problème il n'y a qu'une seule solution, c'est d'utiliser une machine de plus grande capacité

Deuxième cause : La pression de serrage de la balle inférieure peut être trop élevée.



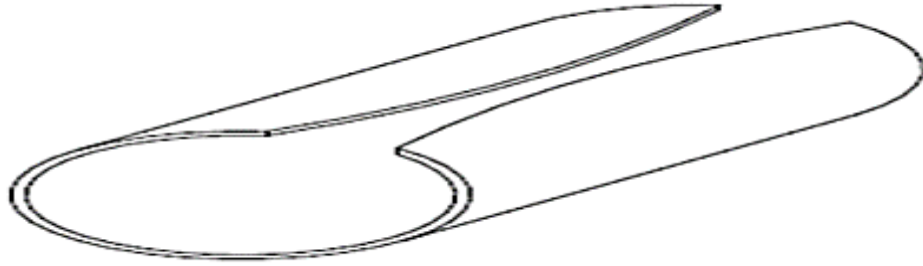
**Figure 31 : Erreur de tonneau**

**II.7.2. L'erreur de tonneau inverse :**

La forme obtenue est fermée au milieu mais ouverte aux extrémités

Première cause : la tôle utilisé est trop fine. La solution est d'utilise une machine a capacité plus faible

Deuxième cause : la pression de serrage est trop faible



**Figure 32** : Erreur de tonneau inversé

### II.7.3. Erreur cylindrique :

Cela se traduit par l'un des côtés du cylindre soit plus ferme que l'autre.

Cela est causé par le fait que les billes de cylindres ne sont pas parallèles. En règle ce problème par la vérification du parallélisme.



**Figure 33** : Erreur cylindrique

Une autre raison de cette erreur est que nous voulons déformer les pièces fines en les plaçant les unes à côté des autres. Quelle que soit l'épaisseur de cette pièce, elle nécessite une torsion constante au milieu de l'arbre

#### II.7.4. Erreur d'ovalie

Dans cette erreur, la plaque torsadée n'est pas circulaire mais elliptique. La raison de cette erreur est le comportement de l'opérateur pour changer la position de la bille cylindrique lors de la torsion.

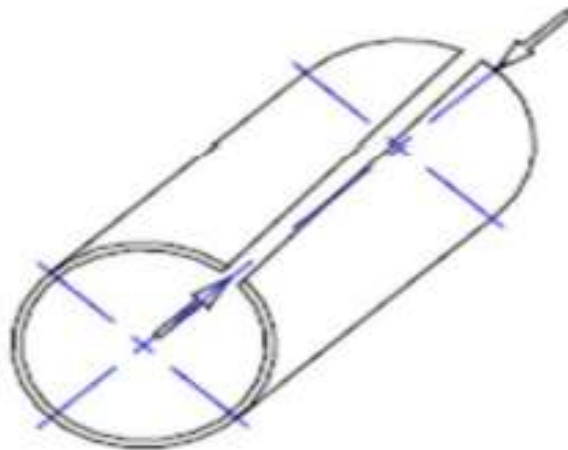
#### II.7.5. Erreur d'entortillage :

Dans cette variante, les extrémités se recouvrent par torsion d'un diamètre inférieur au diamètre souhaité.

Il s'agit d'une erreur de l'opérateur. De plus, si la pression est réglée à plus qu'il est réellement nécessaire, le matériau s'étirera et cette erreur se produira.

#### II.7.6. Erreur de fausse trajectoire :

Cette erreur se produit lorsque les sphères cylindriques ne sont pas parallèles et lorsque des tôles d'épaisseurs différentes sont utilisées. Vérifiez le parallélisme des billes du rouleau et la position de la tôle. Si cela se produit en raison de l'épaisseur inégale de la tôle, il n'y a aucun moyen.[15]



**Figure 34 :** Erreur de fausse trajectoire

**II.7.7. Défauts de réglage de mouvement :**

Sont souvent causées par une mauvaise manipulation de la machine



**Figure 35:** Défauts de réglage de mouvement

**II.8. Sécurité**

- ✓ Eviter le port des vêtements flottants.
- ✓ Port d'un casque antibruit.
- ✓ Travailler seul sur le poste de travail. (Pour les grands formats de tôle, à deux mais il y a un responsable)
- ✓ La zone de travail doit-être dégagée, matérialisée et protégée.

**II.9 1. Zones dangereuses de la machine**

Les cylindres inférieur et supérieur d'une rouleuse asymétrique sont rotatifs. Lorsque la machine travaille, faire attention à ne pas mettre les mains sur les rouleaux et faire attention à ce que vos vêtements ne soient pas happés dans les cylindres lorsqu'ils tournent. Ceci serait très dangereux. Attention également à vos doigts

Ne pas oublier d'appuyer sur le bouton d'arrêt d'urgence ou de tirer sur le câble en cas de situation dangereuse. **N'AUTORISER PERSONNE À VENIR PRES DE LA ZONE DE TRAVAIL DE LA MACHINE.**

En cas de situation dangereuse, arrêter le fonctionnement de la machine, en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence ou en poussant le câble de sécurité. Arrêter la machine avant toute

opération de maintenance, de nettoyage et de réparation. Ne jamais enlever les composants de sécurité (câble de sécurité, arrêt d'urgence, etc....)

### **II.9.2. Les risques de la machine**

Lors d'une mauvaise utilisation

- Main ou doigts de l'opérateur.
- Vêtements ou autres - déformation de la tôle.
- d'autres ouvriers se trouvent près de la machine lors du roulage
- Accessoires de roulage de la machine Seules les personnes autorisées peuvent mettre en route, utiliser et faire la maintenance de la machine. Ne pas rouler des parties dures sur la machine, en dehors des tôles acier et aluminium. Dans le cas contraire, ceci peut créer des risques d'endommagement pour la machine et pour l'opérateur. Toutes modifications sur la machine sont interdites. Les instructions de maintenance et les facteurs sécurité indiquées dans la présente notice sont supposés être respectés et appliqués.

Lors du fonctionnement de la machine, pour des matériaux durs et tranchants, l'utilisateur doit porter des chaussures de sécurité et des gants. Lors de la maintenance et la réparation de la machine, le personnel autorisé doit être muni des équipements nécessaires : 9 Jeu de tournevis. 9 Jeu de clés de serrage 9 Jeu de clés 9 Pompe à graisse 9 Gants – chaussures de sécurité

### **II.9.3. Sécurité machine**

Lors du montage La machine doit être positionnée sur un sol solide et dur. (Vérifier le plan de fondation) La machine qui n'est pas fixée au sol peut tomber. Elle doit donc être impérativement fixée sur un sol approprié Le roulage peut ne pas être fait correctement par la machine si elle n'est pas parfaitement positionnée. Le matériau à rouler ne sera pas droit et il se produira des vibrations et des endommagements. Si avant son installation, la machine doit être stockée, elle doit être recouverte d'une protection nylon imperméable et protégée de la poussière et des conditions climatiques. De plus des dommages peuvent survenir du fait d'un mauvais positionnement. L'emplacement de la machine doit être propre à tout moment.

## **II.10. Utilisation de la machine**

### **II.10.1. Information générale**

Pour obtenir la meilleure performance de la machine, une utilisation correcte, un bon entretien et un nettoyage régulier sont nécessaires. La situation physique du matériau à rouler est très importante et une bonne préparation est nécessaire avant le roulage.

- a- Pour les tôles découpées à l'oxygène, nettoyer les tranchants avec un papier abrasif.
- b- Toutes aspérités, rouille ou autre doit être nettoyées sur la tôle. Elles pourraient endommager les cylindres même si les rouleaux sont traités.
- c- Les deux côtés de la tôle doivent être nettoyés.
- d- Avant le roulage contrôler les pièces. En cas de problème, refaire un nettoyage. L'état physique du matériau affecte la qualité du roulage du matériau, Si la surface est très sale, la surface de la tôle doit être sablée.

### **II.10.2. Qualité de la rouleuse**

Si la qualité du matériau à rouler est différente, le réglage du roulage sera différent. Les matériaux que vous pouvez rouler en série et quantité peuvent ne pas donner les mêmes résultats. Les effets sur la qualité du matériau sont très importants comme ci-dessous :

-la qualité du matériau.

-le point de résistance

-le module d'élasticité

-Si l'épaisseur du matériau n'est pas la même partout, le matériau ne sera pas homogène.

-Le sens de la fibre du matériau Ces facteurs sont très importants. Les résultats de roulage ne seront pas les mêmes si un de ces facteurs est différent avant l'opération. Par exemple, avec les mêmes réglages de la machine, les diamètres peuvent être différents si le facteur élasticité n'est pas identique. Autre exemple : si vous roulez deux tôles, les résultats peuvent être différents d'une tôle à l'autre. Le point de résistance peut changer si les opérations de roulage sont faites deux fois. Du fait de l'importance de ces facteurs dans le roulage, afin d'avoir des résultats les plus proches d'une tôle à l'autre, vous devez utiliser uniquement des tôles de bonne qualité. L'autre erreur de roulage est le roulage de grands diamètres. Le début de l'opération de roulage

doit être correct dans ce cas. Au milieu de l'opération, le poids même de la tôle peut influencer la qualité du roulage et il est alors recommandé d'utiliser un support tôle

### **II.10.3. Entretien**

Pour augmenter la productivité, il est nécessaire d'effectuer une maintenance correcte et un nettoyage régulier.

**Nous pouvons diviser le processus de maintenance en 2 groupes :**

Maintenance préventive

Réparation et maintenance comme résultat d'un défaut

### **II.10.4. Maintenance préventive**

La maintenance préventive est une série de précautions qui doivent être prises avant que les défauts arrivent. Ces précautions sont :

- contrôle régulier du graissage
- nettoyage régulier - nettoyage des tôles à plier
- contrôle des pièces cassables (roulement, bague, etc. ...)
- contrôle des écrous etc. (desserrage éventuel)

### **II.10.5. Nettoyage régulier**

Lors du roulage, de la rouille, de la poussière, etc..., adhèrent aux rouleaux. Les cylindres doivent être nettoyés après chaque processus de roulage et leur surface doit être vérifiée. Même si les cylindres sont traités, les tôles trop dures ne doivent pas être roulées. La zone de travail de la machine doit être des conditions climatiques poussiéreuses. Un autre point important est la vis de la boîte de vitesse des cylindres supérieur et inférieur. Ces vis doivent être vérifiées, graissées et les corps étrangers.

### **II.10.6. Vérification des pièces d'usure sur la machine**

Si l'opérateur ou la personne responsable de l'entretien entend un bruit anormal dans la machine pendant le roulage, ce dernier doit arrêter la machine et contrôler d'où vient le problème. Le résoudre dans les plus brefs délais pour éviter que ce dernier ne s'aggrave.

### **II.10.7. Réparation de la panne**

Lors de situations de panne ou d'entretien, le carter de la machine doit être fermé et l'alimentation électrique coupée. La réparation doit être effectuée par une personne autorisée à l'aide des éclatés de la machine.

### **II.10.8. Graissage**

2 types de lubrifiants sont utilisés pour nos machines

- graisse (pour graisser les engrenages et les bagues)
- huile liquide

### **II.11. Conclusion**

Le roulage est un des nombreux procédés de mise en forme à froid, à l'aide de différentes rouleuses telle que les rouleuses pyramidales asymétrique ou des rouleuses a 4 rouleaux on peut transformer une tôle plane en cylindre à la fin, connaître les nombreuses configurations ainsi que les nombreuses erreurs qui peuvent survenir pendant le roulage est très important pour avoir une pièce parfaite au final.

# **CHAPITRE III**

## **Les citernes**

### **III .1. Introduction**

Le stockage d'eau est chose essentielle de tous les projets de construction, avoir accès à de l'eau potable à toute heure de la journée est primordial dans notre société moderne, pour ça on utilise soit des bassins à grande capacité certes qui permettent de stocker plus d'eau et plus résistants mais trop encombrants et plus compliqués en fabrication et nettoyage, donc souvent on opte pour plus légers et plus faciles de fabrication et d'entretien que sont les citernes métalliques.

Les citernes pour le stockage des eaux alimentaires peuvent être utilisées par les entreprises, les propriétés résidentielles, les municipalités, comme stockage ponctuel ou permanent des eaux alimentaires en zones urbaines ou rurales.

Ces citernes sont en forte demande en raison des exigences sur le stockage des eaux alimentaires, des règles d'hygiène, des assurances et des réglementations. Des réglementations sont en place pour assurer la sécurité des eaux et des populations.

Une citerne pour le stockage des eaux alimentaires est utilisée pour fournir aux installations qui demandent un stockage et le contrôle direct de ce dernier qui garantira que les eaux alimentaires puissent être stockées dans les meilleures conditions.

### **III.2. Matériaux de fabrication**

Pour avoir une citerne qui peut répondre à toutes les exigences d'un foyer on utilise souvent des citernes qui varient de 1000 à 3000L de capacité de stockage.

On utilise des tôles en acier de 1mm à 2mm d'épaisseurs suivant les dimensions qu'on passe sur des rouleuses de tôles pour avoir leurs formes cylindriques.

Les réservoirs standards sont pour la plupart construits en acier S 235 JR



**Figure 36** : image représente un modèle de tôle conçu pour fabrication des citernes

### III.3. Caractéristiques techniques des citernes

#### III.3.1. Marquage

Le tableau .1 décrit les prescriptions technico-administratives que doit porter le marquage des citernes

Nom du constructeur / Client	Année de fabrication	Capacité
	2022	1000 L

#### III.3.2. Dimensions

Le tableau .2 comporte les cotations dimensionnelles de la citerne

**Tableau.2.** Cotations dimensionnelle de la citerne 1000 L

Diamètre	Hauteur Totale	Epaisseur	poids
100 cm	120cm	1mm a 2mm	162 kg

**III.4.les avantages a installer une citerne pour stockage des eaux alimentaires**

- Les eaux alimentaires sont absolument nécessaires pour la vie. Avoir le bon équipement à disposition immédiate permet de stocker de l'eau potable et de réduire les risques de manque.
- Réserve de stockage sur un site, le fait de disposer d'une citerne d'eaux alimentaires permet aux utilisateurs de pouvoir brancher rapidement et facilement leurs équipements pour une meilleure efficacité.

**III.5. Protection contre la corrosion de la citerne pour stockage des eaux alimentaires :**

Le matériau utilisé pour la réalisation des citernes cylindriques Réservoirs est de l'acier, alliage de fer et de carbone.

La peinture de finition a pour fonction de protéger la citerne des agressions extérieures diverses et variées. Tous les raccords, brides et accessoires des citernes pour stockage des eaux alimentaires sont également en acier avec le choix de les réaliser en acier inoxydable. Les composants structurels tels que les angles supérieurs et inférieurs, les accessoires en option et les trous d'homme sont conçus pour résister durablement à la corrosion. Tous les écrous, boulons et rondelles sont galvanisés.

**III.6. Avantages produits**

Sécurité & Confort d'Usage

Cuve contrôlée et prête à l'emploi

Intérieur lisse, facilité d'entretien et de nettoyage

## III.7. Identification technique de la citerne

Désignation	Appellation commerciale
matériaux	Acier S 235 JR
Poids en Kilogramme	162
Diamètre en millimètre	1200
Epaisseur de la paroi en millimètre	2
Hauteur totale en millimètre	1000
Position en service	Horizontale / Verticale



Figure 37 : la citerne de 1000L

## III.8. Processus de fabrication

Coupe a la longueur des tôles :

On découpe la tôle en acier S 235 JR d'une manière rectangulaire pour un cisailage à la longueur voulue, correspondant à la circonférence déterminée par le diamètre de la citerne.

Roulage des tôles coupé :

Une fois cette étape est faite on procède au nettoyage de la tôle pour éliminer toutes les impuretés ou rouilles qui puisse s'installer. Afin d'avoir un roulage constant et une tôle bien lisse.

Après ça on présente la tôle dans la rouleuse de tôle puis on procède au roulage on la fait passer plusieurs fois pour avoir le diamètre voulu.

Raboutage des extrémités :

Une fois le procédé et terminer on soude les extrémités de la tôle avec une soudure intérieure. On aura comme ça un cylindre fermé. On devra le fermer avec deux tôles sois plate sois bombé.

Soudage des joints

- La citerne assemblée est transportée à l'aide du pont roulant et déposée sur des vireurs automoteurs, sous le bras de la potence de soudage. La cuve est mise en rotation et le soudage du joint, s'effectue en continu. La potence est mobile en translation pour atteindre la localisation de chacun des joints et la vitesse de rotation des vireurs est réglée de sorte à délivrer la vitesse de déplacement tangentiel réclamée par le procédé de soudage.

Tests d'étanchéité des soudures

- Deux tests sont alors pratiqués à ce stade, un ressuage et une épreuve pneumatique.

Travaux de finition, accessoires, piquages

- Si la citerne a vocation à être enterrée, la double peau dont les éléments ont été fabriqués séparément est installée et soudée avec la potence tandis que les trous d'homme et les supports de chambre étanche sont mis en place et soudés manuellement.

Traitement de surface

- Conformément aux spécifications, la citerne subit alors les traitements suivants.
- Un grenailage en cabine de type SA 2.5 selon la norme ISO 8501-1 à l'issue duquel la rugosité Rz d'environ 80 microns est mesurée pour vérification selon la norme ISO 85034

### **III.9. Citerne a gaz**

Pour tous les foyers qui ne peuvent pas être raccordés au gaz naturel, le gaz en citerne (propane) constitue une très bonne solution de remplacement. Accessible partout, ce combustible économique permet d'assurer l'ensemble des besoins d'un foyer et émet moins de carbone que d'autres énergies, comme le fioul par exemple.

### **III.9.1. Le gaz propane est un hydrocarbure léger**

Inodore et non toxique. Il s'agit d'un combustible fossile, issu de matières organiques en décomposition, tout comme le gaz naturel. Il est obtenu à partir de l'extraction du gaz naturel ou dérivé du pétrole brut par raffinage. À l'état gazeux, le propane est très volumineux. Pour être transporté plus facilement, il est stocké sous forme liquide. On le trouve dans le commerce sous la dénomination « Gaz de Pétrole Liquéfié » ou GPL.

Butane et propane possèdent des formules chimiques très proches et sont tous deux désignés sous l'appellation GPL. Ces deux gaz se distinguent principalement par leur température d'ébullition. Pour le butane, elle est d'environ 0 °C contre -44 °C pour le propane. Par conséquent, le butane est surtout recommandé pour un usage domestique (alimentation du chauffe-eau, de la gazinière...) et doit être conservé à l'intérieur de l'habitation. Résistant aux basses températures, le propane ne craint pas les hivers les plus rudes. Il doit être stocké à l'extérieur, sous forme de bouteilles de gaz ou en citerne.

### **III.9.2. Les conditions pour installer une citerne de gaz propane**

Le gaz propane monte très rapidement en pression et doit donc être stocké à l'extérieur pour des raisons de sécurité. Installer une citerne de propane nécessite de disposer d'un espace suffisant à l'extérieur. Dans le cas contraire, optez pour des bouteilles de gaz. C'est votre fournisseur de gaz qui s'occupe de la mise en place de la citerne, de son entretien et de son remplissage. C'est en revanche à vous de surveiller régulièrement le niveau de la jauge de votre citerne de gaz pour ne pas risquer de tomber à court de chauffage en plein hiver.

### **III.10. Quel type de citerne choisir ?**

Les citernes se déclinent en différentes capacités. Pour les particuliers, elles varient généralement entre 1 000 et 2 000 kg. On distingue également deux modèles : la citerne aérienne ou enterrée. Facile à mettre en place et économique, la citerne aérienne est simplement posée sur une dalle. Vous souhaitez continuer à profiter d'une belle vue dans votre jardin ? La citerne enterrée est faite pour vous. Seul son capuchon de couleur verte émerge à la surface du jardin. Sa mise en service est un peu plus complexe, car elle nécessite de creuser une fosse. Comptez environ une demi-journée pour l'installation.

### III.10.1. la citerne de gaz propane aérienne

1600 l

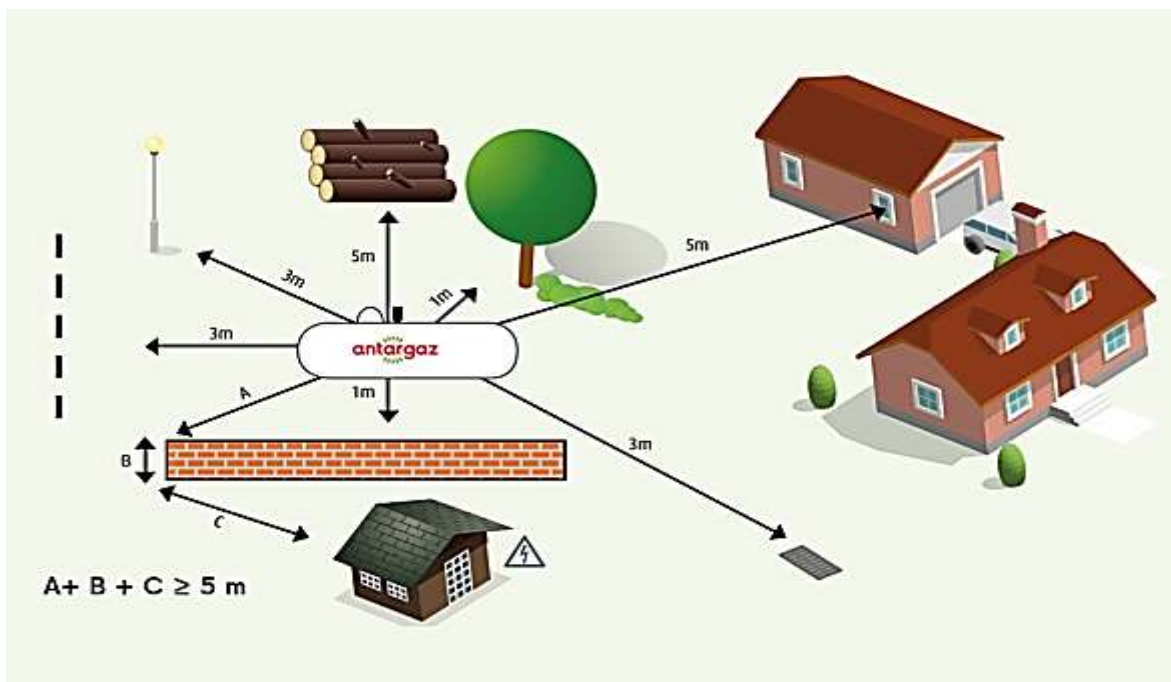
- Longueur : 2,30 m

- Diamètre : 1 m

2700 l

- Longueur : 2,48 m

- Diamètre : 1,25 m



Distances de sécurité minimales, à partir de la citerne (pour des réservoirs  $\leq 3000$  litres) 1 m

- Passage libre autour de la citerne 3 m
- Depuis la limite de la propriété
- Depuis un éclairage de jardin
- Depuis une voie publique (alignement)
- Depuis un matériau combustible (tas de bois, terrasse, bardage...)
- Puits ouverts non reliés aux locaux 5 m
- Depuis l'ouverture d'une pièce d'habitation

- Depuis l'ouverture d'une pièce sans interdiction de feu
- Depuis l'accès à une cave
- Depuis une ouverture dans le sol (ouverture de grille de ventilation...)

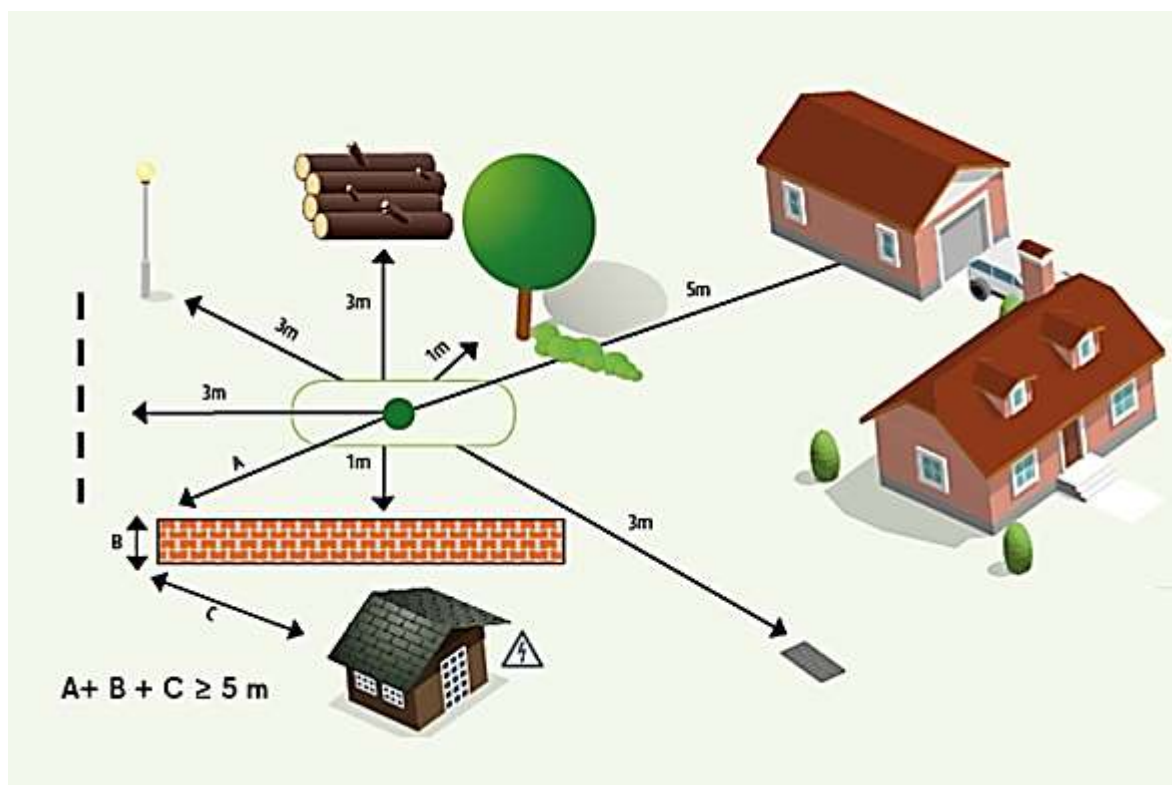
### III.10.2.La citerne de gaz enterrée

2400 l

- Longueur : 2,40 m
- Diamètre : 1,20 m
- Dimensions du trou à creuser : 3,40 x 2,20 m

2950 l

- Longueur : 2,86 m
- Diamètre : 1,20 m
- Dimensions du trou à creuser : 3,86 x 2,20 m



*Distances de sécurité minimales (pour les citernes  $\leq 3000$  litres) 1 m*

- Passage libre autour du trou d'homme 2,5 m
- Depuis la citerne jusqu'à :
  - Limite de la propriété
  - Toute voie publique 3 m
- De la valve ou l'embout jusqu'à :
  - Limite de la propriété
  - Toute voie publique
- Depuis la paroi de la citerne jusqu'à :
  - Éclairage de jardin
  - Matériaux combustibles (tas de bois, terrasse, bardage...) 5 m
- De la valve ou l'embout jusqu'à :
  - Ouverture d'une pièce d'habitation
  - Ouverture d'une pièce sans interdiction de feu
  - Accès à une cave
  - Ouverture dans le sol (ouverture de grille de ventilation...)

### **III.11. Citernes de transport de produits chimiques**

Comme leur nom l'indique, les matières dites "dangereuses" représentent l'ensemble des matières dont les différentes propriétés ou réactions qu'elles peuvent provoquer sont susceptibles de porter atteinte de manière plus ou moins durable à l'intégrité des personnes, des biens et/ou de l'environnement. Il peut s'agir notamment de produits usuels et dont la forte concentration impose le respect de différentes mesures de sécurité.

Parmi les différents risques véhiculés par des matières dangereuses, il est possible de lister des risques d'inflammation, d'explosion, de corrosion ainsi que des risques toxiques ou à forte volatilité.

### **III.11.1. Comment sont transportées des matières dangereuses par la route**

Le transport des matières dangereuses par le biais des voies de circulation représente à lui seul près de 75% du transport de matières dangereuses dans l'ensemble du pays. De par la nature même des matières transportées, celles-ci doivent être stockées dans des réservoirs spécialement conçus afin d'assurer leur transport dans les meilleures conditions possibles : les citernes.

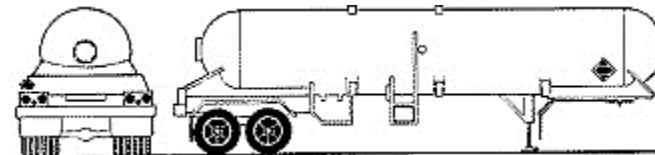
Les usagers de la route peuvent être amenés à croiser différents types de citernes en fonction des différentes catégories de matières dangereuses ainsi transportées. Il existe donc :

- Des “citernes fixes”, qui sont directement fixées sur le châssis du véhicule tracteur, ou faisant partie de celui-ci. Leur capacité de transport est supérieure à 1000 litres
- Des “citernes démontables”, d'une capacité supérieure à 450 litres, et qui peuvent quitter leur véhicule tracteur une fois vidées, dans la majorité des cas
- Des “conteneurs-citerne”, qui peuvent se transporter et rester stockés comme des conteneurs traditionnels, mais qui sont spécialement conçus pour accueillir des liquides. Ils peuvent accueillir jusqu'à 26 000 litres de liquide pour les plus grands
- Des “citernes à déchets opérant sous vide”, qui sont spécialement pensées pour assurer le transport des déchets dangereux

### **III.11.2. Signalisation des matières dangereuses sur les véhicules**

Pour aider les usagers de la route à reconnaître les matières dangereuses transportées par les véhicules concernés, les citernes doivent impérativement comporter certains éléments de signalisation spécifiques aux camions comme :

- Une ou plusieurs plaques orange, installées à l'arrière et sur les côtés du véhicule. Ces plaques peuvent également être vierges ou comporter le numéro d'identification du danger sur la première ligne ainsi qu'un numéro ONU (sur la seconde ligne), selon les cas
- Une ou plusieurs plaquettes colorées “symbole de danger” placardées sur le véhicule, et qui permettent de montrer visuellement le type de danger auquel pourraient être exposés les autres usagers de la route, ainsi que la classe de danger par le biais du numéro indiqué juste en dessous du précédent

**TC331**

Citerne routière pour gaz comprimés liquéfiés (e.g. GPL, NH<sub>3</sub>);

Acier ou aluminium;

Pression de calcul ne doit pas être inférieure à 690 kPa (100 psi) ni supérieure à 3450 kPa (500 psi);

**TC338**

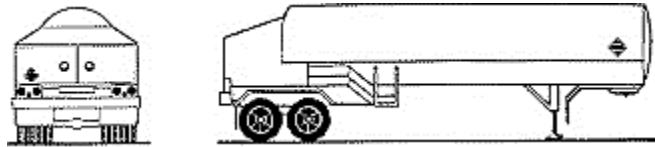
Citerne routière calorifugée pour gaz en tant que liquides réfrigérés;

Réservoir intérieur soudé, supporté et entouré par une chemise;

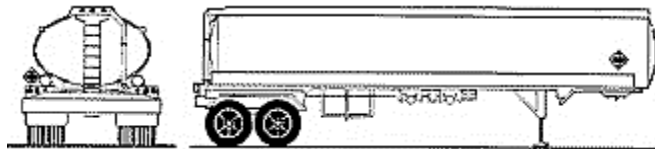
Calorifugeage entre le réservoir et la chemise;

On peut utiliser une chemise assurant le vide;

Pression de calcul ne doit pas être inférieure à 180 kPa (26 psi) ni supérieure à 3450 kPa (500 psi);

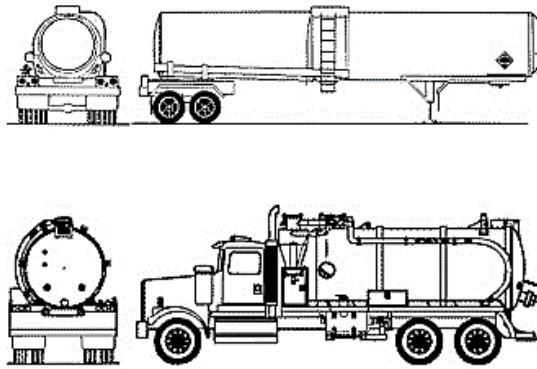
**TC341**

Citerne routière calorifugée pour liquides réfrigérés non inflammables;  
Soupape régulatrice de pression doit entrer en jeu à 175 kPa (25.3 psi);  
Réservoir intérieur supporté et entouré d'une chemise;  
Calorifugeage entre le réservoir et la chemise;  
On peut utiliser une chemise assurant le vide

**TC406**

Citerne routière pour liquides inflammables et substances peu dangereuses (e.g. essence, diesel);  
Virole en acier, en aluminium ou en plastique renforcé;  
Pression maximale de service admissible entre 18 kPa et 28 kPa (2.65 et 4 psi);  
Pour le transport du pétrole brut, PMSA entre 18 kPa et 100 kPa (2.65 et 14.7 psi);

**TC407**



Citerne routière pour liquides toxiques, corrosifs ou inflammables;

Section transversale circulaire;

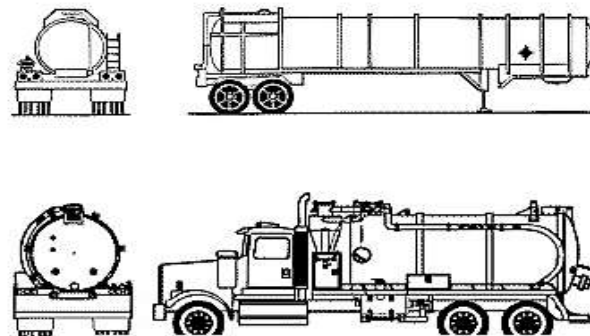
PMSA d'au moins 172 kPa (25 psi);

Au-delà de 235 kPa (35 psi) ou chargée sous vide, doit être conforme aux exigences de l'ASME;

Peut être chargée sous vide si la pression de calcul extérieure est d'au moins 103 kPa (25 psi) et la pression de calcul intérieure est d'au moins 173 kPa (15 psi);

Acier, aluminium ou plastique renforcé;

#### TC412



Citerne routière pour liquides corrosifs ou inflammables

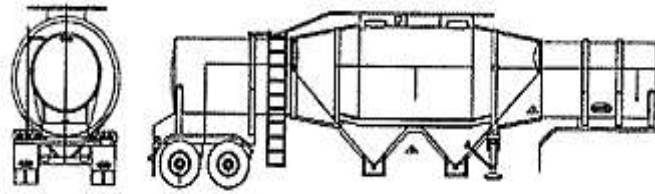
PMSA d'au moins 35 kPa (5 psi);

Pour une PMSA supérieure à 104 kPa (15 psi), section transversale circulaire et homologuée aux exigences de l'ASME;

Acier, aluminium ou plastique renforcé;

Peut être chargée sous vide si la pression de calcul extérieure est d'au moins 103 kPa (15 psi) et la pression de calcul intérieure est d'au moins 173 kPa (25 psi);

TC423



Citerne routière pour explosifs à émulsion et en bouillie;

PMSA non inférieure à 35 kPa (5 psi) ni supérieure à 103 kPa (15 psi);

Acier ou aluminium

Configuration à fonds coniques permise;

Calorifugée.

### III.12. Conclusion

Plusieurs citernes sont utilisées pour différents usages dans la vie quotidienne, étant le moyen le plus facile et le moins coûteux pour stocker et transporter différents produits que ce soit liquide ou gazeux, les citernes fabriquées en métal sont les plus répandues grâce à leur résistance et longévité.

## **Chapitre IV**

### **Présentation du projet à réaliser**

## **IV.1. Problématique**

Avoir accès à de l'eau en permanence et devenu une nécessité dans nos villes et durant notre ère actuelle, pour cela on a disposition des citernes pour stocker ces eaux, cependant en Algérie la fabrication de ces citernes et souvent artisanale fabriquer par la main par des soudeurs, notre but est de rendre la fabrication plus facile pour augmenter la productivité

### **IV.1.1. Introduction**

La réalisation de cette tâche nécessite de réfléchir à une machine qui pourra réaliser les tâches que les ouvriers réalisent à mains. Notamment la réalisation du corps de la citerne qui nécessite de rouler une tôle afin de lui donner une forme cylindrique. Donc pour cela on propose de concevoir une machine rouleuse de tôles, qui pourra réaliser cette action plus rapidement et d'une manière plus efficace.

### **IV.1.2. Constat et motivation du travail**

On constate que la grande majorité des citernes présente dans le marché sont fabriquées par des soudeurs d'une manière artisanale, notre but est de pousser l'idée et rendre la production plus optimisée et plus facile. Ça sera bénéfique pour les producteurs en leur rendant la tâche plus facile et les libèrera d'une tâche ardue et ça sera bénéfique aux consommateurs par la disponibilité et par le prix qui se verra en baisse.

## **IV.2. Proposition et choix**

On propose de concevoir une rouleuse de tôles pyramidal qui est facile à manipuler et facile à mettre à fabrication pour le seul but des citernes, mais qui ne se résume pas qu'à cela si le besoin de rouler une tôle pour un autre but.

### **IV.2.1. Cintrage sur la machine à rouler**

Le cintrage sur cette machine est simple :

- On procède par présenter la tôle entre le rouleau supérieur et les rouleaux inférieurs.
- On fait descendre le rouleau supérieur pour exercer une pression sur la tôle et on met en marche la rouleuse à une vitesse de base faible.
- Une fois la tôle commence à prendre forme angulaire on augmente la vitesse et on ajuste la position du rouleau supérieur si l'angle formé est insuffisant

- Une fois la forme désirer est obtenu on arrêt la machine et on retire la tôle.

### IV.2.2. Critères de choix

Les critères sont :

- L'épaisseur de la tôle qui ne dépasse pas les 2mm
- La largeur de la tôle dépassant pas les 2000mm.
- La facilité d'utilisation de la machine.
- Une rouleuse avec un minimum de pièces en mouvement pour éviter les panes.
- Les matériaux de fabrication en acier pour supporter les contraintes et forces que la machine va subir.
- La facilité de son démontage an cas de panne de remplacement d'un composant.
- Un poids raisonnable en cas de transport.

### IV.3. Analyse fonctionnelle

Diagramme bête a corne

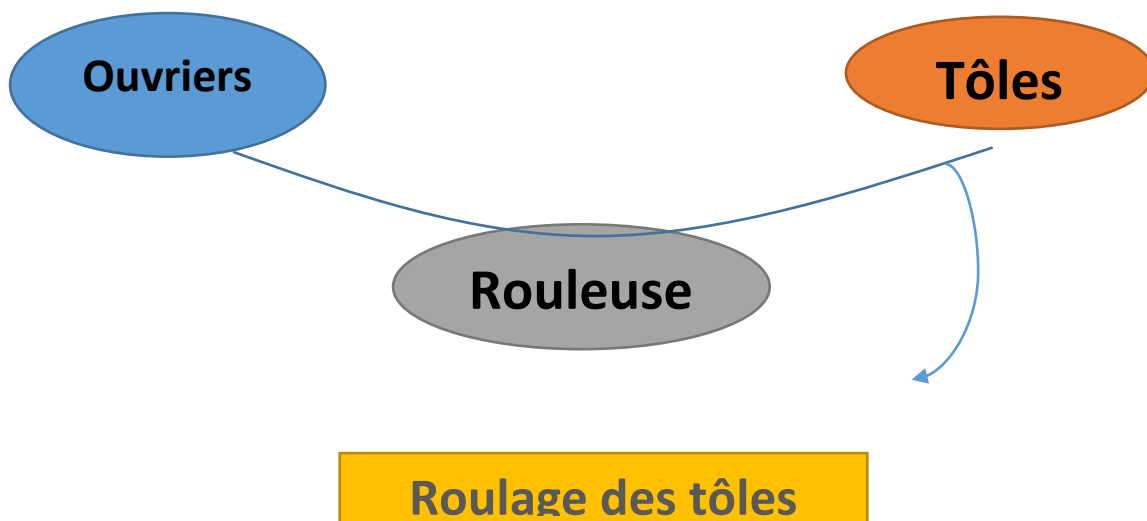


Figure 38 : diagramme bête a corne

## Diagramme pieuvre

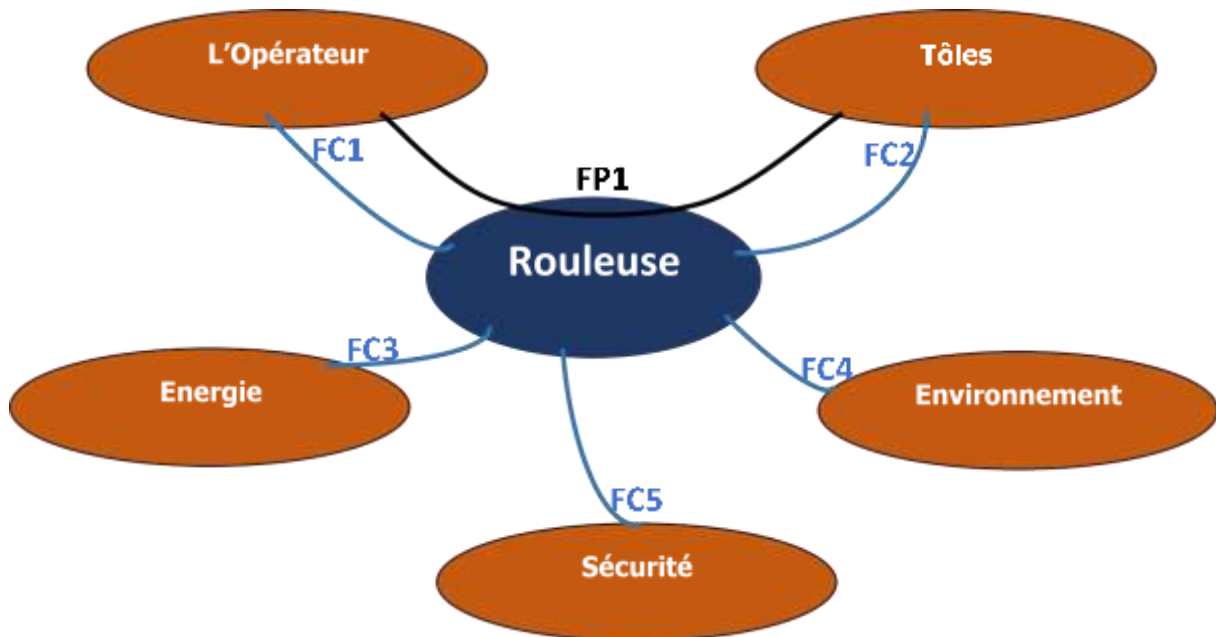


Figure 39 : Diagramme pieuvre

### Fonctions principales

**FP1** : permettre à l'opérateur de rouler les tôles.

### Fonctions contraintes :

**FC1** : être facile à utiliser par l'opérateur.

**FC2** : avoir des dimensions compatibles avec les tôles.

**FC3** : consommer de l'énergie.

**FC4** : respecter l'environnement.

**FC5** : ne pas mettre l'opérateur en danger

### IV.4. Extrait du cahier des charges

Dans notre travail on réalise une rouleuse de tôles capable de rouler des tôles d'acier S235 JR, d'épaisseur de 1.8mm.

#### IV.4.1. Fiche technique de la tôle S235 JR

1. Chassie : son rôle est de supporter les éléments de la machine il doit supporter toutes les charges.
2. Moteur : alimentation de la machine
3. Chaîne de distribution : son rôle est de transférer le mouvement du moteur aux pignons des rouleaux.
4. Rouleaux inférieurs : leurs rôles sont d'entraîner la tôle. De diamètre 86mm.
5. Rouleau supérieur : son rôle est de cintrer la tôle en la poussant entre les rouleaux inférieurs. De diamètre 100mm.
6. Les poignets :
7. Les pédales : leurs rôles sont de mettre en marche ou en arrêt les rouleaux
8. Bouton d'arrêt d'urgence : déconnecter la machine de l'alimentation en énergie.

##### 8.1.1. Domaine d'utilisation

Le **S235** est un acier doux étiré à froid. Conçu comme un acier de construction non allié d'usage général, l'acier **S 235 JR** est non destiné aux traitements thermiques. C'est aussi un acier doux, **bas carbone et sans plomb**. Il ne garantit aucune caractéristique mécanique

##### 8.1.2. Dimension

Epaisseur (mm)	Largeur (mm)
1.8	1200

**Dimension de la tôle à rouler**

##### 8.1.3. Composition chimique

C	P	S	Mn
0,22	0,05	0,05	1,60

##### 8.1.4. Aptitude revêtement de surface

Les pièces après transformation seront peintes.

#### 4.2.1. Description de la machine

La machine est intégralement en acier ordinaire E24, sauf les rouleaux en acier au carbone trempé.

**IV.5. Conclusion**

Pour avoir un produit fini fonctionnel on doit définir d'abord la problématique puis étudier les principaux usages de ce dernier ainsi on pourra définir les matériaux qui seront le mieux adapter à ces usages, et au bon fonctionnement de ce produit.

# **Chapitre V**

## **Etude mécanique et conception**

## 1. Etude théorique

### 1.1. Analyse des forces

#### Le moment de flexion nécessaire pour rouler la tôle

Le roulage est obtenu par la pression qu'exerce le rouleau supérieur sur la tôle provoquant la flexion de cette dernière.

Lorsque la rouleuse fonctionne la tôle doit se transformer de l'Etat plat à l'état cylindrique, à ce moment-là les contraintes du matériau atteignent la limite élastique.

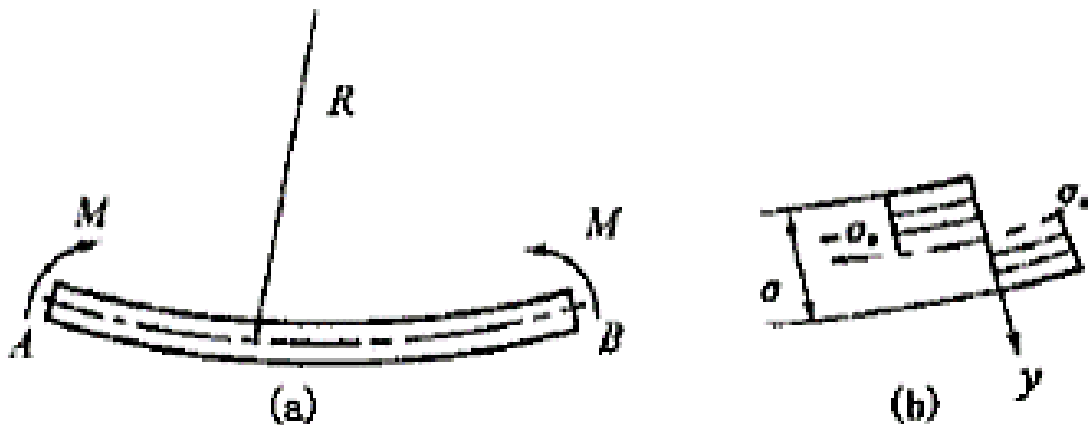


Figure 40 : Distribution des contraintes

R : rayon du cylindre (tôle).

B : largeur maximal de la tôle.

e : épaisseur maximal de la tôle.

$\sigma_s$  : limite d'élasticité du matériau.

Le moment de flexion M dans la section de la tôle :

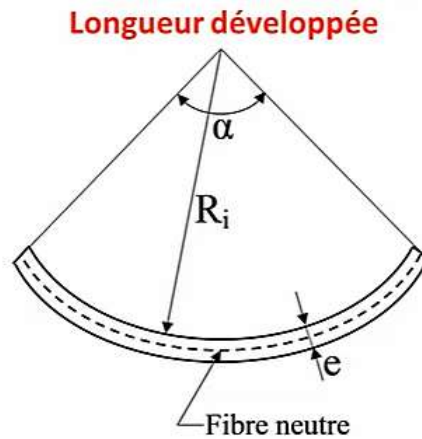
$$M = \int \sigma y dA = 2 \int_0^{\frac{e}{2}} \sigma_s B y dy = \sigma_s \frac{B e^2}{4} \text{ (KN.m)}$$

On considère la déformation du matériau donc on ajoute un coefficient de renforcement :

$$M = K \sigma_s \frac{B e^2}{4}$$

K : le coefficient de renforcement,  $K = 1.10 \sim 1.25$ .

## 1.2. La longueur développée



**Figure 41 : Longueur développée**

La longueur de la fibre neutre située à la moitié de l'épaisseur de la tôle. Elle reste invariable. Pour un cylindre, on calcule la longueur développée en considérant le diamètre (moyen) à la fibre neutre.

$$L_{dev} = \left( R_i + \frac{e}{2} \right) \times \pi \frac{\alpha^\circ}{180}$$

$R_i$ : Diamètre intérieur de la tôle roulé.

$\alpha$  : Angle de la tôle a son axe.

$e$  : épaisseur de la tôle.

## 1.3. Les forces :

Pendant le roulage de la tôle, selon l'équilibre des forces, la force résistance des rouleaux inférieurs sur la tôle peuvent être obtenue par :

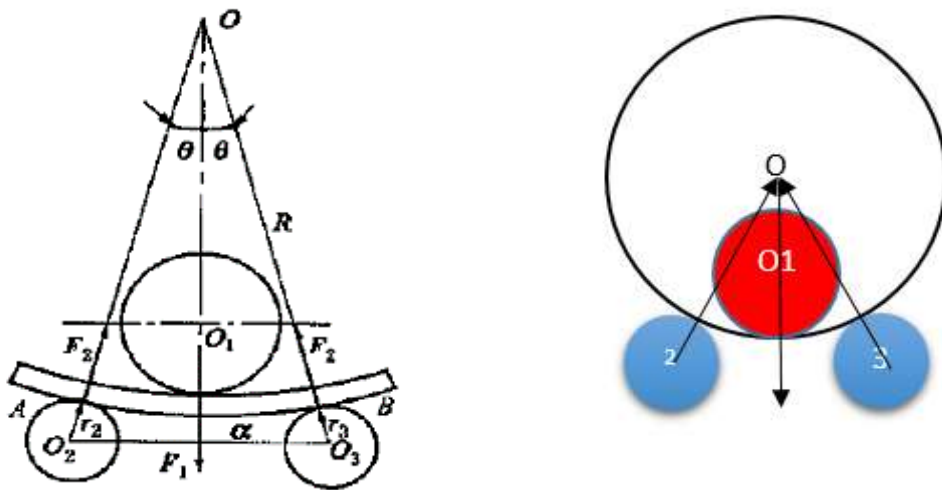


Figure 42 : Analyse des forces

$\alpha$  : la distance entre les axes des rouleaux inférieurs.

$d_{min}$  : minimum diamètre de cylindre prévu.

$d_2$  : diamètre des rouleaux inférieur.

$d_1$  : diamètre du rouleau inférieur.

$$\sin\theta = \frac{\alpha}{2 \left( \frac{d_{min} + d_2}{2} \right)}$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{\alpha}{d_{min} + d_2}$$

On a

$$M - \frac{\alpha}{2} F_2 = 0$$

$$M = \frac{\alpha}{2} F_2$$

D'une part :

$$\frac{\alpha}{2} = R \sin\theta$$

Alors :

$$F_2 = \frac{M}{R \sin\theta}$$

On considère l'épaisseur de la tôle  $e$  est inférieure au diamètre minimum du cylindre, le rayon  $R$  est a peu pres égale a  $0.5d_{min}$ , l'équation au-dessus peut être écrite sous la forme :

$$F_2 = \frac{2M}{d_{min} \sin\theta}$$

D'après l'équilibre des forces, la force de pression  $F_1$  générer par le rouleau supérieur agissant sur la tole est la suivante :

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ -F_1 + 2 \cos\theta F_2 &= 0 \\ F_1 &= 2 \cos\theta F_2 \end{aligned}$$

#### 1.4.Calcul de la puissance d'entraînement

##### Moment d'entraînement du rouleau inférieur

Les rouleaux inférieurs sont les rouleaux d'entraînement, et le couple d'entraînement des rouleaux inférieurs est utiliser pour surpasser le couple de déformation  $T_{n1}$  et le couple de frottement  $T_{n2}$ .

$$T_{n1} = \frac{Md_2}{2R} = \frac{Md_2}{d_{min}} \quad (kN.m)$$

Le couple de frottement de roulage entre le rouleau supérieur et inférieurs et la tôle, et le couple de glissement entre l'arbre du rouleau et le manchon d'arbre :

$$T_{n2} = f(F_1 + F_2) + \mu(F_1 \frac{D_1 d_1}{2 d_2} + F_2 D_2) \quad (kN.mm)$$

$f$  : Coefficient de friction de roulement,  $f = 0.008$  m.

$\mu$  : Coefficient du frottement de glissement,  $\mu = 0.05 - 0.1$

$d_1 d_2$  : Diamètre du rouleau supérieur et inférieur (m).

$D_1$  : Diamètre d'arbre du rouleau supérieur (m).

$D_2$  : Diamètre d'arbre du rouleau inférieur (m).

Le couple T est la somme du couple de déformation  $T_{n1}$  et le couple de frottement  $T_{n2}$

$$T = T_{n1} + T_{n2}$$

**Puissance nécessaire pour entrainer le rouleau inférieur :**

$$P = \frac{2\pi T_n}{60\eta}$$

P : puissance (KW).

T : Moment de force entraîné (KNm).

$n_2$  : vitesse de rotation du rouleau inférieur (tr \* min<sup>-1</sup>),  $n = 2V/d_2$  (v : vitesse de rotation).

$\eta$  : efficacité de transmission.  $\eta = 0.65 - 0.8$ .

## 1.5. Calculs

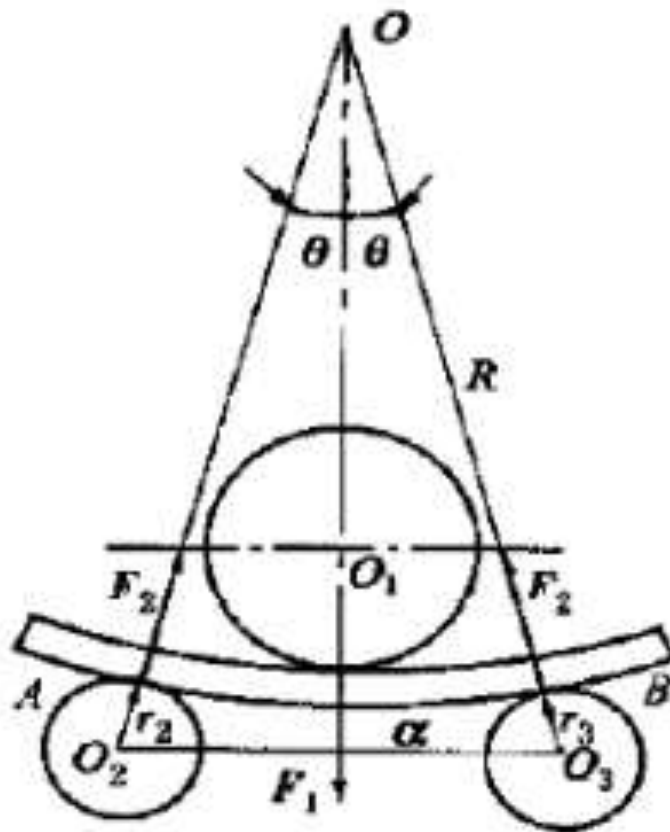
- Le diamètre minimum de la tôle :  $d_{min} = 500\text{mm}$
- Largeur de la tôle :  $B_{max} = 1.2 \text{ m}$
- Epaisseur maximale de la tôle :  $e_{max} = 1.8\text{mm}$
- Limite d'élasticité de la tôle (acier de construction) :  $\sigma_s = 245 \text{ MPA}$

Le diamètre du rouleau supérieur est 24% plus grand que les rouleaux inférieurs

- Diamètre du rouleaux supérieur :  $d_1 = 100\text{mm}$ .
- Diamètre des rouleaux inférieur :  $d_2 = 86\text{mm}$ .
- Diamètre du rouleau supérieur :  **$D1 = 0.5d_1 = 50\text{mm}$**
- Diamètre des rouleaux inférieurs :  **$D2 = 0.5d_2 = 43\text{mm}$**
- La distance entre les axes des rouleaux inférieurs est le diamètre du rouleau supérieur en ajoutant 2 épaisseurs de la tôle :  $\alpha = d_1 + 2e_{max} = 103.6\text{mm}$
- K le coefficient de renforcement :  $K = 1.25$ .

Calcul de l'angle  $\theta$  :

$\theta$  est l'angle formé entre le centre du cylindre de la tôle et chacun des rouleaux inférieurs



$$\theta = \sin^{-1} \frac{\alpha}{d_{min} + d_2}$$

Alors :

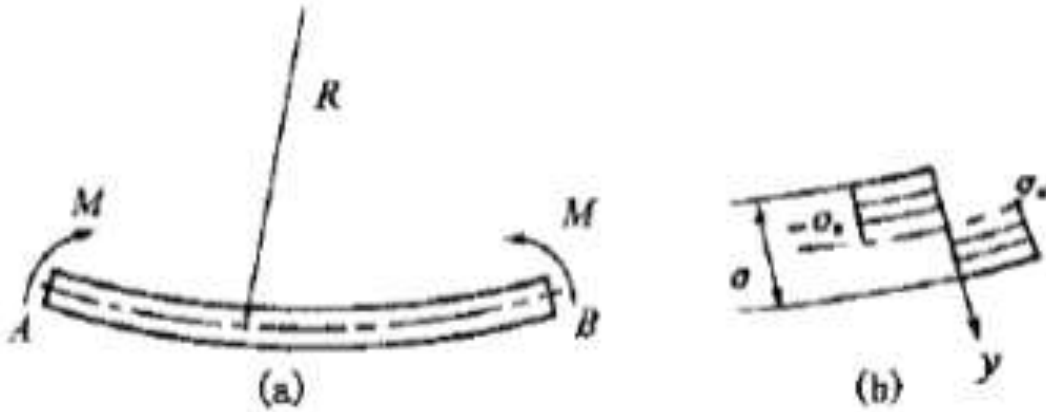
$$\theta = \sin^{-1} \frac{103.6}{500 + 86} = 10.18^\circ$$

- $\alpha$  : la distance entre les axes des rouleaux inférieurs  $\alpha = d_1 + 2e_{max} = 103.6mm$ .

- $d_{min}$  : minimum diamètre de cylindre prévu  $d_{min} = 500mm$ .

- $d_2$  : diamètre des rouleaux inférieur  $d_2 = 86mm$ .

### Le moment de flexion maximal M



On a le moment fléchissant :

$$M = K\sigma_s \frac{Be_{max}^2}{4}$$

Donc :

$$M = 1.25 \times 245 \times 10^6 \times \frac{1.2 \times (1.8 \times 10^{-3})^2}{4} = 297.7 \text{ Pa.m}^3$$

Alors le moment de flexion est :

$$M = 297.7 \text{ Pa.m}^3$$

$$M = 0.297 \text{ kN.m}$$

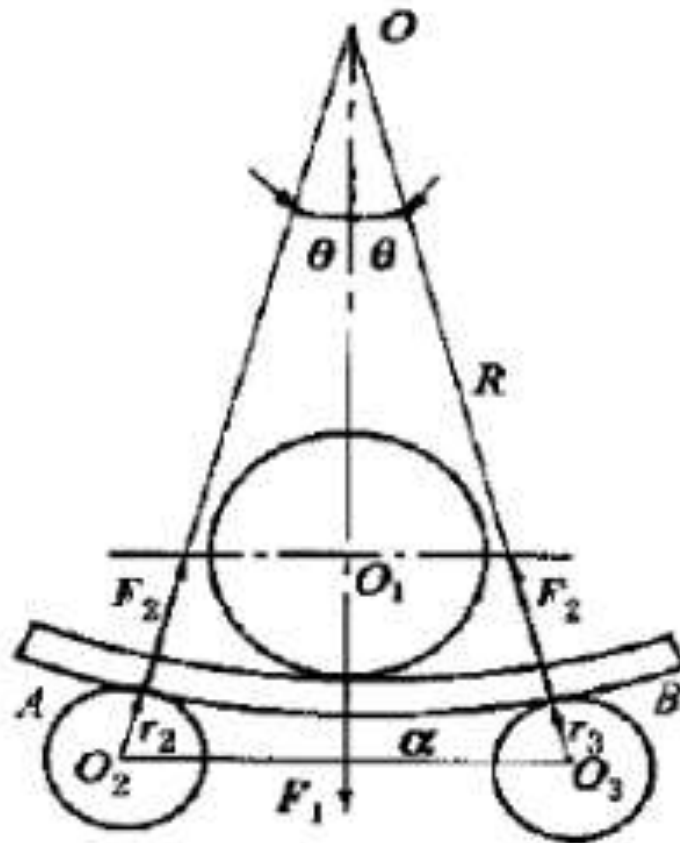
-**B** : largeur maximal de la tôle B = 1,2 m.

-**e** : épaisseur maximal de la tôle e = 1,8 mm.

-**σ<sub>s</sub>** : limite d'élasticité du matériau = 245 Mpa.

-**K** = 1.10 ~ 1.25

### La force de résistance maximal $F_2$



On a la force appliqué par le rouleau de gauche :

$$F_2 = \frac{2M}{d_{min} \sin\theta}$$

$$F_2 = \frac{2 \times 0.2977}{500 \times 10^{-3} \times \sin(10.18)} = 6.74 \text{ kN}$$

-**M** : Moment de flexion :  $M = 0.297 \text{ kN.m}$

- **$d_{min}$**  : minimum diamètre de cylindre prévu  $d_{min} = 500\text{mm}$  .

### La force de pression maximal $F_1$

On a :

$$F_1 = 2\cos\theta F_2$$

Donc :

$$F_1 = 2 \times \cos(10.18) \times 6.74 = 13.27 \text{ kN}$$

**Le couple de déformation  $T_{n1}$  :**

$$T_{n1} = \frac{Md_2}{d_{min}}$$

Donc :

$$T_{n1} = \frac{0.2977 \times 86 \times 10^{-3}}{500 \times 10^{-3}} = 0.051 \text{ kN.m}$$

**-M** : Moment de flexion :  $M = 0.297 \text{ kN.m}$

**- $d_2$**  : diamètre des rouleaux inférieur  $d_2 = 86 \text{ mm}$ .

**- $d_{min}$**  : minimum diamètre de cylindre prévu  $d_{min} = 500 \text{ mm}$  .

**Le couple de frottement  $T_{n2}$**

On a :

$$T_{n2} = f(F_1 + F_2) + \mu \left( F_1 \frac{D_1 d_1}{2 d_2} + F_2 D_2 \right) \quad (\text{kN.mm})$$

$$\begin{aligned} T_{n2} &= 0.008 \times (13.27 + 6.74) + 0.035 \left( 13.27 \times \frac{0.050}{2} \times \frac{100 \times 10^{-3}}{86 \times 10^{-3}} + 6.74 \times 0.043 \right) \\ &= 0.676 \quad (\text{kN.m}) \end{aligned}$$

**-f** : Coefficient de friction de roulement,  $f = 0.008 \text{ m}$ .

**- $\mu$**  : Coefficient du frottement de glissement,

**- $d_1 d_2$** : Diamètre du rouleau supérieur et inférieur (m).

**- $D_1$** : Diamètre d'arbre du rouleau supérieur  $D_1 = 50 \text{ mm}$ .

**- $D_2$** : Diamètre d'arbre du rouleau inférieur  $D_2 = 43 \text{ mm}$ .

**Le couple T est la somme du couple de déformation  $T_{n1}$  et le couple de frottement  $T_{n2}$**

$$T = 0.676 + 0.0512 = 0.727 \text{ kN.m}$$

### Puissance d'entraînement des rouleaux supérieurs

$$P = \frac{2\pi T_n}{60\eta}$$

$$P = \frac{2\pi \times 0.7272 \times 10^3 \times 10}{60 \times 0.8} = 951.42 \text{ W}$$

-**P** : puissance (KW).

-**T** : Moment de force entraîné  $T = 0.727 \text{ kN.m}$ .

-**n<sub>2</sub>** : vitesse de rotation du rouleau inférieur ( $\text{tr} \times \text{min}^{-1}$ ),  $n = 2V/d_2$  ( $v$  : vitesse de rotation).

-**η** : efficacité de transmission.  $\eta = 0.65 - 0.8$ .

*Le couple d'entraînement du rouleau inférieur doit vaincre le couple T, alors la puissance nécessaire pour l'entraîner doit-être supérieur à P.*

### Contrainte de cisaillement $\tau_1$ sur le rouleau supérieur :

$$J_1 = \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{d_1}{2}\right)^4 = \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{100 \times 10^{-3}}{2}\right)^4 = 0.98 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$\tau_1 = \frac{T_{n2} \times \frac{d_1}{2}}{J_1} = \frac{0.676 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-3}}{0.98 \times 10^{-5}} = 3.448 \times 10^6 \text{ Pa}$$

-**d<sub>1</sub>** : Diamètre du rouleau supérieur.

-**T<sub>n2</sub>** : Couple de frottement  $T_{n2} = 0.676 \text{ kN.m}$ .

**$\tau_{1a}$  Contrainte de cisaillement appliquée sur l'arbre de rouleau supérieur ( $D_1 = 50 \text{ mm}$ ) :**

$$J_{1a} = \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{D_1}{2}\right)^4 = \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{50 \times 10^{-3}}{2}\right)^4 = 0.613 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\tau_{1a} = \frac{T_{n2} \times \frac{D_1}{2}}{J_{1a}} = \frac{0.676 \times 10^3 \times 25 \times 10^{-3}}{0.613 \times 10^{-6}} = 27.569 \times 10^6 \text{ Pa}$$

-**D<sub>1</sub>** Diamètre de l'arbre rouleau supérieur.

$-T_{n2}$  : Couple de frottement  $T_{n2} = 0.676 \text{ kN.m}$ .

**Contrainte de cisaillement  $\tau_2$  sur le rouleau inférieur**

$$J_2 = \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{d_2}{2}\right)^4 = \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{86 \times 10^{-3}}{2}\right)^4 = 0.536 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$\tau_2 = \frac{T_{n2} \times \frac{d_2}{2}}{J_2} = \frac{0.676 \times 10^3 \times 43 \times 10^{-3}}{0.53675 \times 10^{-5}} = 5.416 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$-d_1$  : Diamètre du rouleau inférieur  $d_1 = 86 \text{ mm}$ .

$-T_{n2}$  : Couple de frottement  $T_{n2} = 0.676 \text{ kN.m}$ .

**$\tau_{2a}$  Contrainte de cisaillement appliquée sur l'arbre de rouleau supérieur ( $D_2 = 43 \text{ mm}$ )**

$$J_{2a} = \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{D_2}{2}\right)^4 = \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{43 \times 10^{-3}}{2}\right)^4 = 0.354 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\tau_{2a} = \frac{T_{n2} \times \frac{D_2}{2}}{J_{2a}} = \frac{0.676 \times 10^3 \times 21.5 \times 10^{-3}}{0.3547 \times 10^{-6}} = 40.975 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$-D_2$  Diamètre de l'arbre rouleau inférieur  $D_2 = 43 \text{ mm}$ .

$-T_{n2}$  : Couple de frottement  $T_{n2} = 0.676 \text{ kN.m}$ .

### Condition de résistance

Il faut choisir un matériau qui résiste au contrainte de cisaillement  $\tau_{max}$  donc :

$$\tau_{max} \leq R_{eg}$$

$$\tau_{max} = \tau_{2a} = 40.975 \text{ MPA}$$

$-\tau_{2a}$  Contrainte de cisaillement appliquée sur l'arbre de rouleau supérieur.

D'après une recherche sur le pouvoir de résistance des matériaux on a trouvé que l'acier au carbone trempé a une résistance élastique au cisaillement :

$$R_{eg} = 0,5 \times R_e = 0,5 \times 350 = 175 \text{ MPa}$$

$$R_{eg} \gg \tau_{max}$$

- $R_{eg}$  : Résistance élastique au cisaillement.

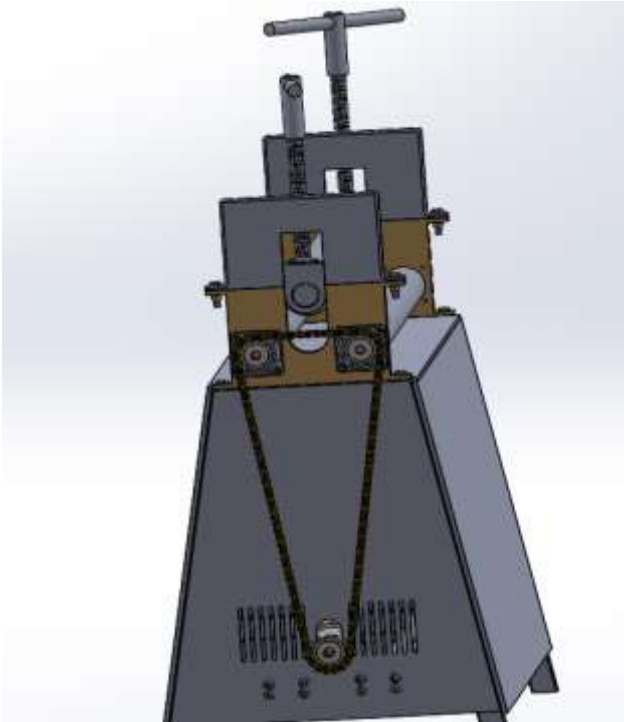
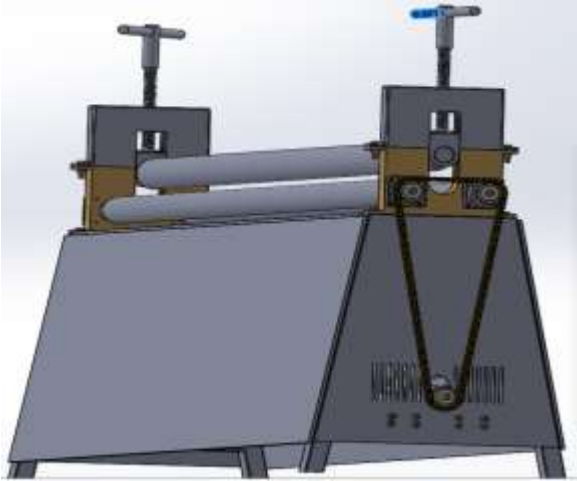
- $R_e$  : Résistance élastique.




Alors on va choisir des rouleaux pleins forgés d'acier au carbone trempé.

## **2. Conception :**

### **2.1. Conception 3D sur SOLIDWORKS**

### **2.2. Dessins de définition de la rouleuse**



Définition	Pièce
<p><b>Support de la rouleuse :</b>  <b>Structure en acier sert de support pour surélevé la rouleuse</b>  <b>De longueur : 2165mm</b>  <b>Hauteur : 893mm</b></p>	
<p><b>Rouleau supérieur : Rouleau en acier au carbone trempé, utiliser pour pousser la tôle entre les deux rouleaux inférieurs afin d'assurer le pliage successif qui forme le roulage.</b>  <b>De longueur : 2208mm</b>  <b>Et de diamètre : 100mm</b>  <b>Diamètre de l'arbre : 50mm</b></p>	
<p><b>Rouleaux inférieurs : également en acier au carbone trempé, la tôle passe entre ces deux rouleaux qui la traine.</b>  <b>Longueur : 2299mm</b>  <b>Diamètre : 86mm</b>  <b>Diamètre de l'arbre : 43mm</b></p>	

**Palier pour rouleaux : en acier usiner, son but est de fixer en place les roulements qui permettent la rotation des trois rouleaux.**

**Longueur : 100mm**

**Hauteur : 100mm**

**Epaisseur : 30mm**

**Diamètre du trou 1 : 65mm**

**Diamètre du trou 2 : 56mm**



**Roulements : de diamètre assure la rotation des rouleaux**

**Diamètre : 65mm**



**Glissière du rouleau supérieur : en acier usiner permet au rouleau supérieur d'avoir une translation verticale doté d'un roulement pour permettre également la rotation**

**Hauteur : 110mm**

**Largeur : 96mm**

**Epaisseur : 44mm**

**Diamètre : 65mm**



<p><b>Anneau de fixation du roulement :</b></p>	
<p><b>Moteur électrique :</b></p>	
<p><b>Support du moteur : pièce en métal qui sert de support au moteur.</b></p> <p><b>De longueur :220 mm</b>  <b>Largeur :120 mm</b>  <b>Epaisseur : 12 mm</b></p>	
	

<p><b>Goupille : tige en métal servant à relier l'axe du moteur à l'arbre de transmission</b></p> <p><b>Longueur : 25 mm</b></p> <p><b>Diamètre : 4 mm</b></p>	
<p><b>Clavette : petite pièce métallique qui s'enfonce dans l'extrémité du rouleau et dans le pignon</b></p> <p><b>Afin de transmettre le mouvement du pignon au rouleaux</b></p> <p><b>Longueur : 16 mm</b></p> <p><b>Largeur : 6 mm</b></p> <p><b>Epaisseur : 3 mm</b></p>	
<p><b>Chaine : en acier assurant la transmission de la rotation du moteur aux pignons des rouleaux.</b></p>	
<p><b>Arbre de transmission :</b></p> <p><b>Pièce en métal qui transfère la rotation de l'axe</b></p> <p><b>Du moteur au pignon du moteur</b></p> <p><b>Longueur :</b></p> <p><b>Diamètre 1 :</b></p> <p><b>Diamètre 2 :</b></p> <p><b>Diamètre 3 :</b></p>	

<p><b>Arbre de transmission 2 :</b> <b>En acier usiné il est couplé au premier arbre</b></p>	
<p><b>Accouplement :</b> <b>Accouplement des deux arbres 1 et 2 en acier usiné</b> <b>Longueur : 60 mm</b> <b>Diamètre :25 mm</b> <b>Diamètre intérieur : 9 mm</b></p>	

### 3. Mode opératoire

#### 3.1.Préparation

##### Operateur

L'opérateur doit être familiarisé avec la structure et le fonctionnement de la machine à rouler, et seul le personnel de gestion de l'équipement est qualifié pour effectuer l'opération de roulage.

Le processus de roulement doit organiser deux personnes pour opérer en même temps, une personne est responsable de la planification globale et l'autre aide.

##### Équipement

Vérifiez si la machine à rouler est en bon état avant utilisation.

##### La tôle

#### 1.Les paramètres de la tôle d'acier

La limite d'élasticité, l'épaisseur et la largeur doivent être dans les capacités de la machine.

#### 2.Qualité de la surface des tôles d'acier

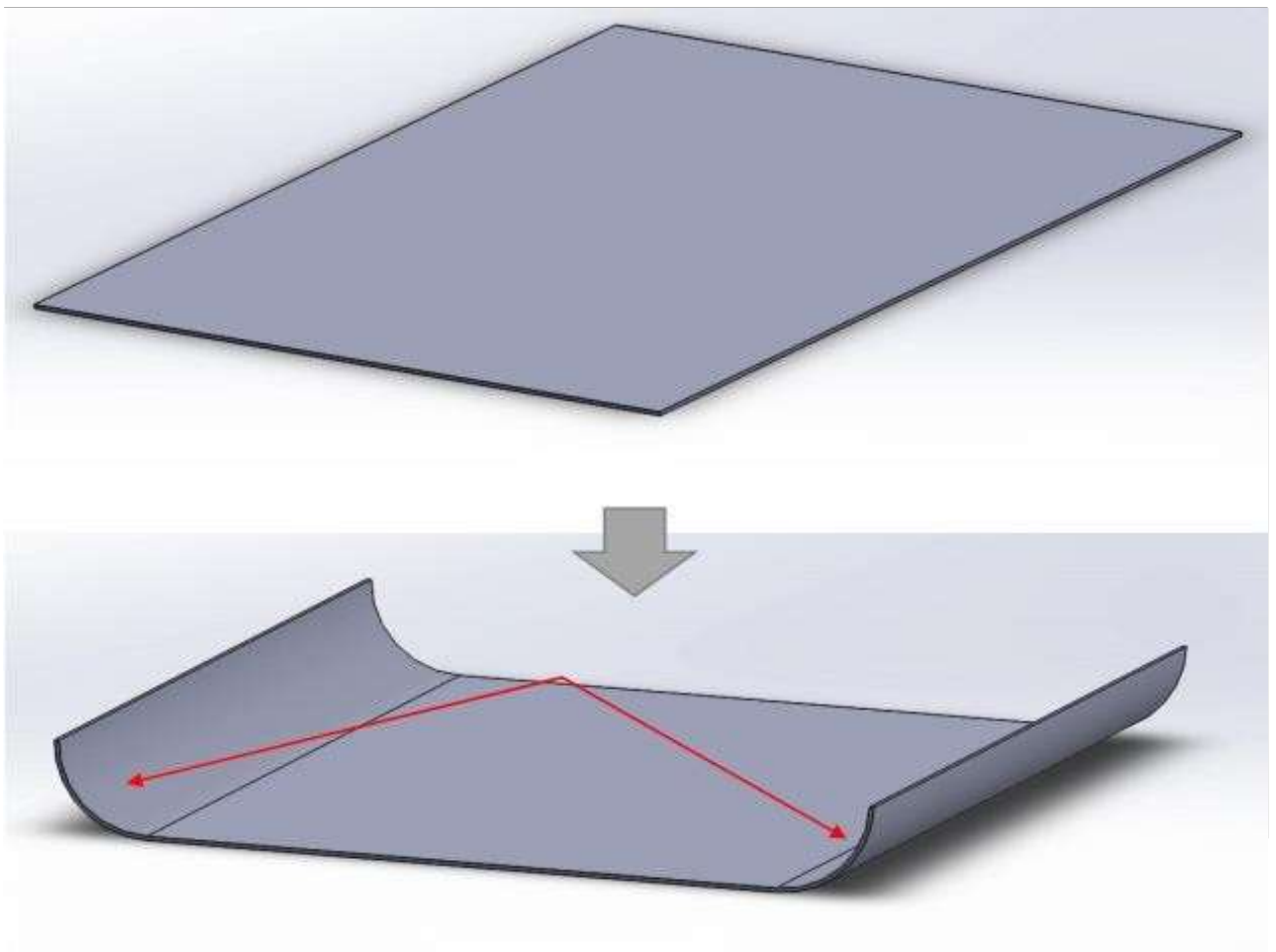
Il ne doit y avoir aucun défaut visible aux extrémités de la feuille et la surface de la feuille(tôle) doit être propre.

**Roulage circulaire**

Sur la base de la surface de contact du rouleau supérieur et la tôle, appuyez 15 mm en continu, faites tourner le rouleau inférieur, lorsque la longueur de l'arc de la tôle atteint 600- 800mm, arrêtez la rotation. Appuyez à nouveau sur le rouleau supérieur jusqu'à 10 mm, faites tourner le rouleau inférieur et arrêtez-le quand la fin de la tôle tangente au rouleau inférieur.

Répétez la presse rouleau supérieur, faites tourner le rouleau inférieur jusqu'à ce que l'arc de pré-pliage corresponde à celui de l'échantillon.

L'autre extrémité de la tôle adopte par la même méthode.



**Figure 43 : Tôle roulée avec pré-pliage.**

#### **4. Le soudage**

Le soudage doit être effectué lors du perçage, la zone de joint doit être inférieure à 3 mm et la hauteur du joint de soudure doit être uniforme. Si la hauteur dépasse la norme, meulez la hauteur à 3 mm ou moins. Le cordon de soudure doit être exempt de défauts de surface. Après avoir préchauffé la soudure, celle-ci doit être arrondie et recuite après le soudage.

#### **5. Conclusion**

Pour répondre aux besoins mécanique de la machine on a fait une étude de plusieurs paramètres qui rentrent en jeu dans son fonctionnement, ainsi on a défini les propriétés que devrai avoir la rouleuse

# **Conclusion**

Au terme de ce projet de fin d'étude, une brève rétrospective permet de documenter le travail accompli, avec les difficultés et obstacles rencontrés.

Après avoir fait de différentes études et recherche qui sont une expérience bénéfique pour nous on peut enfin concevoir un prototype d'une rouleuse qui vas répondre ou exigence de la production d'une citerne métallique.

A l'aide d'un logiciel de conception assisté par ordinateur (SolidWorks) qui nous a permis d'avoir les caractéristique dimensionnelles et géométrique des différents composants d'une rouleuse cette étude nous a permis de réaliser des dessin d'ensemble et des dessins de définition d'une manière a facilité la réalisation et la maintenance.

Certes on a mis beaucoup d'effort dans la réalisation du travail il reste sujet a l'amélioration aux critique et proposition allant dans le sens de ce dernier.

Ce travail nous a permis d'améliorer nos capacités dans la conception en utilisant SOLIDWORKS, d'accroitre notre capacité a la recherche et approfondir nos connaissances physiques et compléter nos études faites aux seins de l'université de MOULOU D MAMMERI, et plus important de nous préparer au monde professionnel.

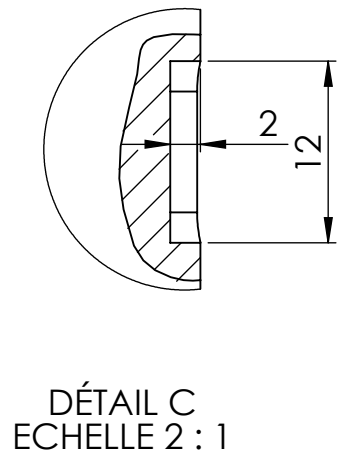
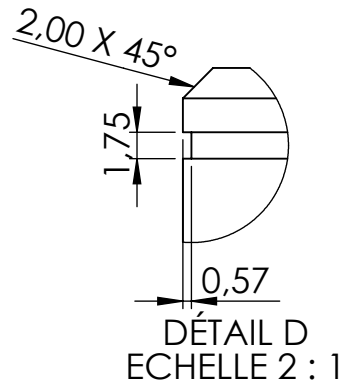
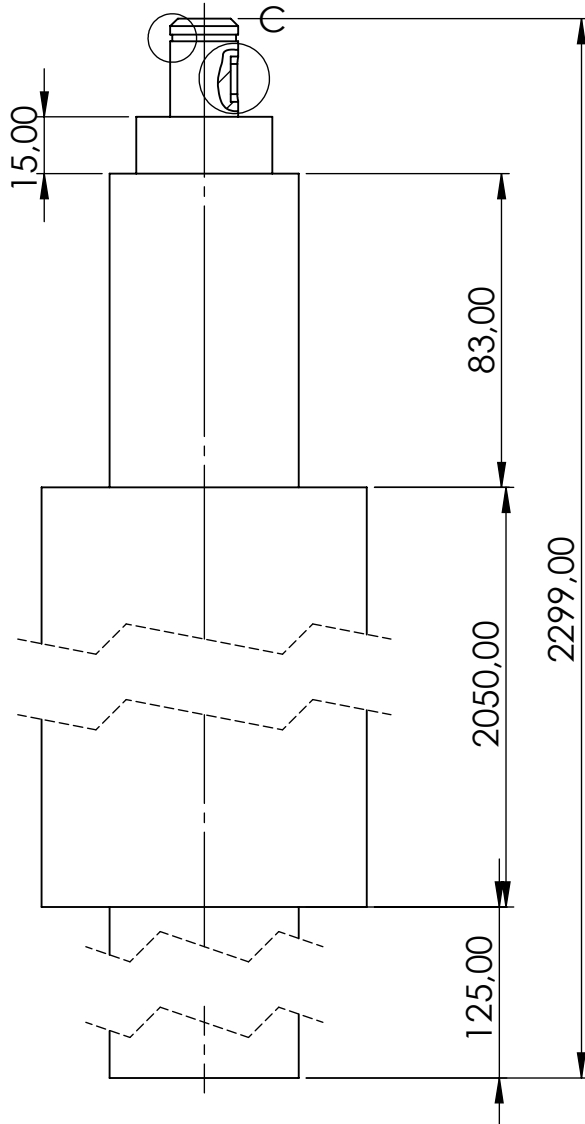
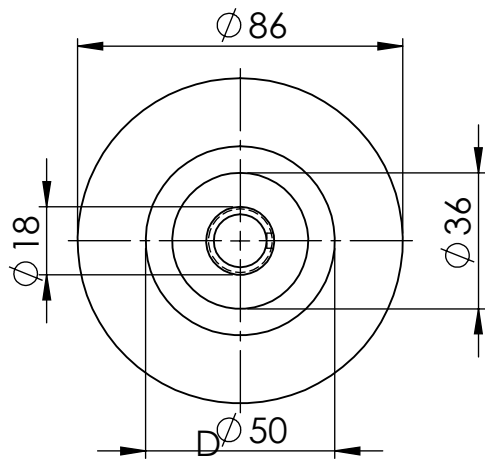
Ce travail permet de calculer les forces générées, les contraintes et la résistance requise selon les paramètres de roulage et de déterminer les caractéristiques des pièces à utiliser pour la production.

# Références

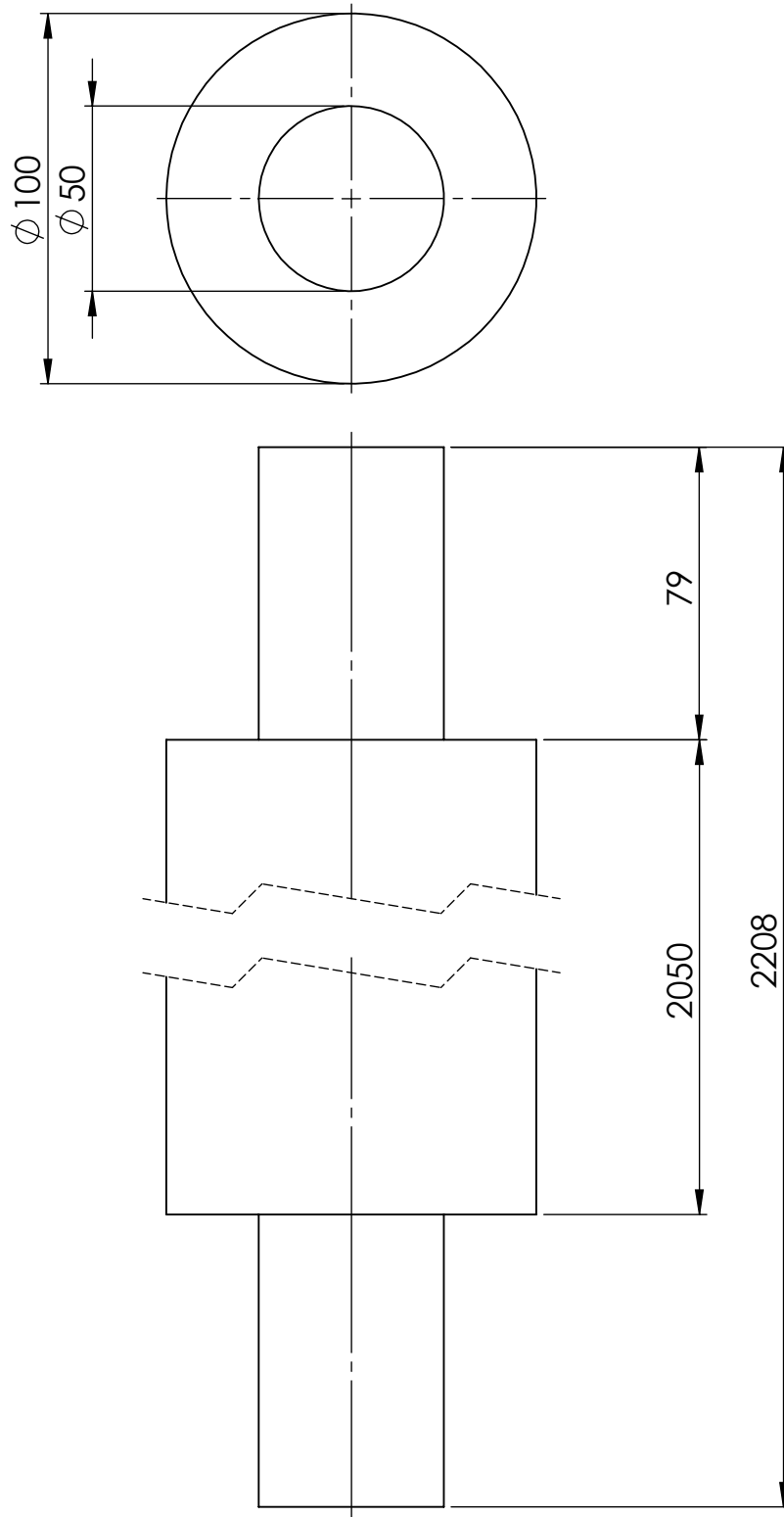
# bibliographiques

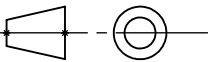
- 1 : Yann Ledoux ; thèse de doctorat« Optimisation des procédés d'emboutissage parcaractérisation géométrique et essais numériques ».2005
- 2 :« Science et génie des matériaux modulo Editeur », 2001,233AV Dunbar Mont RoyalQuébec, Canada.
- 3 : guide de dessinateurs industriel « chevalier » édition 2004.
- 4 : « chevalier » guide de dessinateur industriel, édition 2001 /2002.
- 5 :Lakhtine .Métalogie et traitement de métaux, Édition MIR 1978 .
- 6: M. Fontannaz « Métalogie Connaissance des métaux » .édition ; Delta et Sers
- 7 : J. Barralis ; Gmeader édition Nathan « précis de métallurgie »2005
- 8 : N. Bouaoudja « matériaux métallique » édition OPU Alger.
- 9 : Alain Col : « L'emboutissage des aciers » Dunod, Paris, 2010 ISBN 978-2-10-0550975
- 10 : R. Desgagnés, R. Langevin « guide d'auto-apprentissage pour les opérateur en traitement thermique » Le Comité sectoriel de la main-d'œuvre dans la fabrication métallique industrielle (PERFORM), septembre 2015.
- 11 . <https://prezi.com/p/femhzevrrc6o/roulage/> .
- 12 . Sfar, A. (2015). Implantation d'un système de management de la qualité d'une formation intégrale au sein de l'UVT selon la norme ISO 9001 (Doctoral dissertation, Université Virtuelle de Tunis).
- 13 . <https://www.marocetude.com/file/104463> .  
[https:// www.rocdacier.com](https://www.rocdacier.com)
- 14 . Salem, J. (2012). Influences des paramètres du roulage à trois rouleaux asymétriques sur la qualité de la pièce formée (Doctoral dissertation, École de technologie supérieure).
- 15 .manuel d'utilisation et de maintenance pour hydraulique a 4 rouleaux cylindre fraiseuse Société anonyme akyapak commerce exterieur internationale de l'industrie

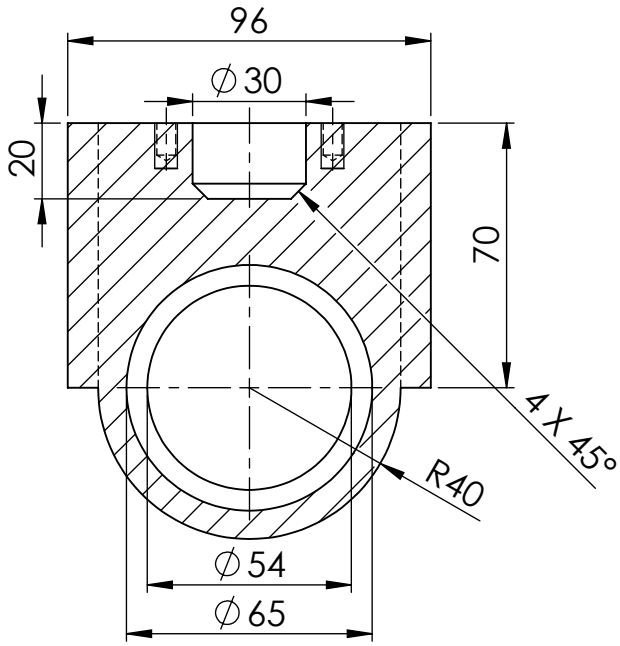
**16**      <https://www.Neatfx.fr>



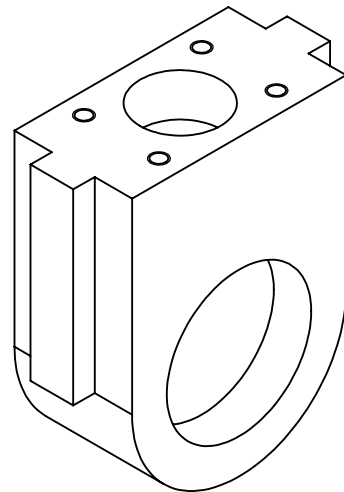
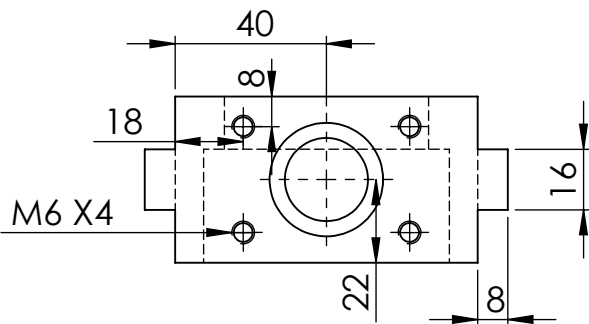
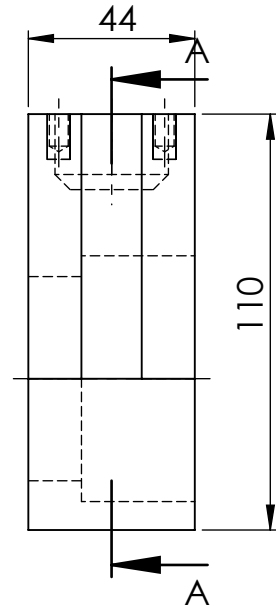
01	02	Rouleau entraineur		
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		Rouleau entraineur		Etat de surface
Planche N°:01				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa		Promo: 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2



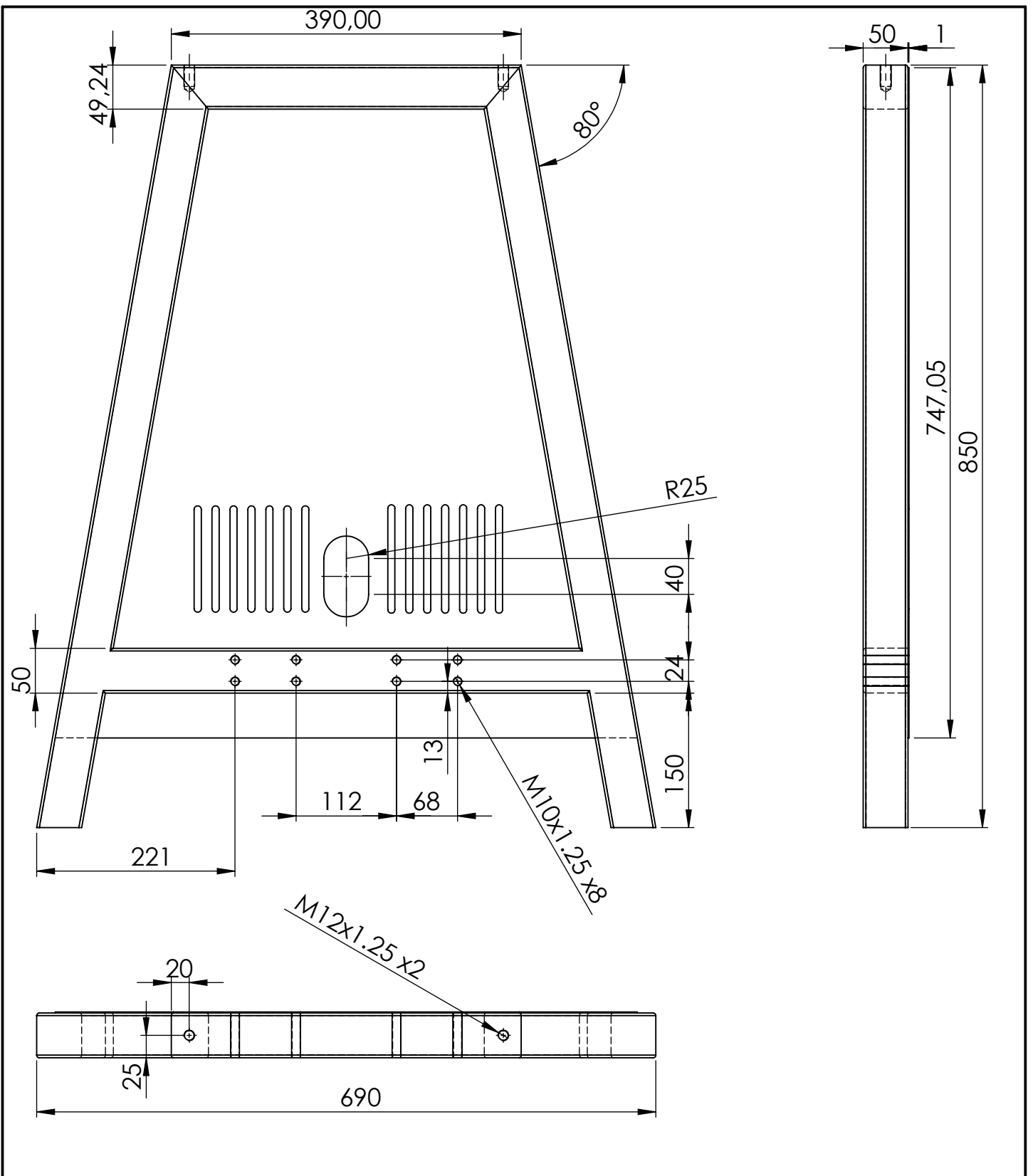
02	01	Rouleau Cintreur		
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		Rouleau cintreur		Etat de surface
Planche N°: 02				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa		Promo: 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2



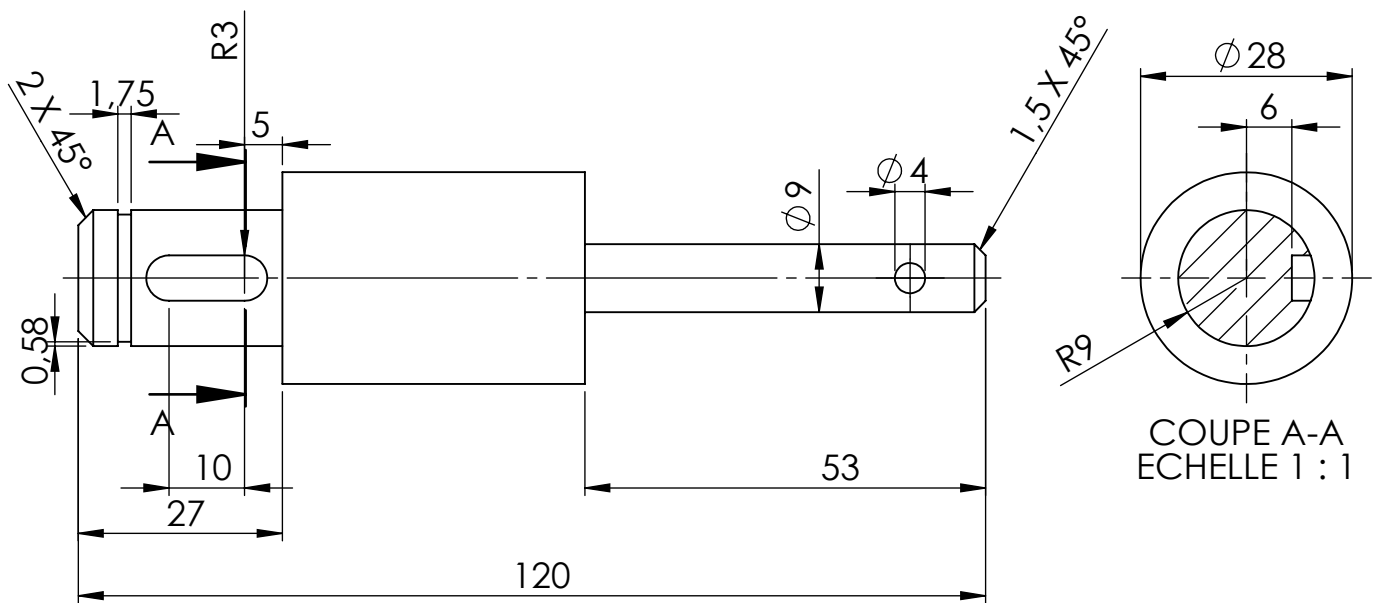
COUPE A-A

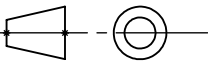


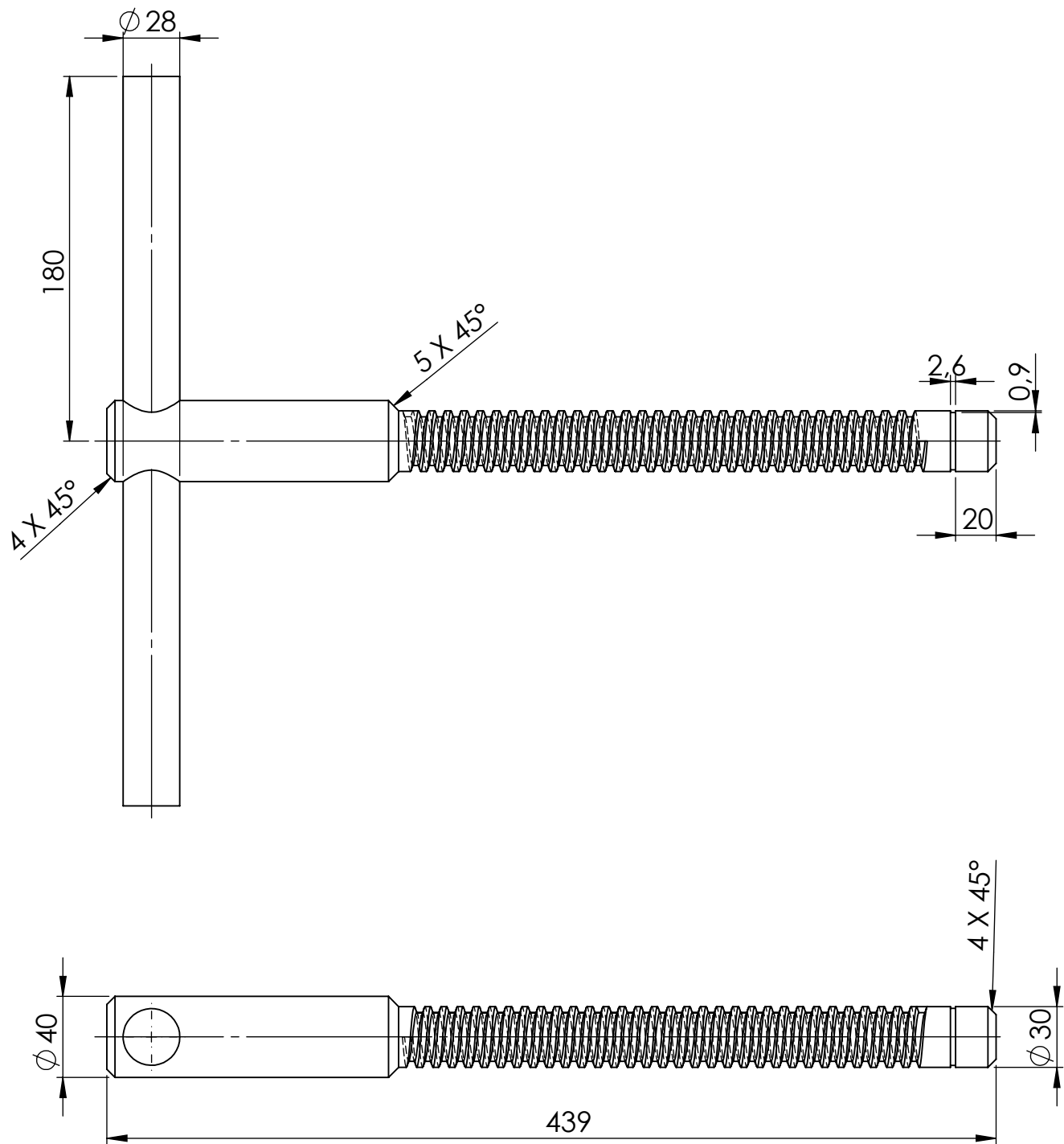
03	02	Glissière pour rouleau cintreur		
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1				Etat de surface
Planche N°: 03	Glissier			
	Iddou Mohamed / Graichi Moussa			Promo: 2021/2022
A4	FGC DGM UMMTO			Master 2



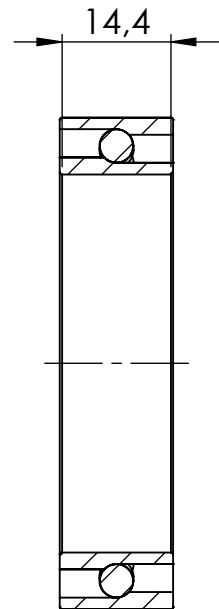
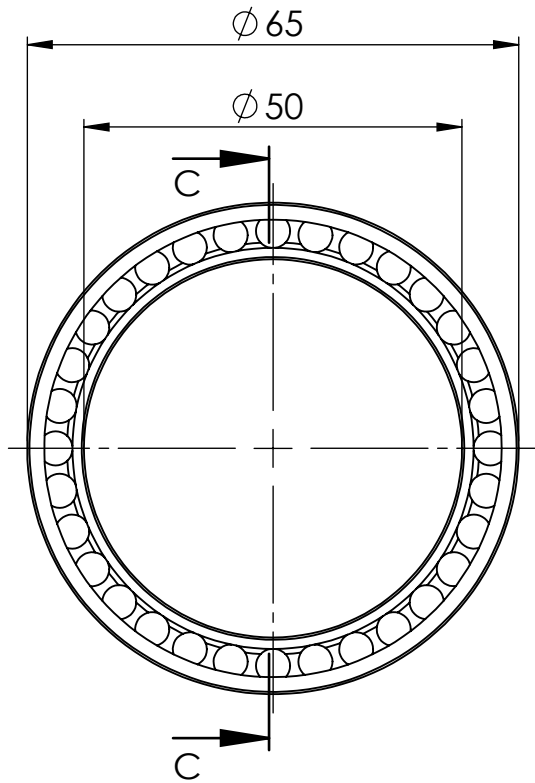
04	02	Chassis		
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1				Etat de surface
Planche N°04:	Chassis			
	Iddou Mohamed / Graichi Moussa			Promo: 2021/2022
A4	FGC DGM UMMTO			Master 2



05	01	Arbre		
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1				Etat de surface
Planche N°:05	Arbre du moteur			
	Iddou Mohamed / Graichi Moussa			Promo: 2021/2022
A4	FGC DGM UMMTO			Master 2

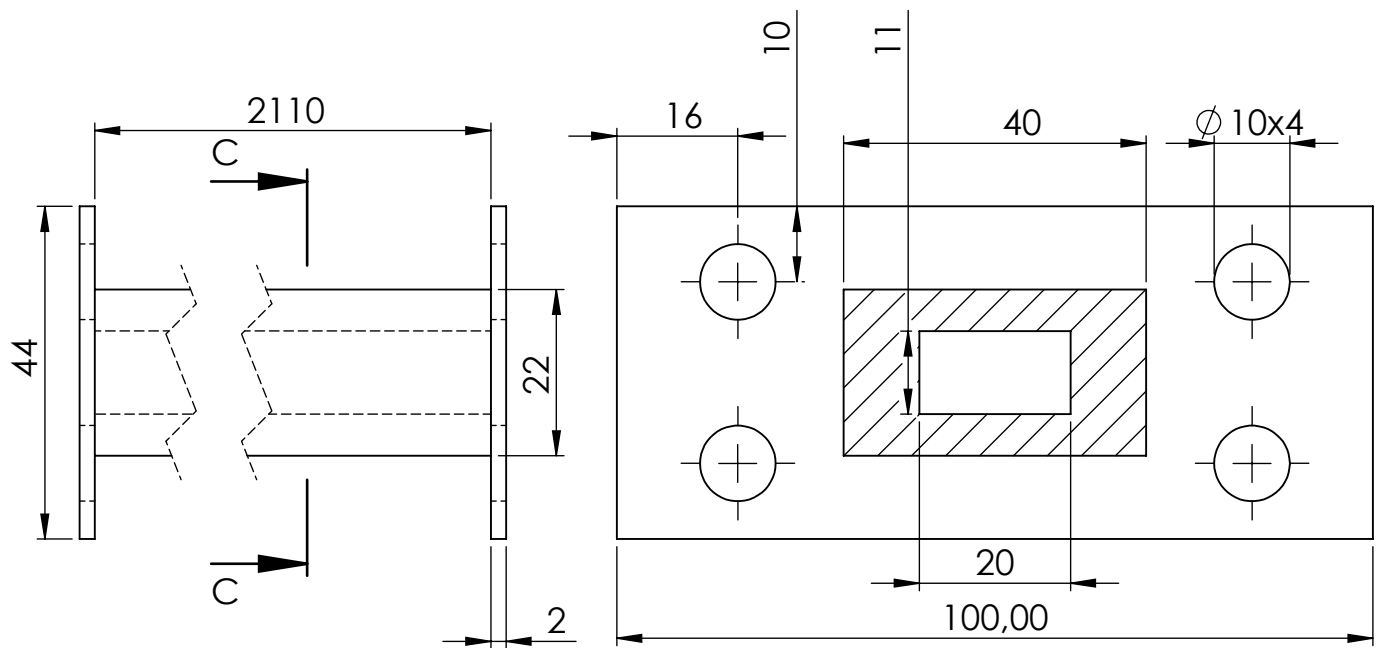


06	02	Manivelle		
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		Manivelle		Etat de surface
Planche N°:06				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa		Promo: 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2



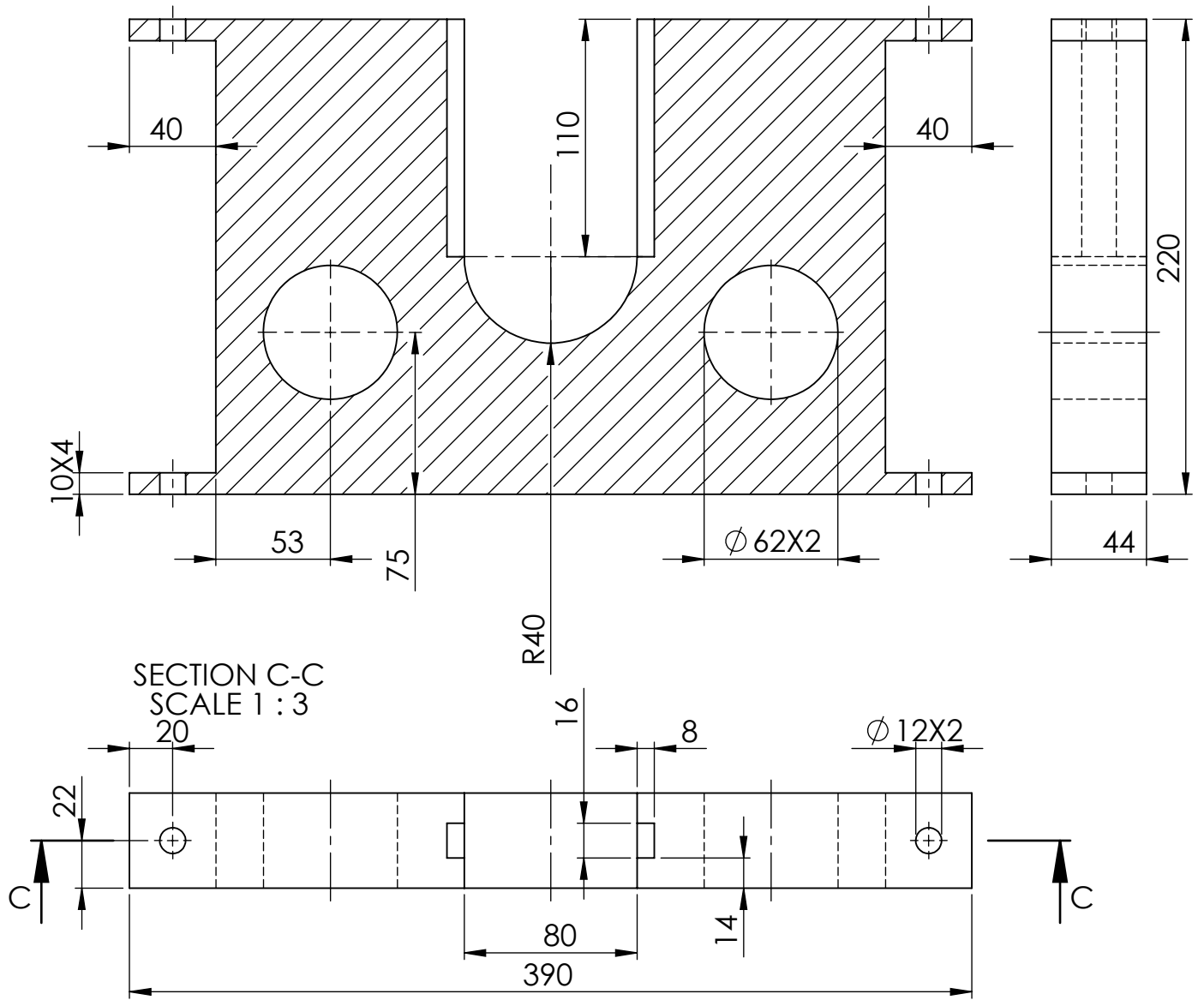
COUPE C-C

07	06	Roulement		
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1	roulement			Etat de surface
Planche N°:07				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa	Promo: 2021/2022	
A4		FGC DGM UMMTO	Master 2	

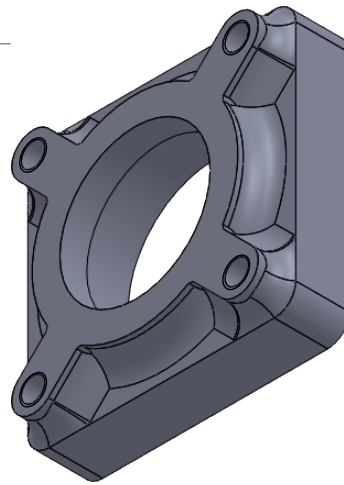
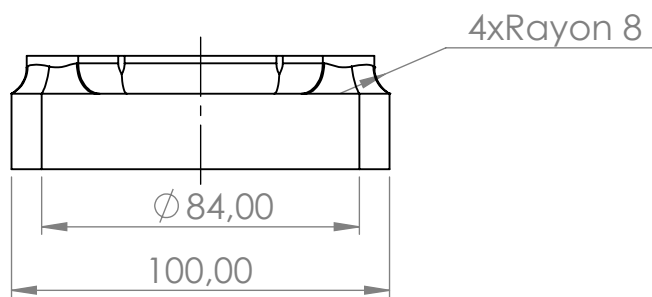
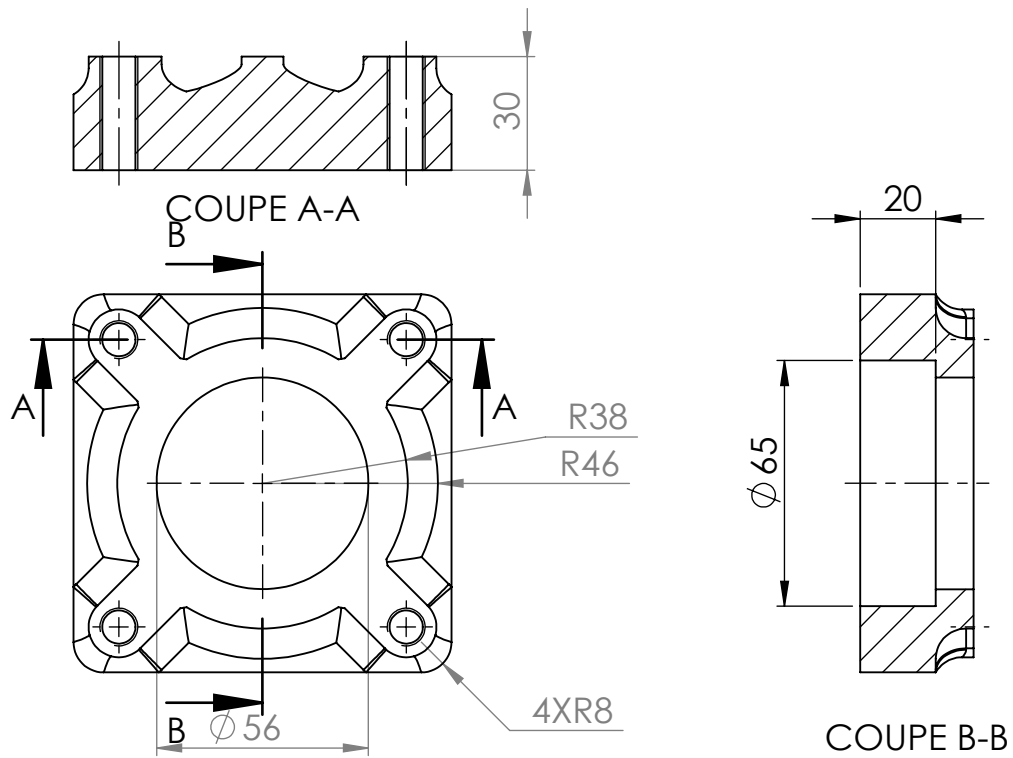


SECTION C-C  
SCALE 1 : 1

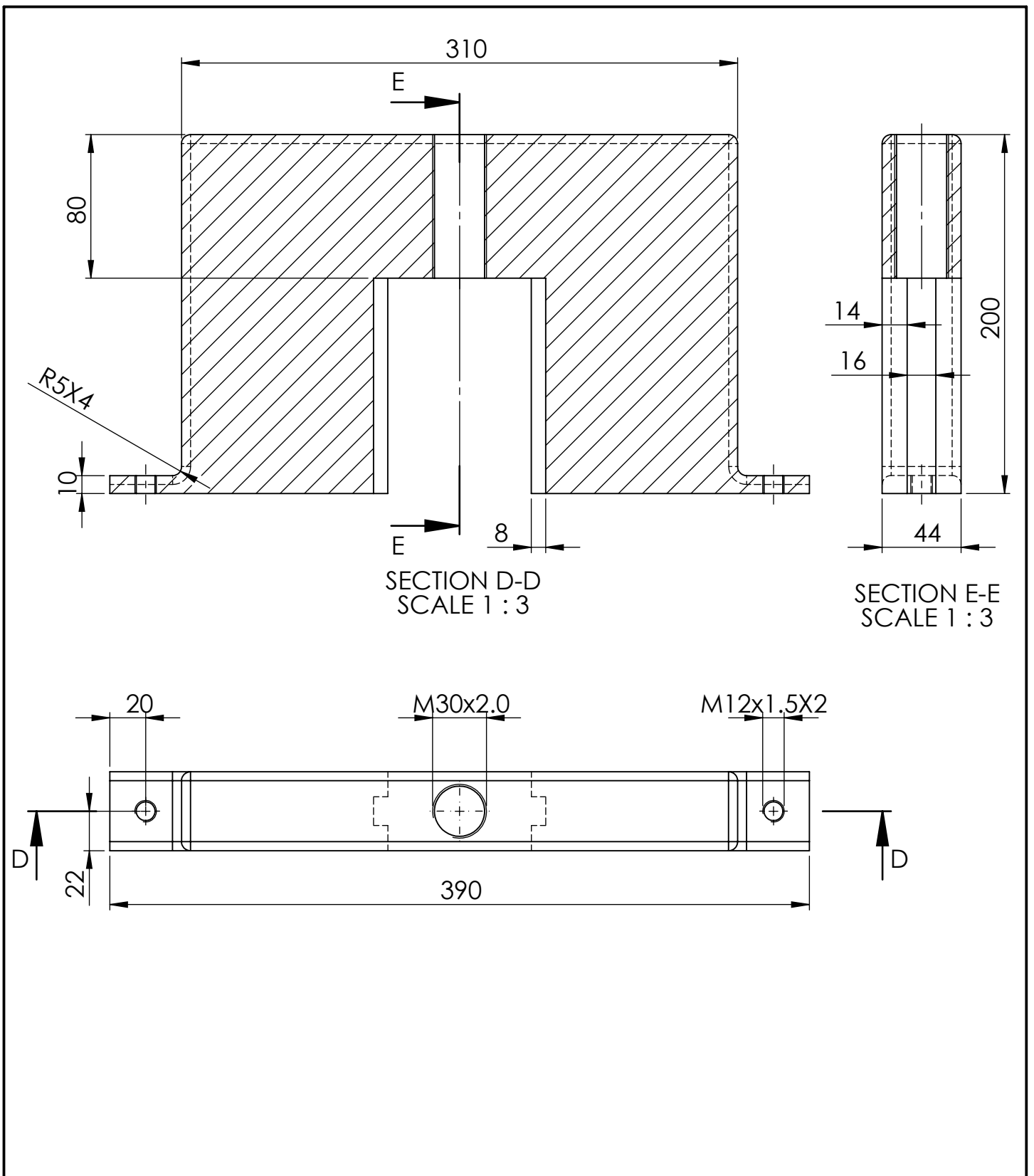
08	02	traverse		
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1				Etat de surface
Planche N°:08	Barre traverse			
	Iddou Mohamed / Graichi Moussa			Promo: 2021/2022
A4	FGC DGM UMMTO			Master 2



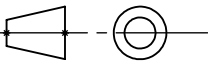
9	2	palier		
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:3		Palier inférieure		Etat de surface
Planche N°: 09				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa	Promo: 2021/2022	
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2

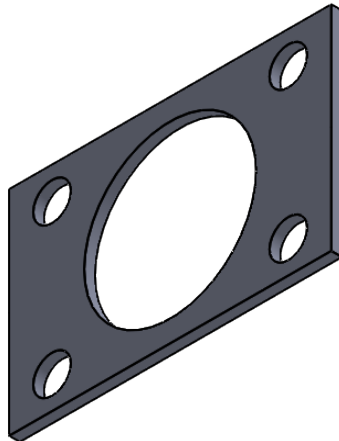
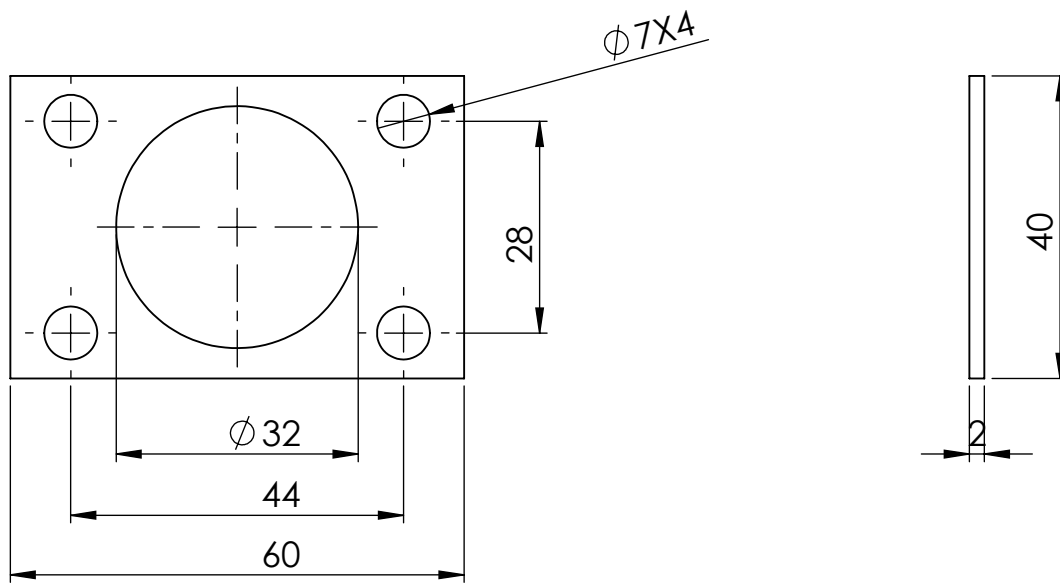


10	4			
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		Palier de roulement		Etat de surface
Planche N°:10				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa		Promo: 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2

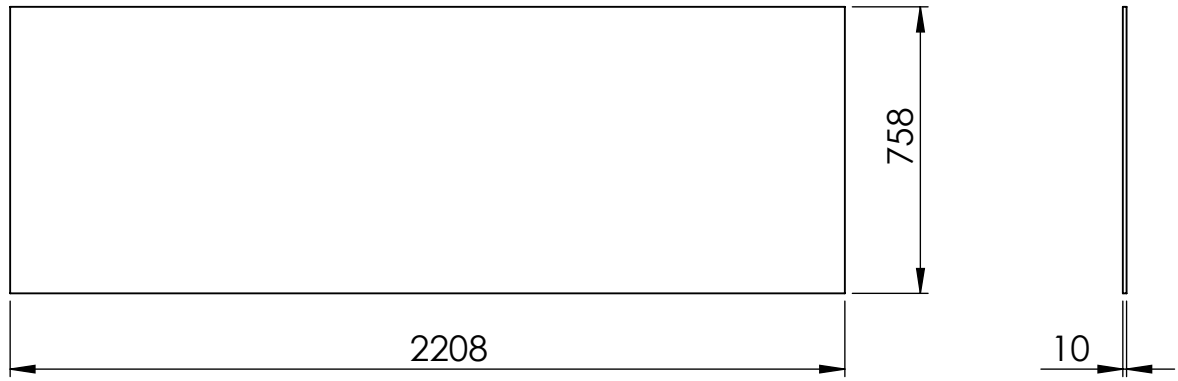


11	02			
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		Palier supérieure		Etat de surface
Planche N°: 11				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa	Promo: 2021/2022	
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2

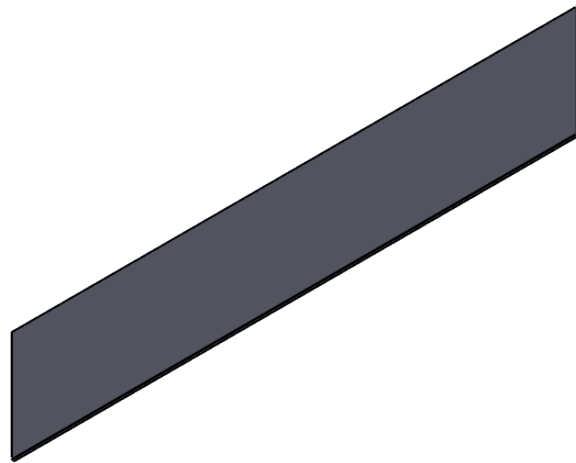
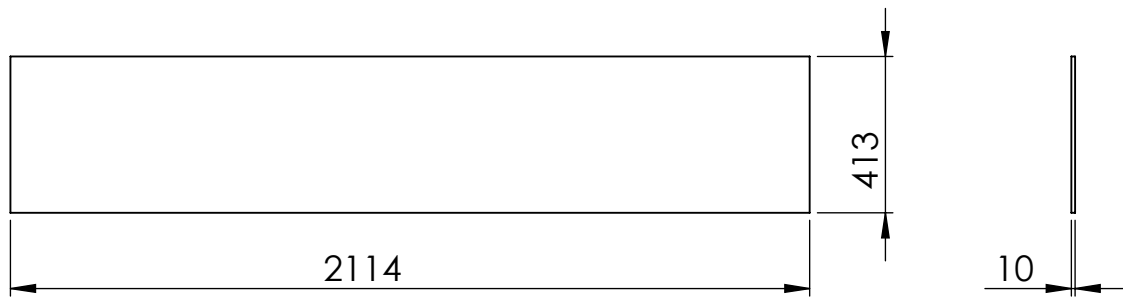
12	03			
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		plateau		Etat de surface
Planche N°: 12				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa		Promo: 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2

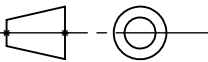


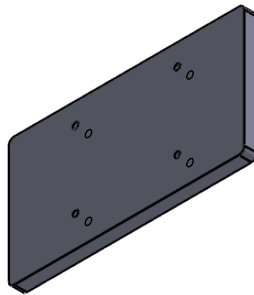
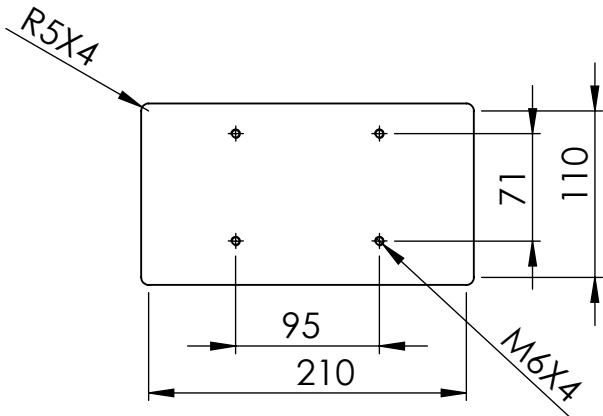
13	2			
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		plaque pour la glissiere		Etat de surface
Planche N°:13				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa		Promo: 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2



14	2			
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		couverture 1		Etat de surface
Planche N°:14				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa		Promo: 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2



15	1			
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		couverture 2		Etat de surface
Planche N°:15				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa		Promo: 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2



16	1			
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1		plaque support moteur		Etat de surface
Planche N°:16				
		Iddou Mohamed / Graichi Moussa		Promo: 2021/2022
A4		FGC DGM UMMTO		Master 2