



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Projet de Fin d'Etudes  
Pour l'obtention du Diplôme de Master en  
Fabrication mécanique et productique

**Thème :**

*Etude de conception d'une  
Cintreuse de profilé*

**Proposé et dirigé par :**  
Mr. Djamel Merzoug.

**Présenté par :**  
El Karachi Aymen.  
Guesmia Younes

## Remerciement

*Qu'il nous soit d'abord permis de remercier et d'exprimer notre gratitude envers le Bon Dieu "ALLAH" qui nous a donné le courage et la patience pour que nous puissions achever ce travail.*

*Un sincère merci à Monsieur Merzoug Djamel Pour leur accord de diriger ce travaille , Leur aide précieuse nous a été indispensable sur le plan scientifique et humanitaire..*

*Nous voulons exprimer notre reconnaissance envers tous les enseignants de la Faculté de Technologie de l'Université Saad Dahlab -Blida, et plus particulièrement envers ceux du Département de Génie Mécanique. Aussi, nous tenons à remercier toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.*

*Enfin, nous voudrions remercier les membres du jury pour leur précieux temps accordé à la lecture et à la critique de ce travail.*

## Dédicace

**A mes chers parents**

**Sources de mes joies, secrets de ma force Vous serez toujours le modèle :**

**Papa, dans ta détermination, ta force et ton honnêteté**

**Maman dans ta bonté, ta patience et ton dévouement pour Nous**

**Merci pour tous vos sacrifices pour que vos enfants Grandissent et prospèrent. Merci de**

**trimer sans relâche, malgré les péripéties de la vie Au bien être de vos enfants. Merci d'être**

**tout simplement mes parents, C'est à vous que je dois cette réussite Et je suis fière de vous**

**l'offrir**

**A mes amis**

**En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons**

**passés ensemble je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de**

**Bonheur.**

**A tous les membres de la famille GUESMIA**

**GUESMIA YOUNES**

## Dédicace

**Je dédie ce modeste travail à : Ma chère mère et mon cher père et mes frères et mes sœurs que dieu les protège.**

**A mes amies qui ont fait avec moi le passage universitaire et nos souvenirs inoubliables.**

**Tous les enseignants qui m'ont aidé, et les étudiants de Génie Mécanique, surtout les étudiants de 2eme année Master FMP Promotion (2023/2024)**

**EL KARACHI AYMEN**

# TABLE DES MATIERES

## CHAPITRE 01 : DESCRIPTION DE PROCEDE DE CINTRAGE

I .1 INTRODUCTION .....	12
I .2 LE CINTRAGE .....	12
I .2.1 Définition de cintrage .....	12
I .2.2 Différents parties d'un tube cintré .....	12
I .2.3 Le but de cintrage : .....	13
I .2.4 mode d'opération : .....	13
I .2.5 Domaines d'application .....	14
I .2.6 Les types de cintrage .....	15
I .2.6.1 cintrage à chaud : .....	16
I .2.6.2 cintrage à froid : .....	16
I .2.6.3 cintrage par galets : .....	17
I .2.6.4 cintrage à froid par pousse : .....	17
I .2.6.5 cintrage par enroulement : .....	18
I .2.7 longueur du cintrage développée (LCD) : .....	19
I .3 LES CINTREUSES : .....	20
I .3.1 Définition : .....	20
I .3.2 Les types des cintreuses : .....	20
I .3.2.1 cintreuse pour tôle : .....	20
I .3.2.2 cintreuse pour tube : .....	22
I .4 propriétés élastique et plastique des matériaux métalliques : .....	23
I .4.1 Comportement plastique : .....	23
I .4.2 Déformation élastique : .....	23
I .4.3 module de rigidité : .....	24
I .4.4 module de YOUNG : .....	25
I .4.5 limite d'élasticité : .....	26
I .4.6 la relation entre limite d'élasticité et le module de YOUNG : .....	26
I .5 Défauts de cintrage des tubes : .....	26
I .5.1 Retour élastique : .....	26
I .5.2 la formule de retour élastique : .....	27
I .5.3 Le rapport entre l'angle de cintrage et le retour élastique : .....	27
I .5.4 Le plissement : .....	28

I .5.5 l’aplatissement :	28
I .5.6 Ovalisation :	30

## **CHAPITRE 02 : DESCRIPTION DE LA CINTREUSE**

II .1 Introduction :	33
II .2 Choix de cintreuse :	33
II .3 la machine proposée :	34
II .3.1 Caractéristiques techniques :	34
II .3.2 Dimensions :	35
II .3.3 Identification des éléments :	35
II .3.4 Description des protecteurs :	35
II .4 Méthode d’utilisation :	36
II .4.1 Montage de la forme et de la contre-forme :	36
II .7 type de moteur :	43
II .8 Système de transmission :	44
II .8.1 Définition des engrenages :	44
II .8.2 Engrenages droits à denture hélicoïdale :	44
II .8.3 Avantage des engrenages hélicoïdaux :	44
II .8.4 Inconvénients des engrenages hélicoïdaux :	44
II .8.5 Module (m) :	45
II .8.6 Angles d’hélice $\beta$ :	45
II .9 la table de positionnement :	45

## **CHAPITRE 03 : MODELISATION DE LA CINTREUSE**

III .1 Introduction .....	50
III .2 Définition de CAO.....	50
III .2.1 Domaine d’application de la CAO.....	50
III .3 Choix de l’outil informatique de CAO :.....	51
III .3.1 SolidWorks 2022 : .....	51
III .3.1.1 Définition : .....	51
III .3.1.2 Caractéristiques de SolidWorks : .....	52
III .3.1.3 Fonctionnement : .....	52
III .4 Modélisation les pièces de notre cintreuse : .....	56
III .4.1 Forme : .....	57
III .4.1.1 bride d’entraînement : .....	59
III .4.1.2 arbre de fixation de bride d’entraînement : .....	60

III.4.1.3 assemblage :	61
III.4.2 le positionneur :	62
III.4.2.1 Chariot de guidage :	64
III.4.2.2 Support de fixation de contre forme :	65
III.4.2.3 Arbre de fixation de support :	66
III.4.2.4 Contre forme :	66
III.4.2.5 Arbre de fixation de contre forme :	68
III.4.2.6 Assemblage :	68
III.4.3 le chariot à pousser :	69
III.4.3.1 vis de serrage :	70
III.4.3.2 assemblage :	71
III.4.4 Structure extérieure de la machine :	72
III.4.4.1 Plaque supérieure :	72
III.4.4.2 Plaque inférieure :	73
III.4.4.3 Plaque intérieure :	73
III.4.4.4 Plaque latérale :	73
III.4.4.5 Structure de machine :	74
III.4.5 Les pièces intérieures de la cintreuse :	74
III.4.5.1 Les engrenages :	74
III.4.5.2 arbre d'engrenage :	76
III.4.5.3 arbre de transmission :	78

## **CHAPITRE 04 : CALCULE ET SIMULATION DS PIECES DE TRANSMISSION**

IV.1 Introduction .....	80
IV.2 les engrenages :	80
IV.2.1 choix de matériau pour les engrenages.....	80
IV.2.2 Calcule des caractéristiques :	80
IV.2.3 simulation de résistance des engrenages :	87
IV.2.3.1 1 <sup>er</sup> engrenage :	87
IV.2.3.2 2eme engrenage :	89
IV.2.3.3 3eme engrenage :	91
IV.3 L'arbre de transmission :	92
IV.3.1 choix de matériau pour l'arbre de transmission :	93
IV.3.2 simulation de résistance de l'arbre :	93
Bibliographie .....	97

## LISTES DES FIGURES

### CHAPITRE 01 : DESCRIPTION DE PROCEDE DE CINTRAGE

Figure I .1 tube crues après cintrage.....	12
Figure I .2:les zones de cintrage .....	13
Figure I .3:tube d'échappement .....	14
Figure I .4 : le cintrage dans la plomberie .....	15
Figure I .5 : cintrage à chaud .....	16
Figure I .6 : cintrage par galets .....	17
Figure I .7 : cintrage par poussée.....	18
Figure I .8 : cintrage par enroulement .....	19
Figure I .9 : longueur de cintrage.....	19
Figure I .10 : cintreuse a tôle manuelle.....	21
Figure I .11 : cintreuse a tôle électrique .....	21
Figure I .12 : cintreuse a tube hydraulique .....	22
Figure I .13 : cintreuse a tube manuelle.....	22
Figure I .14 : cintreuse a profilé .....	23
Figure I .15 : module de rigidité.....	24
Figure I .16 : module de YOUNG.....	25
Figure I .17 : retour élastique .....	26
Figure I .18 : évolution schématique de la caractéristique du retour élastique .....	28
Figure I .19 : l'aplatissement .....	29
Figure I .20 : rapports de force lors du cintrage .....	31

### CHAPITRE 02 : DESCRIPTION DE LA CINTREUSE

Figure II . 1 : la machine proposé.....	34
Figure II . 2 : les dimensions de la machine.....	35
Figure II . 3 : les éléments de la machine .....	35
Figure II . 4 : les protecteurs.....	36
Figure II . 5 : montage de forme .....	36
Figure II . 6 : montage de contre forme .....	37
Figure II . 7 : montage de bride d'entrainement .....	37
Figure II . 8 : lubrification .....	38
Figure II . 9 : fixation de positionneur .....	38
Figure II . 10 : fixation de fileté de positionnement .....	39
Figure II . 11 : moteur réducteur .....	43
Figure II . 12 : module(m).....	45
Figure II . 13 : table de positionnement.....	46
Figure II . 14 : montage de la cintreuse avec table de positionnement.....	48

### CHAPITRE 03 : MODELISATION DE LA CINTREUSE

Figure III . 1 : fonctionnement de solidworks.....	52
Figure III . 2 : fonctionnement de solidworks.....	53
Figure III . 3 : fenêtre d'accueil .....	54



Figure III. 4 : interface de solidworks .....	54
Figure III. 5 : assemblage de la forme .....	61
Figure III. 6 : assemblage de positionneur .....	69
Figure III. 7 : assemblage des engrenages.....	76

## **CHAPITRE 04 : CALCULE ET SIMULATION DES PIECES DE TRANSMISSION**

Figure IV. 1 : les caractéristiques des engrenages .....	81
Figure IV. 2 : principales caractéristiques des engrenages.....	82
Figure IV. 3 : contrainte de Von mises .....	87
Figure IV. 4 : les déplacements .....	88
Figure IV. 5 : les déformations .....	88
Figure IV. 6 : : contrainte de Von mises.....	89
Figure IV. 7 : les déplacement.....	90
Figure IV. 8 : les déformations .....	90
Figure IV. 9 : : contrainte de Von mises.....	91
Figure IV. 10 : les déplacement.....	91
Figure IV. 11 : les déformations .....	92
Figure IV. 12 : : contrainte de Von mises de l'arbre .....	94
Figure IV. 13 : les déplacements de l'arbre .....	94
Figure IV. 14 : les déformations de l'arbre .....	95

## **LISTE DES TABLEAUX**

### **CHAPITRE 02 : DESCRIPTION DE LA CINTREUSE**

Tableau II. 1 : les éléments de la partie 1 de la cintreuse .....	41
Tableau II. 2 : les éléments de la partie 2 de la cintreuse .....	43
Tableau II. 3 : les éléments de table de positionnement .....	48

### **CHAPITRE 03 : MODELISATION DE LA CINTREUSE**

Tableau III. 1 : modélisation de la forme .....	58
Tableau III. 2 : modélisation de bride d'entrainement .....	59
Tableau III. 3 : modélisation d'arbre de fixation de bride .....	60
Tableau III. 4 : modélisation de positionneur .....	63
Tableau III. 5 : modélisation de chariot de guidage .....	65
Tableau III. 6 : modélisation de support de fixation de contre forme .....	66
Tableau III. 7 : modélisation de arbre de fixation de support .....	66
Tableau III. 8 : modélisation de contre forme .....	67
Tableau III. 9 : modélisation de arbre de fixation de contre forme .....	68
Tableau III. 10 : modélisation de chariot a pousser .....	70
Tableau III. 11 : modélisation de vis de serrage.....	71
Tableau III. 12 : modélisation de arbre de transmission .....	77
Tableau III. 13 : modélisation de arbre de transmission .....	78

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'utilisation des diverses technologies dans les procédés de conceptions, procédés de fabrication en mécanique ne cesse de se développer d'année en année dans la recherche industrielle, pour se décharger des travaux fatigants, répétitifs et aliénants, améliorant ainsi la productivité des industries et la vie de tous les consommateurs. En effet l'avenir est à l'outil numérique et à la réalité virtuelle.

Aujourd'hui, les commandes sur la mise en forme des tubes ou des profilés pour les équipements des différents mobiliers ne cessent d'augmenter. A cet effet, la cintreuse constitue un outil indispensable pour les entreprises spécialisées dans la fabrication des mobiliers, nécessaires dans la vie quotidienne tels que les citernes, les tuyaux, les cuves etc. Pour produire une quantité suffisante avec une bonne qualité en respectant les délais de livraison, la mise en place d'un système de production automatisé est une bonne option.

La simulation et l'analyse numérique ont un impact direct sur la qualité et le temps de mise sur le marché des produits ; de plus, elles accroissent les performances des solutions de gestion du cycle de vie du produit. Elles sont apparues, dans le désir de minimiser le coût d'une étude avec un nombre d'essais optimisés. La difficulté est de créer un modèle C.A.O. se rapprochant au maximum de la réalité (matériaux, conditions aux limites...).

Notre travail a pour but de créer une cintreuse tube semi-automatique en utilisant le logiciel SolidWorks. Ce logiciel de CAO, qui a fait ses preuves dans le domaine. Nous ne donnerons pas de détails quant à son principe et ses fonctions.

Donc, notre mémoire est organisé comme suit :

Le premier chapitre contient les généralités sur le cintrage.

Le deuxième chapitre est consacré à la description de notre cintreuse.

La modélisation des pièces de cintreuse fait l'objet du troisième chapitre.

Des calculs et des simulations des pièces de transmission par SolidWorks seront exploitées au quatrième chapitre.

Enfin notre travail s'achève par une conclusion générale.

**CHAPITRE 01 :**  
**DESCRIPTION DE PROCEDE DE**  
**CINTRAGE**

## I .1 INTRODUCTION

Les cintruses constituent un outil indispensable pour les entreprises spécialisées dans la fabrication des mobiliers ainsi que dans notre vie quotidienne, Les techniques de mise en forme des matériaux ont pour objectif de donner une forme déterminée au matériau tout en lui imposant une certaine microstructure, afin d'obtenir un objet ayant les propriétés souhaitées. C'est un travail qui nécessite de maîtriser parfaitement les paramètres expérimentaux (composition du matériau, température, pression, vitesse de refroidissement, etc.) Dans ce chapitre on présente un aperçu général sur les cintruses, le cintrage et propriétés élastique et plastique des matériaux métalliques.

## I .2 LE CINTRAGE

### I .2.1 Définition de cintrage

On utilise le cintrage dans beaucoup domaines industriels pour donner une forme courbée à différents matériaux comme le métal, le plastique ou le bois. Cette méthode consiste à appliquer une force sur le matériau afin de le plier selon un rayon spécifique de courbure Il existe beaucoup techniques de cintrage : par enroulement, par poussée, par roulage et par emboutissage.

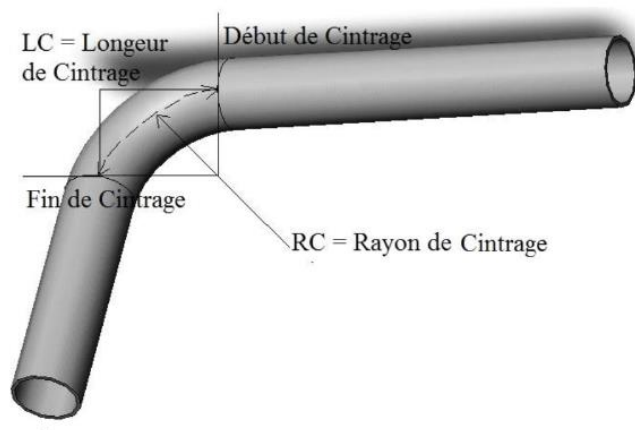


Figure 1 tube crues après cintrage

### I .2.2 Différents parties d'un tube cintré

La fibre à l'extérieur du cintrage appelé fibre tendue ou fibre extérieure ou zone d'extension. Celui-ci est la fibre la plus étirée et la plus allongée. La fibre à l'intérieur de la partie cintrée du tube appelé une fibre intérieure ou zone comprimée. Celui-ci est comprimé. La fibre neutre est

la fibre du tubée qui est ni comprimée ni tendue lors de la déformation pour les tube, la fibre neutre situé au milieu des fibres tendues et comprimée

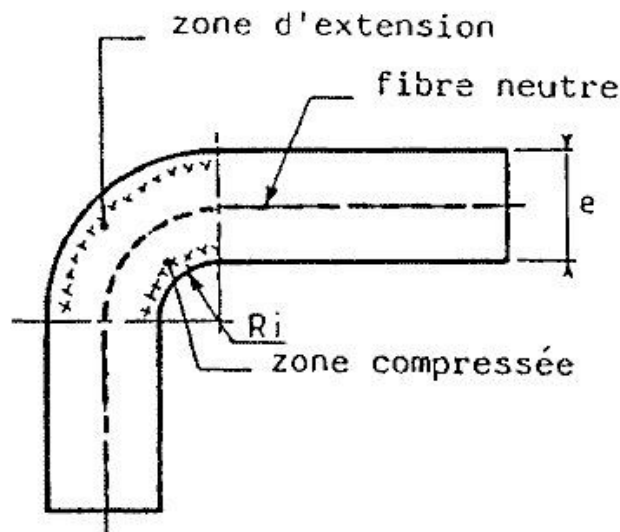


Figure 2:les zones de cintrage

### I .2.3 Le but de cintrage :

Le but du cintrage est de former une matière suivant les conditions données par la construction, pour l'employer comme pièce à usiner isolément (collier, tube, caisse entôle), pièce à encastrier ou travail partiel dans des pièces de construction.

### I .2.4 mode d'opération :

Le cintrage se fait avec le concours d'une force de flexion et d'une force contraire ; la force de flexion provoque une force contraire. La nature de ces forces détermine la forme du la forme du cintrage.

Le mode opératoire du cintrage est déterminé de l'exécution

- à la main
- à l'aide de montages
- à l'aide de machines

Le cintrage à la main se fait

- sans outil
- avec outil

L'outil peut aussi servir de forme de cintrage

Le cintrage à l'aide de montages se fait

- autour de formes avec à blocage
- dans l'étau avec une forme

Le cintrage à l'aide de machines se fait au moyen d'outils à cintrer

- dans des presses
- dans des cintruses

## I .2.5 Domaines d'application

On retrouve beaucoup le cintrage dans notre vie quotidien parce qu'il est utilisé dans de beaucoup domaines, comme :

- **Industrie de construction métallique :**

Comme les poutres métalliques, les tuyaux et les profilés métalliques

- **Industrie automobile :**

**La carrosserie de la voiture, les tubes d'échappement...**



*Figure 3 : tube d'échappement*

**Fabrication des meubles :**

Par exemple les chaises et les tables

- **Fabrication des structures métalliques :**

L'escalier et les rampes, **Structures architecturales, Éléments décoratifs**

- **La plomberie :**

On utilise le cintrage dans la plomberie pour cintrer les tuyaux pour adapter des formes spécifiques



*Figure 4 : le cintrage dans la plomberie*

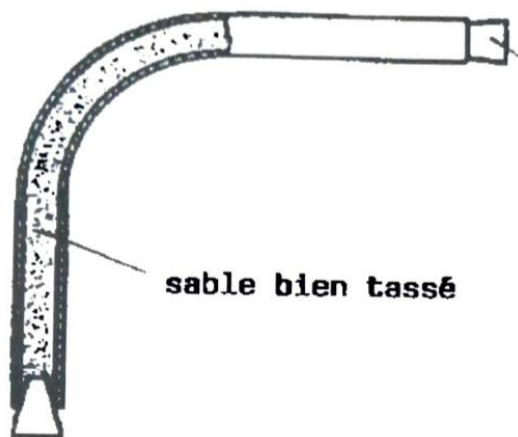
## **I .2.6 Les types de cintrage**

Il existe différents types de cintrage des profilés :

- cintrage à chaud
- cintrage à froid
- cintrage à froid par pousse
- cintrage par galets
- cintrage par enroulement

### **I .2.6.1 cintrage à chaud :**

Le cintrage à chaud est une méthode qui consiste préalablement d'un tube rempli de sable sec pour éviter la déformation de tube chauffés, on utilise généralement le cintrage à chaud dans les cas lorsque que le rayon est trop petit pour être réalise pour le cintrage à froid, cette opération nécessite une main expérimentée.



*Figure 5 : cintrage à chaud*

### **I .2.6.2 cintrage à froid :**

Le cintrage à froid est un procédé industriel qui permet de former des profilés et des tubes en métal tout en préservant leurs caractéristiques mécaniques avec fournir des résultats optimaux pour le cintrage ; La cintreuse applique une force mécanique pour contrer l'élasticité du matériau et former les profilés ou les tubes

- **les avantages :**

- Conservation les caractéristiques mécaniques.

- résultats précis et reproductibles.

- Pas besoin de chauffage préalable.

- **les inconvénients :**

- Allongement et réduction d'épaisseur

- Déformations mécaniques.



### I .2.6.3 cintrage par galets :

Le cintrage par galets est l'un des procédés de cintrage à froid qui est la technique la plus répandue dans l'industrie : des galets fixes ont pour rôle de maintenir le profilé ou le tube pendant qu'un galet mobile réalise le cintrage du profilé ou du tube concerné.

- **Les avantages :**

- cintrage de qualité

- autonomie

- facilite d'utilisation

- **Les inconvénients :**

- le coût très cher. -limite de rayon

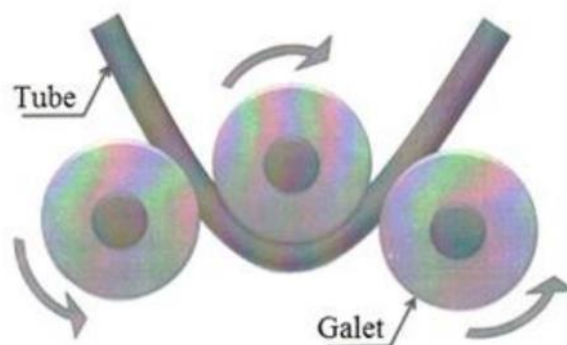
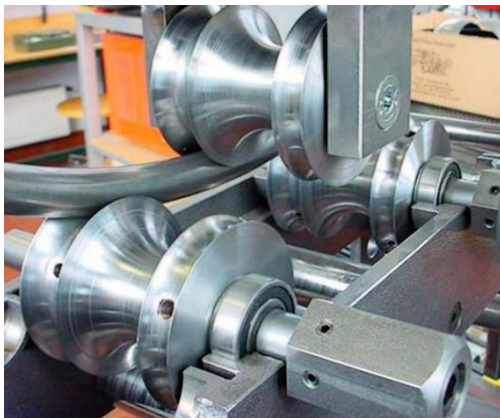


Figure 6 : cintrage par galets

### I .2.6.4 cintrage à froid par pousse :

Le cintrage par poussée ou par pression est une technique utilisée pour former des profilés ou des tubes en métal à froid par fixation d'un tube entre deux appuis fixes, après on applique une pression sur le tube pour en prendre la forme.

- **les avantages :**

-moins cher.

-utilisation facile.

- **les inconvénients :**

-le diamètre de tube est limité.

-manque de précision.

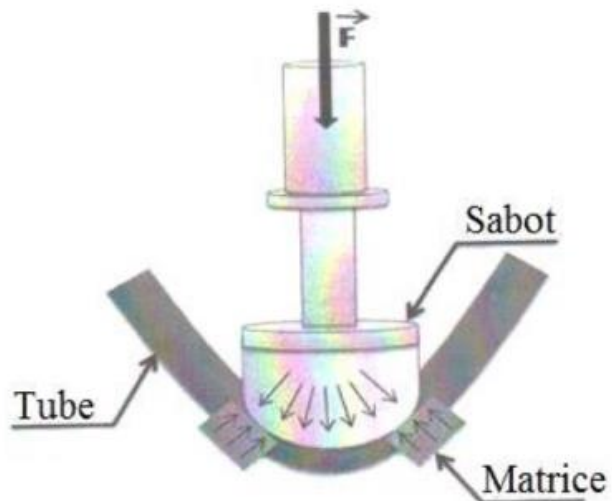


Figure 7 : cintrage par poussée

### **I .2.6.5 cintrage par enroulement :**

Le cintrage par enroulement utilise des machines spécifiques qui serré le tube ou le profilé entre les galets de cintrage par serrage mécanique ou hydraulique, le tube est formé à la valeur du rayon du galet Par rotation des galets autour de l'axe de cintrage.

La glissière réduit les efforts transversaux qui peuvent apparaître pendant le cintrage

- **les avantages :**

-bonne qualité

-machine polyvalent

- **les inconvénients :**

-limite de rayon.

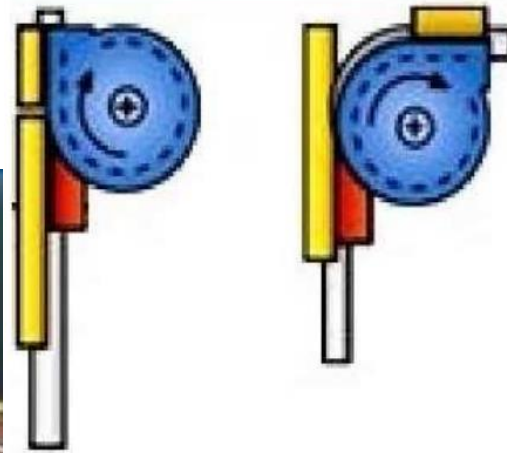


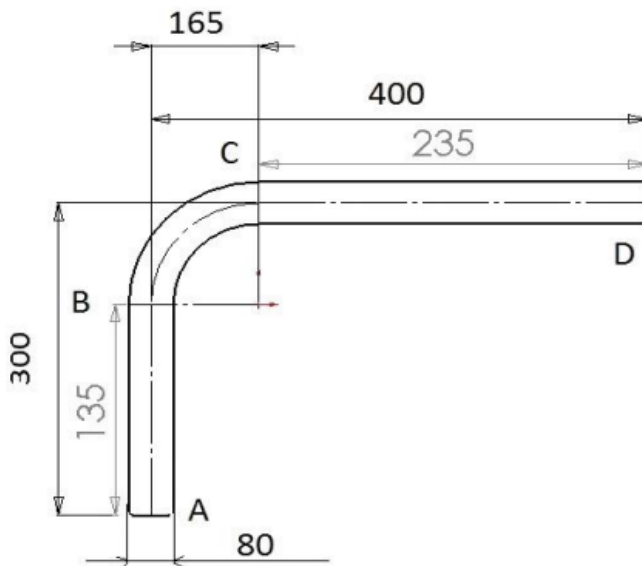
Figure 8 : cintrage par enroulement

### I .2.7 longueur du cintrage développée (LCD) :

La longueur développée du cintrage est la somme des parties droites et des parties courbes calculées à l'aide de la fibre neutre.

#### Exemple :

Nous souhaitons cintrer un tube de diamètre 80 mm d'épaisseur 5 mm sur une cintreuse, pour un rayon de 165 m.



$$\text{Longueur.Développée} = \sum \text{Parties.droites} + \sum \text{Parties.courbes}$$

Figure 9 : longueur de cintrage

$$LDC = (AB+CD) + (BC)$$

Calcule BC :

Le périmètre d'un cercle est égale à :  $2 \times \Pi \times R$

Cette longueur représente un arc de  $360^\circ$ .

Donc pour un arc d'angle  $\alpha$  quelconque, la longueur de cet arc sera égale à :

$$BC = \frac{2 \times \Pi \times R \times \alpha}{360}$$

$$\pi = 1416.3$$

Application numérique :

$$AB = 135$$

$$CD = 235$$

$$BC = \frac{\pi \times 165}{2} = 259$$

$LCD = 135 + 235 + 259 = 629$
-------------------------------

## **I .3 LES CINTREUSES :**

### **I .3.1 Définition :**

La cintrreuse est une machine utilisée pour le cintrage des pièces métalliques pour donner des formes arrondies ou courbées, plusieurs types de cintrreuses suivant s'il s'agit de tôles ou de profilés.

Le cintrage de profilés de métal permet d'obtenir par exemple des portails en fer ou des rambardes diverses. Le cintrage de la tôle s'opère pour la création de citernes et des extincteurs.

Les matériaux qui composent les cintrreuses sont généralement l'acier et le plastique résistant ainsi que de l'électronique pour les cintrreuses professionnelles.

### **I .3.2 Les types des cintrreuses :**

#### **I .3.2.1 cintrreuse pour tôle :**

La cintruse des tôles tôle est une machine-outil qui permet le cintrage de tôles d'acier ou autres tôles, Il existe plusieurs types de cintruses de tôle comme la cintruse hydraulique, la cintruse mécanique.



Figure 10 : cintruse a tôle manuelle



Figure 11 : cintruse a tôle électrique

### **I .3.2.2 cintreuse pour tube :**

La cintreuse de tube est une machine destinées pour plier des tubes et des profilés métalliques en différentes formes, Les cintreuses de tubes peuvent être manuelles ou hydrauliques ou électriques, Elle est spécialement conçues pour cintrer le tube sans risquer de le pincer.



*Figure 12 : cintreuse a tube hydraulique*



*Figure 13 : cintreuse a tube manuelle*

### **I .3.2.3 cintreuse pour profilé :**

la cintreuse de profilé est une machine qui permet de plier des profilés métalliques de différentes formes, elle peut utiliser pour cintrer des profilés de formes carrées, rectangulaires, rondes et autres, elle est créé pour réaliser des angles, des arcs de cercle, ou même des cercles complets.



Figure 14 : cintreuse a profilé

## **I .4 propriétés élastique et plastique des matériaux métalliques :**

### **I .4.1 Comportement plastique :**

La plasticité est la propriété que certains matériaux ont tendance à présenter de grandes déformations sans rupture. Ces déformations sont permanentes lorsque les contraintes dépassent un seuil dit limite d'écoulement.

On ne peut pas calculer une pièce ni déterminer les charges admissibles sans connaître les caractéristiques du matériau qu'il compte utiliser.

Le but des essais mécaniques est d'obtenir des valeurs des propriétés qui seront utilisables dans les calculs de résistance des matériaux ou permettent d'apprécier le comportement d'un matériau en service.

### **I .4.2 Déformation élastique :**

L'élasticité est la capacité d'un matériau solide à reprendre sa forme initiale après avoir été déformé. Les déformations élastiques sont réversibles. Le matériau solide se déforme lorsqu'il est soumis à des forces. Lorsque ces forces ne sont plus exercées, un matériau élastique retrouve sa forme

et sa taille initiales, jusqu'à une certaine limite de la valeur de ces forces. L'élasticité linéaire concerne les petites déformations en fonction de la sollicitation. Selon le module de Young, l'allongement est lié à la force lors d'un étirement dans cette gamme.

### I .4.3 module de rigidité :

Le module de rigidité, ou module de cisaillement est une constante élastique qui caractérise le changement de forme que subit un matériau élastique lorsque des contraintes de cisaillement sont appliquées et est défini comme le rapport entre la contrainte de cisaillement et le cisaillement.

$$G = \frac{\tau_{xy}}{\gamma_{xy}} = \frac{F/A}{\Delta x/l}$$

Avec :

- $G$  le module de cisaillement ou module de rigidité
- $\tau_{xy}$  la contrainte de cisaillement
- $\gamma_{xy}$  la déformation de cisaillement
- $A$  la surface sur laquelle agit la force
- $\Delta x$  le déplacement transversal
- $l$  la longueur initiale

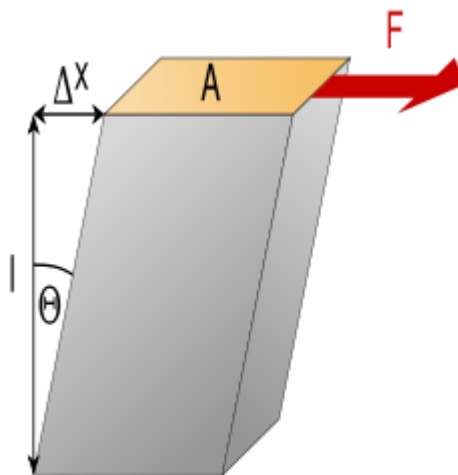


Figure 15 : module de rigidité



### I .4.4 module de YOUNG :

Le module de Young, également appelé module d'élasticité longitudinal ou module d'élasticité, est une propriété mécanique des matériaux qui décrit leur rigidité ou leur résistance à la déformation élastique lorsqu'une force externe est appliquée.

Le module de Young est représenté par la lettre "E" et est défini comme le rapport entre la contrainte (force appliquée par unité de surface) et la déformation (changement relatif de la longueur d'origine) dans la direction longitudinale du matériau.

Le concept de module de Young n'est valable que dans la plage élastique de déformation d'un matériau, c'est-à-dire lorsque la déformation est réversible et que le matériau peut reprendre sa forme d'origine une fois la force appliquée supprimée.

La formule de module de Young :  $E = \sigma / \epsilon$

Avec :

- E : module de Young (en pascals, Pa)
- $\sigma$  : Effort (en pascals, Pa)
- $\epsilon$  : déformation (sans unité)

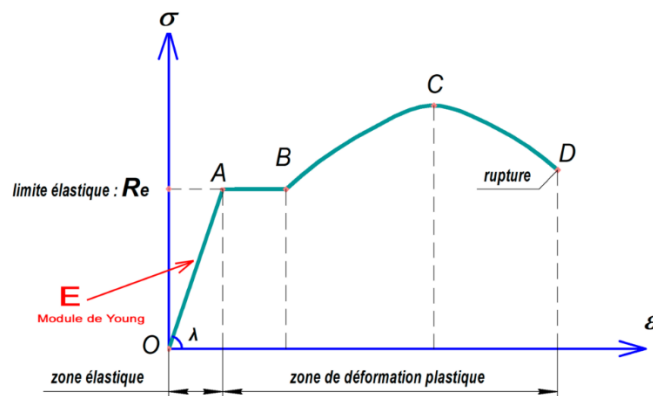


Figure 16 : module de YOUNG

### I .4.5 limite d'élasticité :

La limite d'élasticité est la contrainte à partir de laquelle un matériau arrête de se déformer d'une manière élastique, réversible et commence donc à se déformer de manière irréversible.

### I .4.6 la relation entre limite d'élasticité et le module de YOUNG :

La limite d'élasticité est la contrainte ou contrainte maximale qu'un matériau peut supporter sans subir de déformation permanente ou plastique. C'est le point auquel le matériau cesse de se comporter de manière élastique et commence à se déformer de façon permanente. C'est-à-dire qu'au-dessus de la limite élastique, le matériau ne reprendra pas sa forme d'origine une fois la charge appliquée supprimée.

D'autre part, le module de Young est une mesure de la rigidité ou de la résistance à la déformation élastique d'un matériau. Cependant, elle n'est valable que tant que la déformation est réversible.

Ainsi, lorsqu'un matériau se déforme, s'il dépasse sa limite d'élasticité, le module d'Young n'est plus applicable, le matériau peut se déformer en permanence et son comportement est régi par différentes lois, comme le module de rigidité ou la plasticité.

## I .5 Défauts de cintrage des tubes :

### I .5.1 Retour élastique :

Le retour élastique est un changement géométrique qui survient à la fin du procès de cintrage lorsque les efforts appliqués sur le tube, sont relâchés. Une fois le cintrage de tube terminé, les pièces cintrées subissent un retour élastique et cela affecte la précision dimensionnelle de la pièce finie.

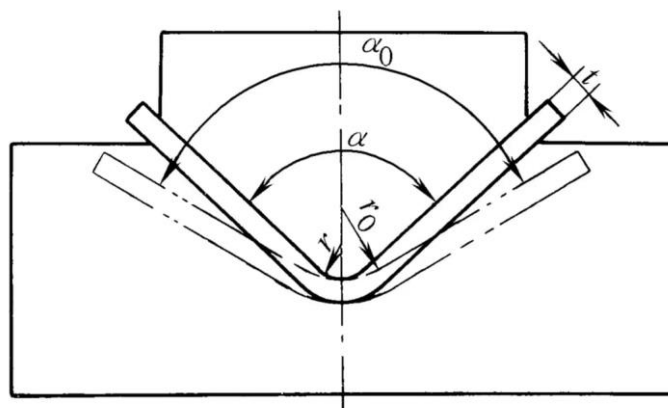


Figure 17 : retour élastique

### I .5.2 la formule de retour élastique :

$$\frac{r_m}{r'_m} = 1 - \frac{3k(1 - \nu^2)}{E(n + 2) \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{1+n}{2}}} \left(\frac{2r_m}{e}\right)^{1-n}$$

Avec :

$r_m = r_0 + \frac{e}{2}$  : Rayon moyen avant retour élastique.

$r'_m = r + \frac{e}{2}$  : Rayon moyen après retour élastique.

$e$  : l'épaisseur de la tôle et en cintrage.

$n$  : Coefficient d'écrouissage du métal (daN/mm<sup>2</sup>). Pour la plupart des aciers  $n$  varie entre 0.1 et 0.25.

$k$  : Coefficient d'amplitude du métal (daN/mm<sup>2</sup>) (loi d'écrouissage  $\sigma = k \epsilon^n$ )

$\nu$  : Coefficient de poisson.

### I .5.3 Le rapport entre l'angle de cintrage et le retour élastique :

Dans la courbe de cintrage voir Figure 21, le retour élastique est représenté en fonction de l'angle de cintrage. Pour des paramètres de cintrage identiques par ailleurs. On reconnaît alors

Toujours le même déroulement typique, A une zone linéaire de forte pente (phase de déformation purement élastique) suit une zone non linéaire (phase de cintrage Élastoplastique.

Plastification sur la section) puis une zone linéaire de faible pente croissante (plastification maintenant uniquement en coupe longitudinale) jusqu'au terme du processus de cintrage.

Le retour élastique du tube après décharge engendre également une légère augmentation du rayon de cintrage, mais qui peut être prise en compte adéquatement dès la fabrication des

Outils de cintrage.

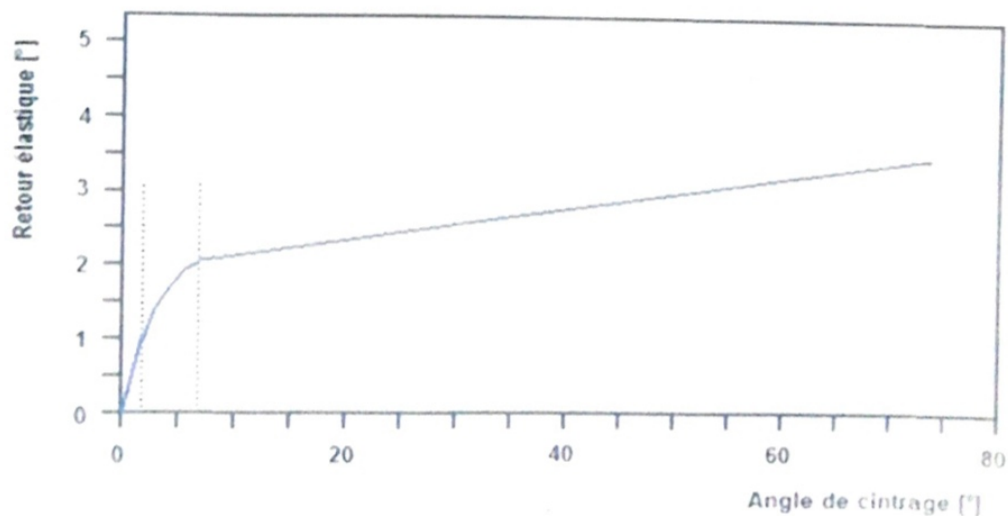


Figure 18 : évolution schématique de la caractéristique du retour élastique

#### **I .5.4 Le plissement :**

Lorsqu'on comprime une paroi mince dans le sens de sa longueur, celle-ci va se voiler (plissements) Ce phénomène se produit à l'intrados lorsqu'on veut cintrer un tube (ou une Extrusion) à paroi mince. Pour contrer le plissement, on peut produire une traction dans L'axe du tube de façon à diminuer la compression à l'intrados.

De même que pour l'étirage. Cette traction va affecter le rayon minimum accessible pour un alliage donné.

Avec les machines à cintrer par enroulement-tension., le plissement est empêché en confinant la paroi du tube entre un mandrin intérieur et une matrice de rabattage ou de lissage (wiper die) Une matrice de compression contribue au confinement. Le mandrin doit être bien positionné à l'intérieur du tube et le frottement entre le tube et les outils doit être minimisé et Contrôlé grâce à une lubrification suffisante.

#### **I .5.5 l'aplatissement :**

Au cours du pliage d'une section creuse, dès qu'une certaine courbure apparaît. La tension  $T$  à l'extrados et la compression  $C$  à l'intrados génère des forces radiales ( $T_r$  et  $C_r$ ) sur les parois qui tendent à les pousser vers l'axe neutre. En l'absence de matériaux intercalaires incompressibles pour s'opposer à ces forces radiales, il en résulte un aplatissement plus ou moins important de la géométrie dans la zone pliée.

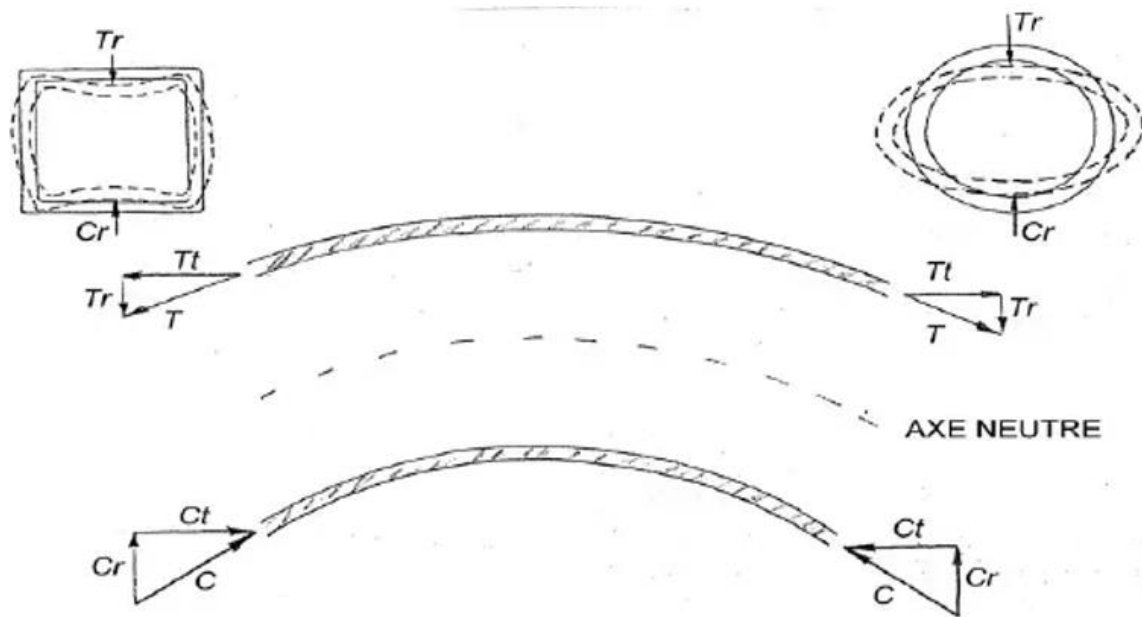


Figure 19 : l'aplatissement

Dans le développement de l'équipement ou dans les opérations courantes, il est important de connaître les conditions et comprendre les mécanismes qui permettent de repousser les limites rencontrées en pliage et en cintrage. Par exemple, si on veut obtenir un faible rayon de cintrage, on a les conditions favorables ou défavorables suivantes :

- **Conditions favorables :**

- 1- Lubrifier les surfaces de contact avec l'outillage pour diminuer la traction provoquée sur le tube par le frottement pendant l'opération.
- 2- Accepter un certain plissement à l'intrados ou le provoquer par l'outillage.
3. Accepter un certain aplatissement du tube.
4. Plier en provoquant une compression dans l'axe du tube (favorisé par une paroi épaisse).

Certaines machines de pliage spécialisées (avec mandrin intérieur) permettent de réaliser cette condition afin de réduire le rayon de pliage minimal.

Dans ce cas, la limitation est davantage liée à la difficulté d'éviter le plissement de la paroi en compression

- **Conditions défavorables :**

1. Pas de lubrification ou lubrification insuffisante.

2. Toutes méthodes pour empêcher l'aplatissement.
3. Traction parallèle à l'axe du tube pour empêcher le plissement de l'intrados.
4. Alliage possédant un faible allongement à la rupture.
5. Alliage possédant un faible taux de consolidation (faible différence entre  $Y_s$  et  $R_u$ ).

### **I .5.6 Ovalisation :**

Lors du cintrage de tubes ronds, les composantes radiales des tensions longitudinales de cintrage conduisent à une ovalisation de la section circulaire du tube. La face externe du cintre tend à tirer vers la ligne médiane, et donc le tube s'aplatit.

Si l'on observe les rapports de force agissant lors du processus de cintrage, on remarque que les résultantes des forces de pression dans la zone interne du cintre et des forces de traction en zone externe du cintre, résultantes provenant du moment de flexion, sont opposées, ce qui favorise un écrasement de la section circulaire initiale. La grandeur mesurant ce phénomène s'appelle l'ovalisation. L'ovalisation est d'autant plus grande que l'épaisseur de paroi de la pièce d'œuvre et le rayon de cintrage sont choisis faibles. La modification de la forme de la section a une incidence sur la section d'écoulement libre ainsi que sur le comportement à la résistance des tubes soumis à pression interne.

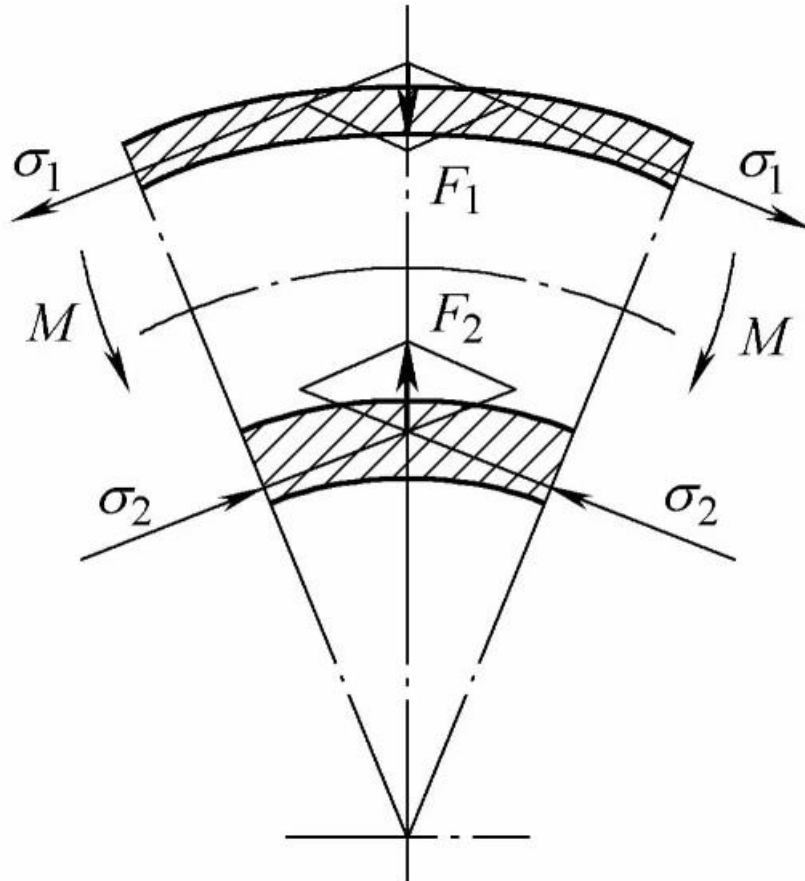


Figure 20 : rapports de force lors du cintrage

On peut exprimer l'ovalisation par :

$$U = \frac{D_{max} - D_{min}}{D \times 100}$$

Avec :

$D_{max}$  : diamètre maximale du tube après déformation.

$D_{min}$  : diamètre minimale du tube après déformation.

**CHAPITRE 02 :**  
**DESCRIPTION DE LA CINTREUSE**



## **II .1 Introduction :**

Dans ce chapitre nous présentons la cintreuse qui nous avons choisi et une description sur cette machine, dimensions, identification des éléments, montage, le moteur ...

On a aussi parlé de système de transmission de cette cintreuse et une description sur les engrenages droits a denture hélicoïdale.

Ensuite, une deuxième partie qui traite la table de positionnement en donnant les détails ainsi que les composantes de la table.

## **II .2 Choix de cintreuse :**

la cintreuse est une machine utilisée pour cintrer à froid, sans piler, des profilés de forme et de dimensions différentes. la machine est utilisée dans le domaine du travail des métaux pour cintrer des profilés comme les tubes, barres, cornières, profilés en forme (T), profilés en forme( U ) et poutres et tôles.

Pour pouvoir choisir une cintreuse adaptée à votre usage, vous devez d'abord définir si elle doit être utilisée pour des tubes ou des tôles.

Le but de notre travail est de concevoir une cintreuse de profilés donc on a choisi une **cintreuse par enroulement.**

## II .3 la machine proposée :

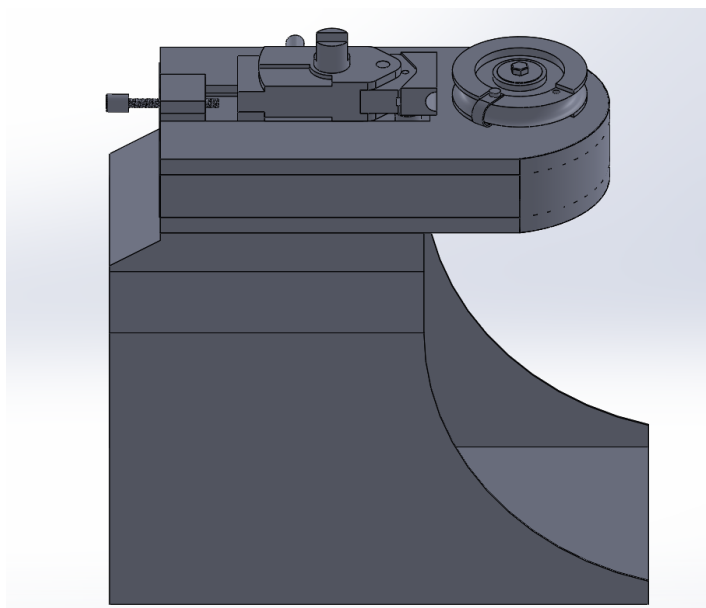


Figure II. 1 : la machine proposée

### II .3.1 Caractéristiques techniques :

<b>Puissance du moteur</b>	2,2 Kw / 3 CV
<b>Tension électrique</b>	230/400 V 50/60 Hz
<b>Vitesse de rotation automatique</b>	De 0,75 à 2,2 tr/min
<b>Intensité</b>	9/5 A
<b>Rayon de cintrage minimal</b>	3 fois le diamètre du tube
<b>Rayon de cintrage maximal</b>	390mm
<b>Capacité maximale de tube rond en acier</b>	diamètre : 90mm épaisseur : 6mm
<b>Capacité maximale de tube rond en aluminium</b>	diamètre :90mm épaisseur 10 mm
<b>Capacité maximale de tube carré</b>	60x60 épaisseurs :4mm
<b>Angle de cintrage maximal</b>	180°
<b>Dimensions</b>	700x1300x1360 mm
<b>Poids</b>	860Kg

### II .3.2 Dimensions :

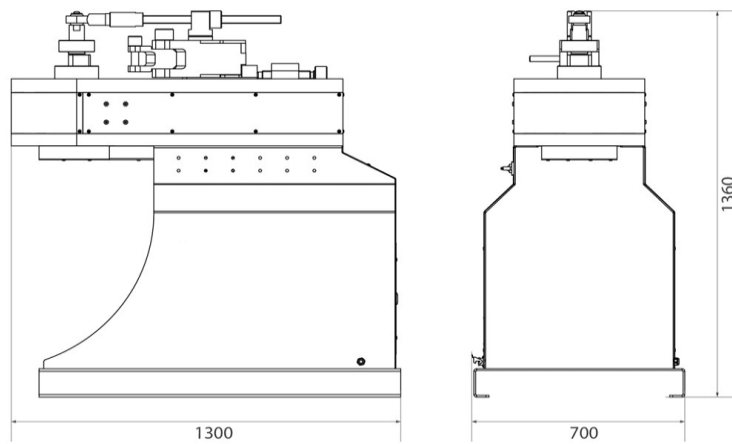


Figure II. 2 : les dimensions de la machine

### II .3.3 Identification des éléments :

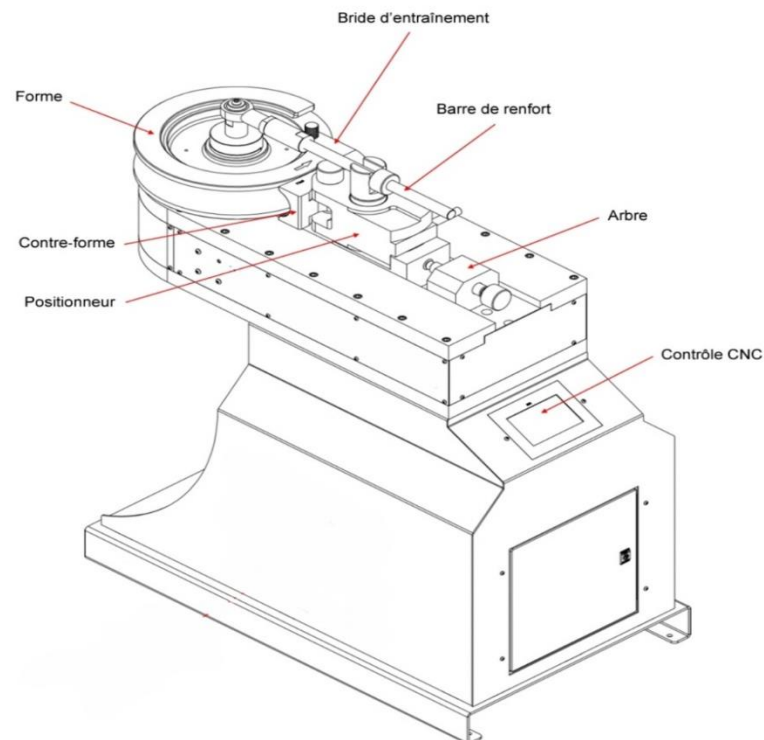


Figure II. 3 : les éléments de la machine

### II .3.4 Description des protecteurs :

La machine est équipée d'un moteur réducteur et de tous les engrenages qui assurent le fonctionnement de la machine, enfermés dans le bâti principal qui protège les mécanismes.

Malgré la protection des principaux éléments mobiles par le capot avant, il est tout de même indispensable.

Il est essentiel d'être extrêmement prudent lors du cintrage pour éviter tout risque de heurt entre la matrice, la contre-forme et la pièce.

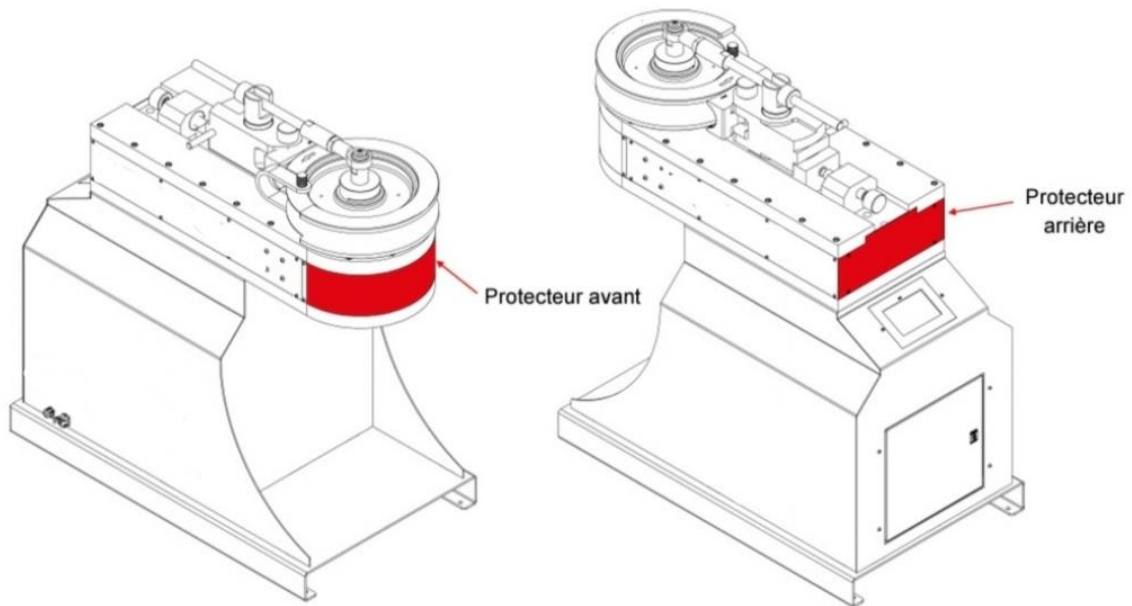


Figure II. 4 : les protecteurs

## II .4 Méthode d'utilisation :

### II .4.1 Montage de la forme et de la contre-forme :

Pour monter la forme il y a des étapes à suivre

- 1- installez la forme sur l'arbre de la machine

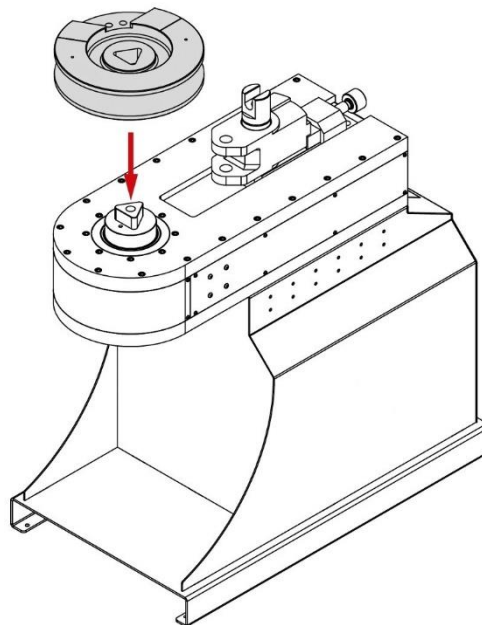


Figure II. 5 : montage de forme

2- Prenez la contre-forme ou les galets porteurs et fixez-les sur le positionneur.

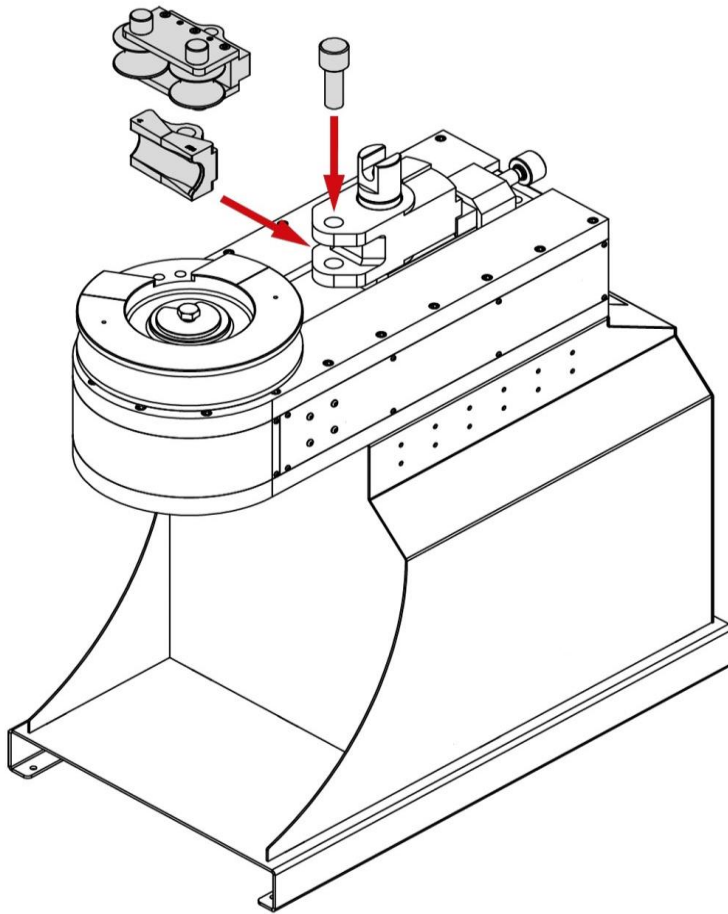


Figure II. 6 : montage de contre forme

3- Insérez le matériau dans le guide de la forme, puis fixez-le à la bride d'entraînement.

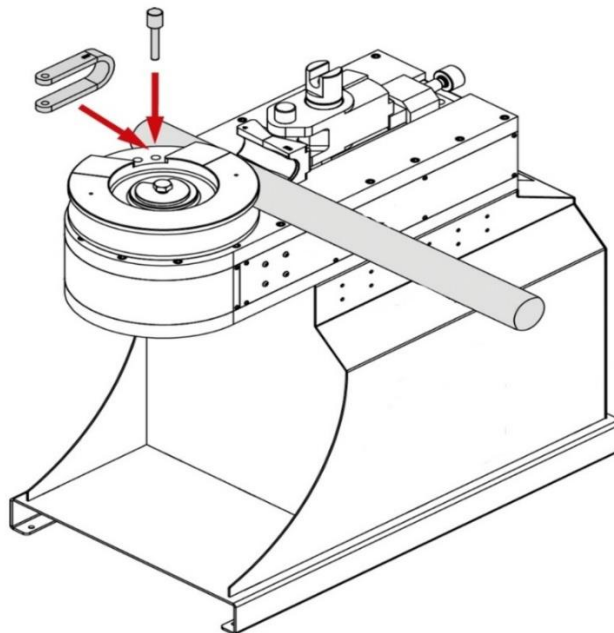


Figure II. 7 : montage de bride d'entrainement

4- Lubrifiez le matériau et la contre-forme

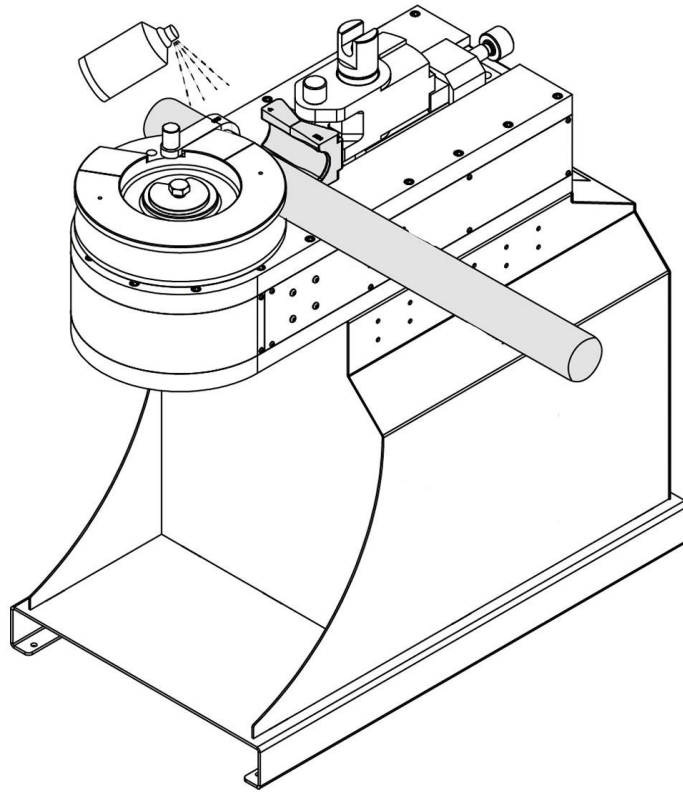


Figure II. 8 : lubrification

5- Faites glisser le positionneur de la contre-forme jusqu'à celui-ci soit ajusté au matériau.

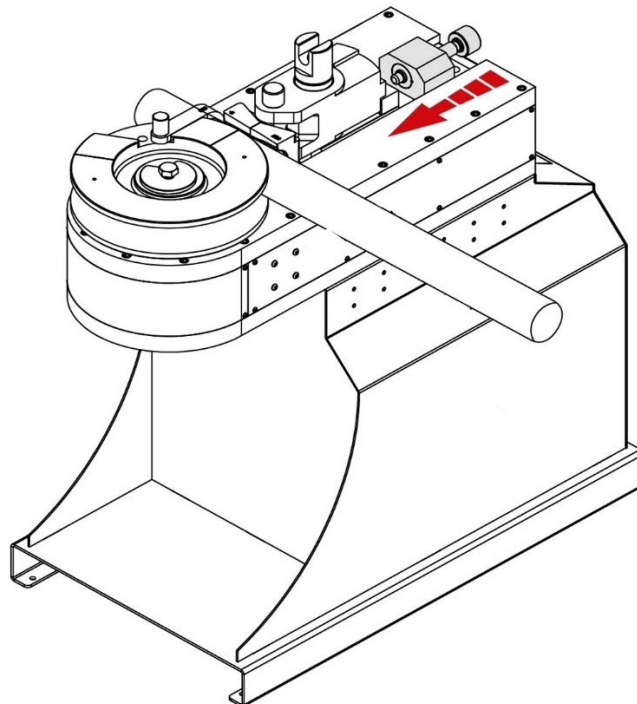


Figure II. 9 : fixation de positionneur

6- Fixez l'arbre fileté de positionnement à la main sur la table de la machine.

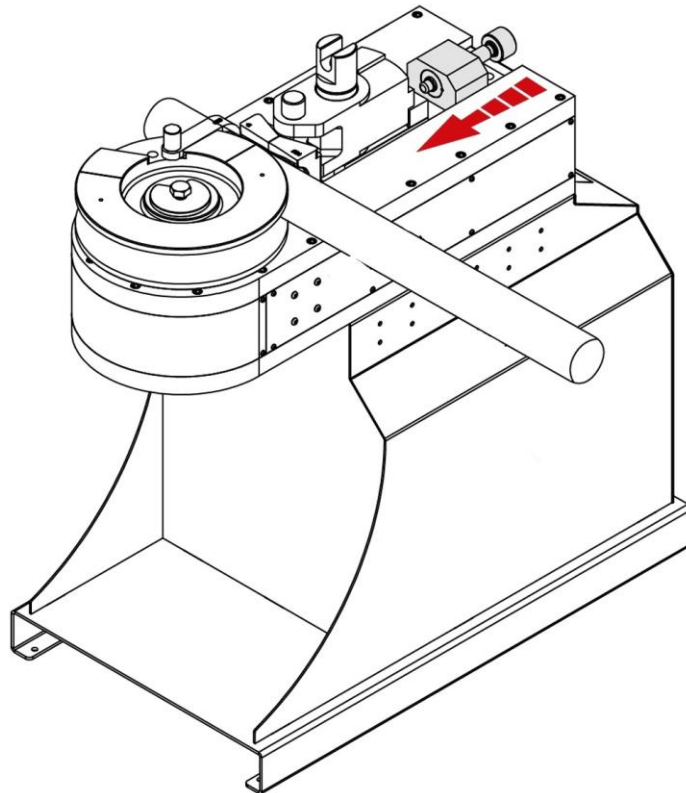
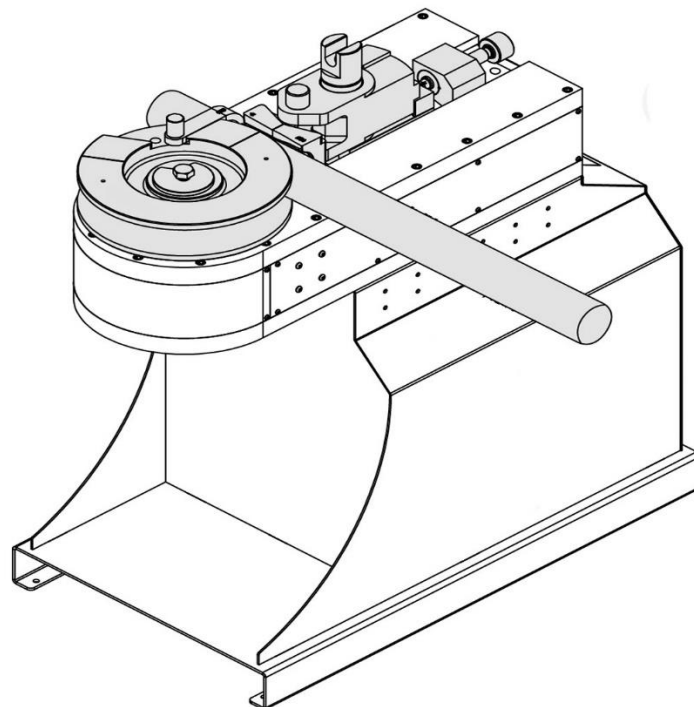
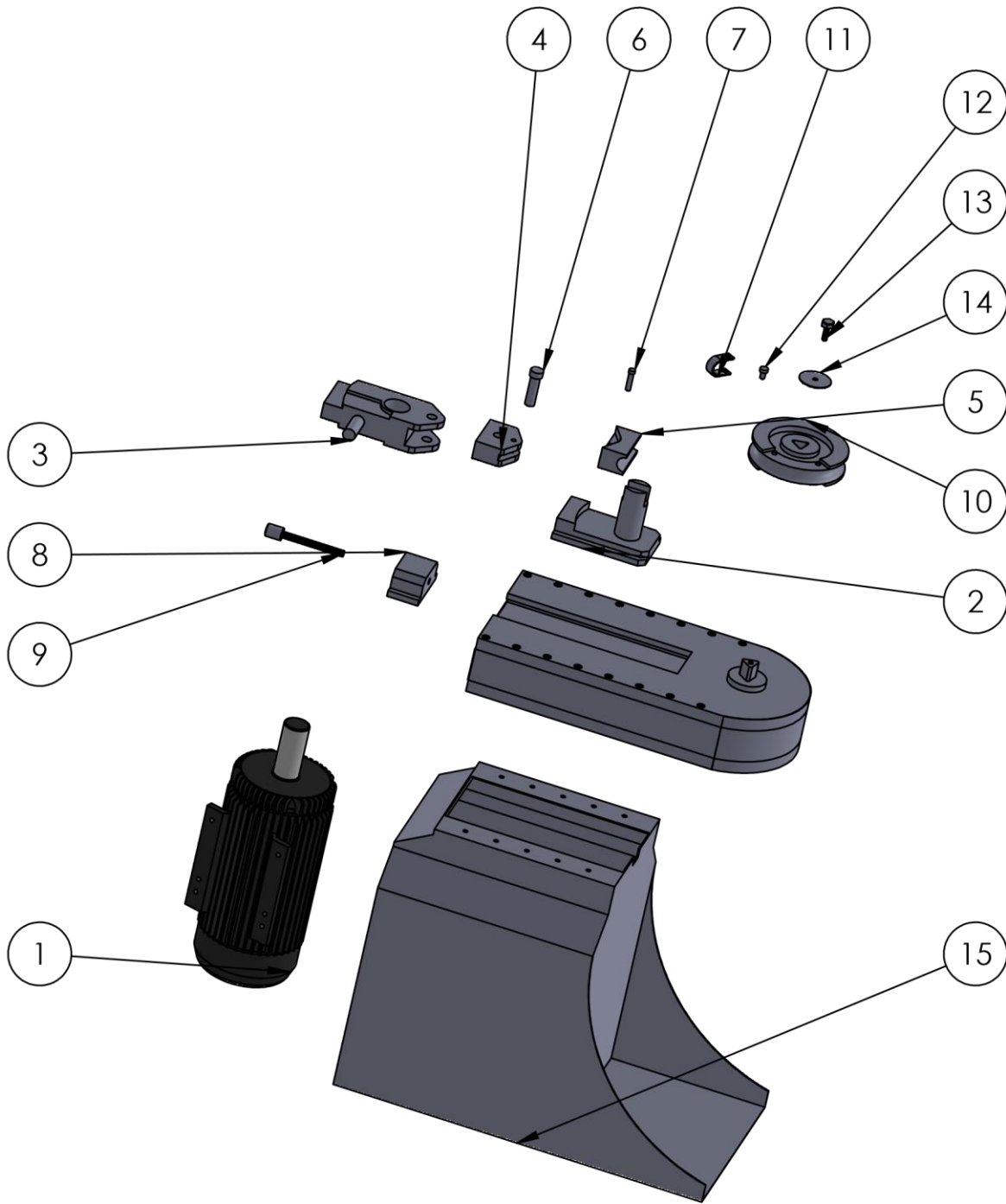


Figure II. 10 : fixation de fileté de positionnement



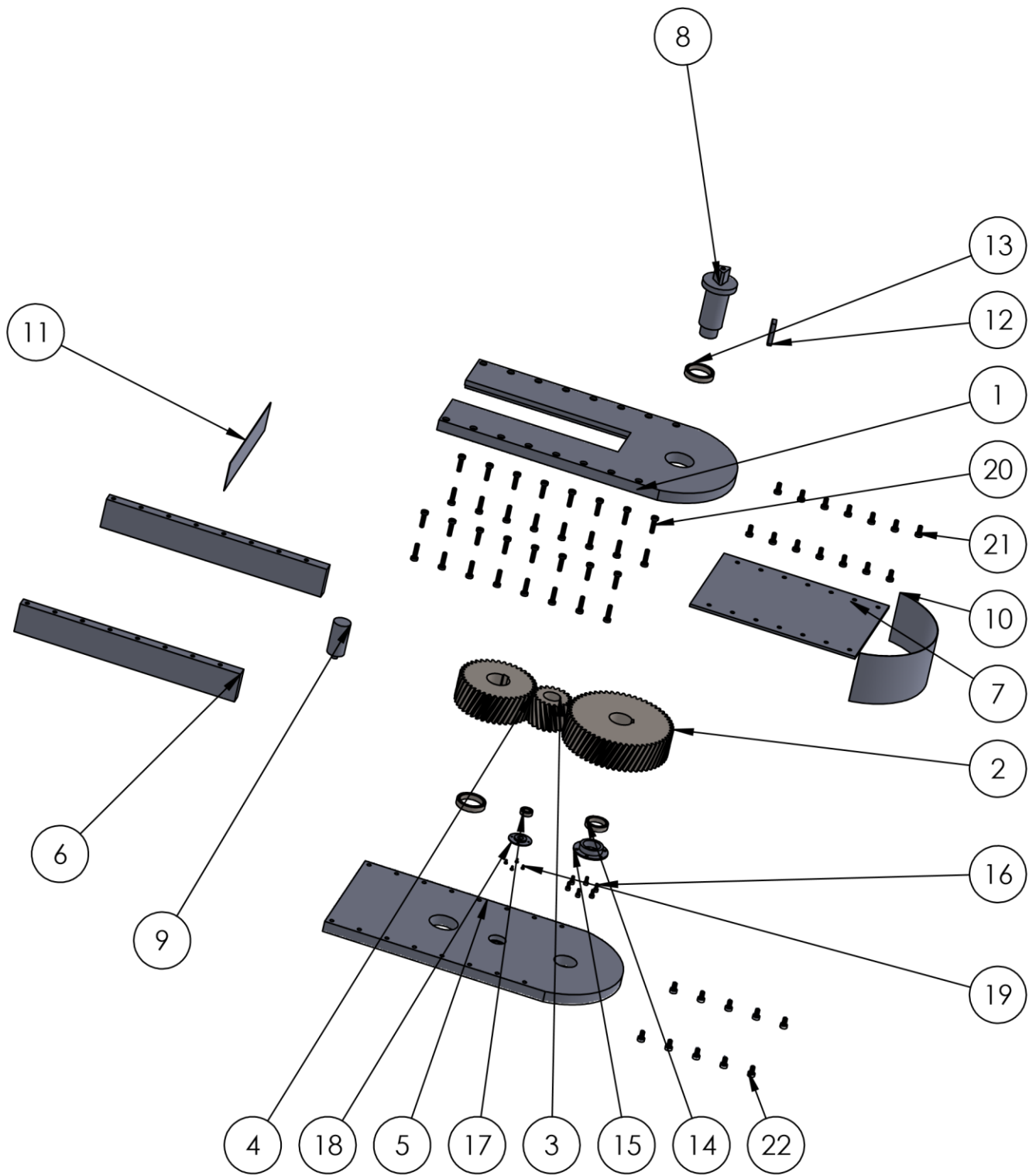
## II.6 les éléments de la machine :





Numéro d'article	DESCRIPTION	quantités
1	mteur electrique	1
2	chariot de guidage	1
3	positionneur	1
4	support de fixation contre forme	1
5	cotre forme	1
6	arbre de fixation de support	1
7	arbre de fixation de contre forme	1
8	chariot à pousser	1
9	vis de serrage	1
10	forme	1
11	Bride d'entraînement	1
12	Fixation Bride d'entrainement	1
13	vis de fixation de Forme	1
14	rondelle de fixation	1
15	structure de la machine	1

*Tableau II. 1 : les éléments de la partie 1 de la cintruse*



Numéro d'article	DESCRIPTION	quantités
1	plaque supérieure	1
2	engrenage hélicoïdal Z56 M6 T20	1
3	engrenage hélicoïdal Z20 M6 T20	1
4	engrenage hélicoïdal Z40 M6 T20	1
5	plaque inférieur	1
6	plaque latérale	2
7	plaque intérieur	1
8	arbre de transmission	1
9	arbre de transmission	1
10	protecteur avant	1
11	protecteur arrière	1
12	clavette 28*16*90	1
13	roulement a bille R80	2
14	roulement a bille R60	1
15	fixateur de roulement	1
16	Vis M10	6
17	roulement a bille R60	1
18	fixateur de roulement	1
19	vis M6	4
20	vis M12	32
21	vis M12	14
22	vis M 16	10

*Tableau II. 2 : les éléments de la partie 2 de la cintreuse*

## **II .7 type de moteur :**

La cintreuse à tubes est équipée d'un moteur réducteur de 230/400 V, 4 kW, chargé d'assurer le fonctionnement de la forme. Veillez brancher la machine à une tension d'alimentation compatible de 230/400 V satisfaisant aux exigences spécifiées.



*Figure II. 11 : moteur réducteur*

## **II .8 Système de transmission :**

Cette cintrreuse est équipée de trois engrenages hélicoïdaux pour la transmission du mouvement. Le premier est connecté à l'arbre moteur, qui transmet le mouvement à un autre engrenage, avant d'atteindre un troisième engrenage qui tourne l'arbre de forme.

### **II .8.1 Définition des engrenages :**

Un engrenage est un mécanisme composé de deux ou plusieurs roues dentées qui sont engrenées entre elles. Un engrenage est donc utilisé pour transmettre un mouvement circulaire d'une roue dentée à une autre roue dentée par le contact de leurs dents.

### **II .8.2 Engrenages droits à denture hélicoïdale :**

La roue à vis sans fin est une roue dentée dont les dents sont inclinées par rapport à l'axe de rotation. C'est-à-dire que les engrenages hélicoïdaux sont un type d'engrenages dont le profil est celui des dents hélicoïdales.

### **II .8.3 Avantage des engrenages hélicoïdaux :**

-Les engrenages hélicoïdaux fonctionnent plus facilement que les autres types d'engrenages, ils sont donc plus silencieux.

-Parce que les engrenages hélicoïdaux ont plus de dents en contact, ils transmettent mieux des charges élevées.

-les engrenages hélicoïdaux permettent de transmettre un mouvement de rotation entre deux roues à axes parallèles ou perpendiculaires.

-Les engrenages hélicoïdaux peuvent transmettre des vitesses angulaires élevées.

### **II .8.4 Inconvénients des engrenages hélicoïdaux :**

-En général, les engrenages hélicoïdaux s'usent davantage lors du travail et doivent être graissés.

-Les performances des engrenages hélicoïdaux sont moindres, car il y a plus de contact entre leurs dents et, par conséquent, plus d'énergie est perdue.

-Le coût de fabrication des engrenages à vis sans fin est plus élevé que celui des autres types d'engrenages.

### II .8.5 Module (m) :

C'est la valeur qui permet de définir les caractéristiques d'une roue dentée. C'est le rapport entre le diamètre primitif de la roue et le nombre de ses dents. Le module est une grandeur normalisée (tableau ci-dessous). L'épaisseur de la dent et sa résistance dépendent du choix du module.

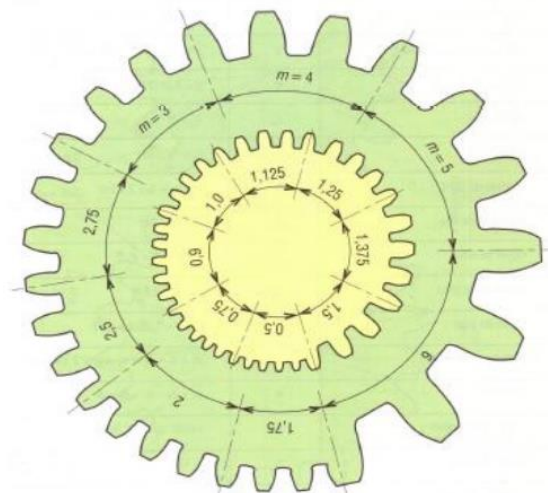


Figure II. 12 : module(m)

### II .8.6 Angles d'hélice $\beta$ :

Il mesure l'inclinaison de la denture, ou de l'hélice, par rapport à l'axe de la roue ; les valeurs usuelles se situent entre 15 et 30°. De grandes valeurs de  $\beta$  amènent plus de douceur et de progressivité mais aussi des efforts axiaux plus grands. Un engrenage droit un engrenage hélicoïdal avec  $\beta = 0^\circ$ .

### II .9 la table de positionnement :

La table de positionnement est utilisé pour cintrer les tubes longs et permettant un réglage précis de la position et la longueur du matériau avant le début du processus de cintrage.

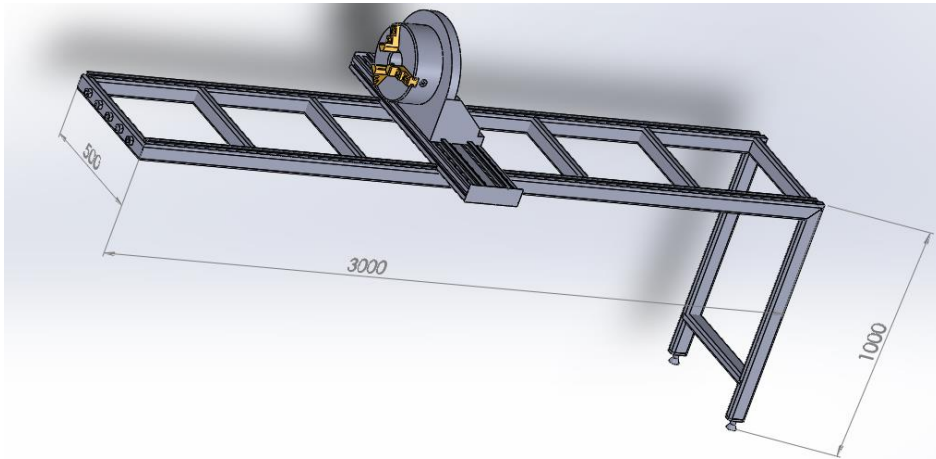
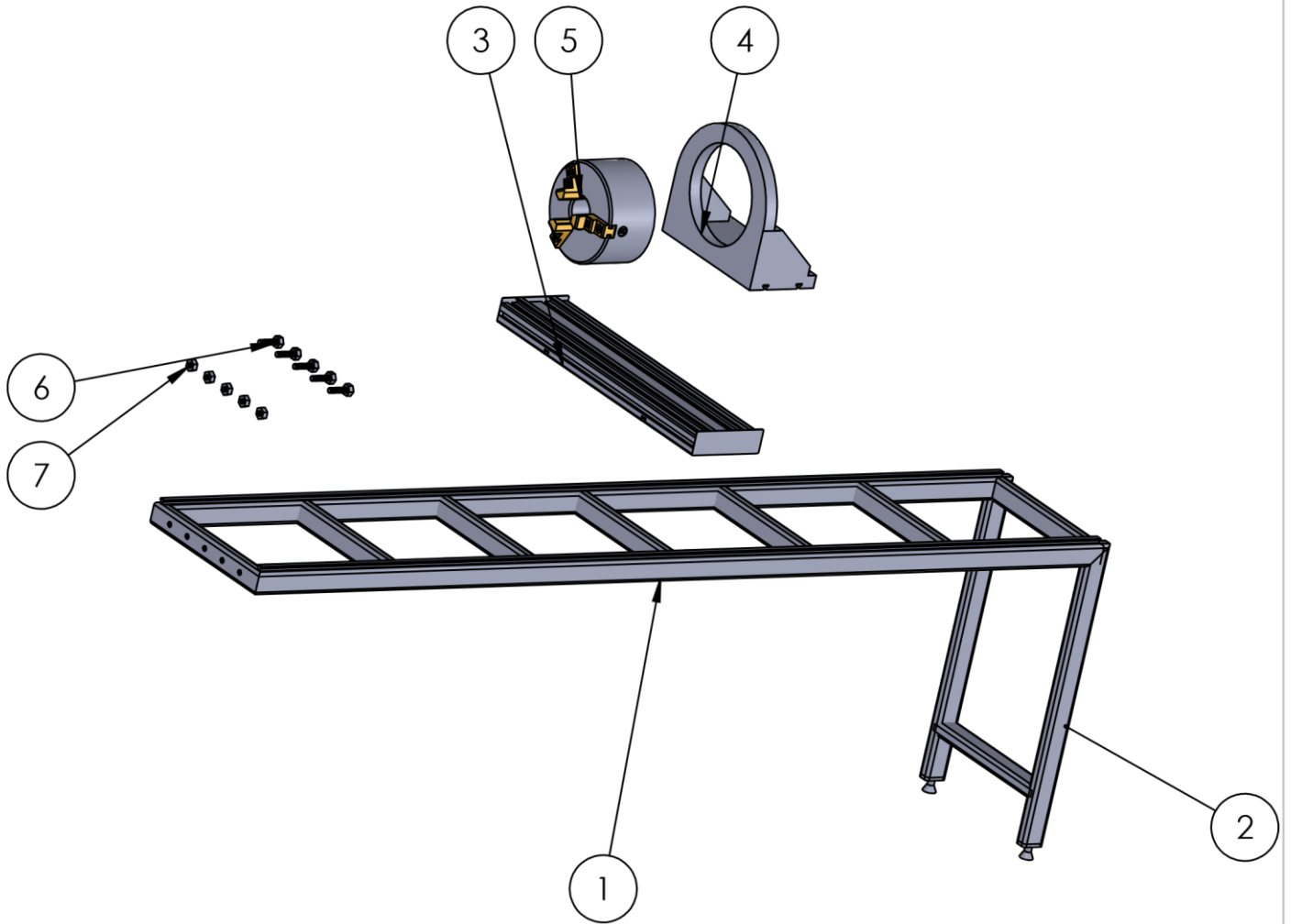


Figure II. 13 : table de positionnement



Numéro d'article	DESCRIPTION	quantités
1	chemin de glissière	1
2	pied	1
3	glissière	1
4	porte mandrin	1
5	mandrin	1
6	vis M18	1
7	ecrou M18	1

Tableau II. 3 : les éléments de table de positionnement

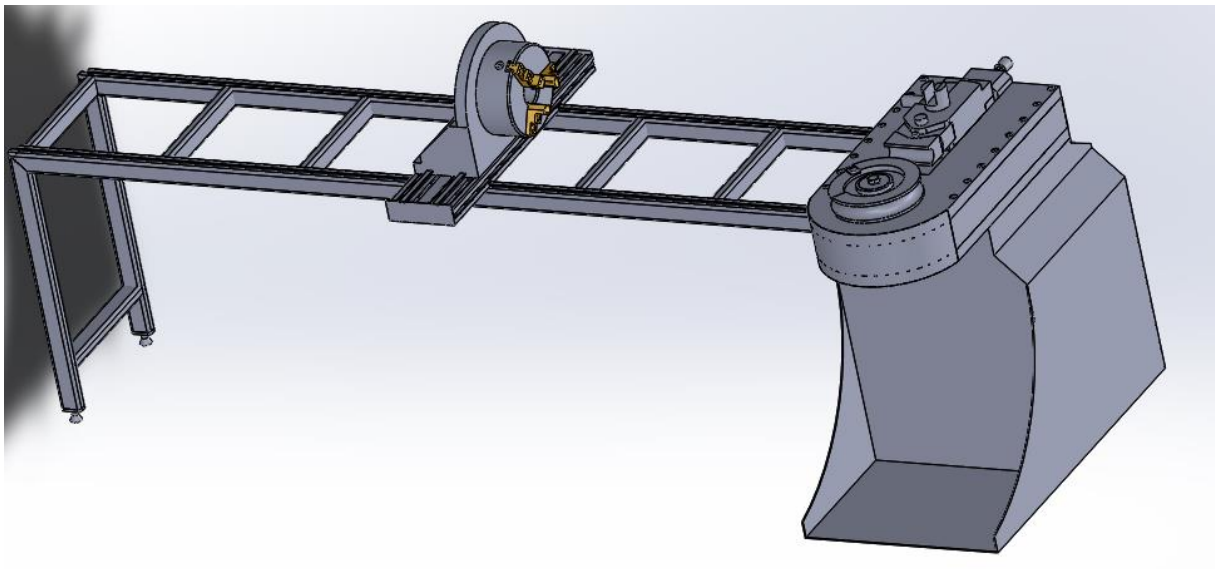


Figure II. 14 : montage de la cintrouse avec table de positionnement



**CHAPITRE 03 :**  
**MODELISATION DE LA CINTREUSE**

## **III.1 Introduction**

Nous allons dans ce chapitre, modéliser les différentes pièces de notre cintreuse. Pour cela on utilise l'outil de modélisation CAO SolidWorks 2018 pour la conception des différentes pièces de la cintreuse tout en respectant les différentes étapes de la modélisation de chaque pièce.

## **III.2 Définition de CAO**

La conception assistée par ordinateur (CAO) fait référence au domaine des logiciels et des méthodologies qui facilitent les processus de conception, de test et de production d'outils et d'articles manufacturables. La CAO permet le développement de systèmes dépassant les capacités cognitives humaines en raison de leur complexité, comme ceux de la microélectronique. La conception virtuelle ouvre la voie à une évaluation holistique du comportement de l'objet créé avant même sa manifestation physique – une approche dans laquelle nous ne dessinons pas mais construisons en CAO.

Presque tout objet capable de répondre à des actions dans son espace virtuel est considéré comme un prototype évolutif. En effet, il se comporte en fonction des instructions logicielles codées régissant son monde non réel.

### **III.2.1 Domaine d'application de la CAO**

La conception assistée par ordinateur (CAO) est un outil polyvalent avec d'innombrables applications, ce qui rend presque impossible la compilation d'une liste complète. Chaque fois que l'acte de création s'entremêle avec celui de donner vie à une figure, l'utilisation de la CAO entre en jeu.

Aidons réellement le concepteur : avec un système graphique. Ceci nous amène à utiliser la Conception Assistée par Ordinateur dans les bureaux d'études de produits et même dans les bureaux d'études d'ingénierie de production (machines-outils standards, machines spéciales, éléments d'outils de presse, éléments de matrices, etc.) ; également dans le domaine de l'architecture, du génie civil, des bureaux de construction, la CAO s'avère utile et intéressante et elle est également très importante dans certains laboratoires de recherche.

La conception assistée par ordinateur est principalement utilisée dans les grandes industries aéronautiques, navales et automobiles, la CAO/FAO mécanique détenant à elle seule une part majoritaire (60 %) du marché global de la CAO/FAO. Cela indique des taux d'adoption élevés

qui devraient également connaître des niveaux de pénétration prometteurs parmi les entreprises d'ingénierie mécanique de taille moyenne.

- Définition géométrique précise des formes complexes des fuselages et ailes d'avion, des coques de navire, des carrosseries automobiles en vue d'un dessin et d'un usinage par commande numérique ;

Conception automatique à l'aide de concepts géométriques des pièces intérieures et de pièces de structure dans les secteurs précités ;

- Etude et dessin d'outils de formage, d'assemblage, de moulage, de forgeage, plus la fabrication de ces moyens fait appel à des éléments normalisés, plus l'automatisation peut être développée.
- Etude de petits mécanismes par la cinématique ;
- Conception de composants mécaniques (vérins, pompes, roulements, paliers, cames, essuie-glaces pour pare-brise d'automobile, lève-glaces, etc.) et leur cotation automatique ;
- Calcul de poutres, de nœuds d'assemblage et de structures complexes avec possibilité de simuler la circulation des efforts et de représenter les déformées correspondantes ;
- Débattements d'organes mobiles (roues, potes, trains d'atterrissage) pour étude de leur environnement et vérification des proximités ;
- Simulation des zones de vision avant et arrière dans une automobile, un avion ;
- Simulation d'atterrissage par visualisation animée de la piste ou du porte-avions ;

### **III.3 Choix de l'outil informatique de CAO :**

Pour la conception assistée par ordinateur des géométries des différentes pièces on utilise l'outil de CAO SolidWorks 2022.

On a choisi l'outil informatique SolidWorks 2022 pour la disponibilité du logiciel sur le marché et facilité de téléchargement à partir d'internet.

#### **III.3.1 SolidWorks 2022 :**

##### **III.3.1.1 Définition :**

Solidworks représente un outil de conception assistée par ordinateur Cao en trois dimensions elle est efficace dans la mesure où elle permet de représenter visuellement les objets disponibles mais elle dépasse cette simple représentation il offre la possibilité de concevoir de nouvelles pièces à partir de pièces déjà existantes un processus couramment désigné sous le nom de

conception de prototypes virtuels solidworks lorsqu' il est utilisé en collaboration avec d'autres logiciels retire la nécessité de programmer manuellement des composants complexes et assure leur réussite dans la production la conception d'une machine à commande numérique est facilitée par une conception assistée par ordinateur et une fabrication assistée par ordinateur grâce au logiciel Cam Works les pièces conçues en 3D peuvent être représentées en 2D sans avoir besoin d'intervention manuelle incluant des plans (vues) ,des coupes ,des vues brisées ,des dimensions ,etc...

### III.3.1.2 Caractéristiques de SolidWorks :

a) Modèle géométrique : Le plus complet utilisé dans les systèmes de CAO, utilisant les informations qui relient les géométries de modèle entre elles.

b) Paramétrique : Les cotes et les relations utilisées pour créer une fonction sont saisies et stockées dans le modèle, ce qui permet de les changer rapidement et sans difficulté.

c) Basé sur des fonctions : On peut classer les fonctions de SolidWorks en deux catégories :

- Fonction esquissée : basée sur une esquisse 2D (enlèvement de matière, extrusion ...).
- Fonction appliquée : sont les fonctions créés directement sur le modèle volumique (chanfrein, congé, ...).

d) Associatif : Les changements introduits dans le modèle sont directement reflétés dans les mises en plans ou les assemblages qui lui sont associés.

### III.3.1.3 Fonctionnement :

SOLIDWORKS est un logiciel qui agit comme un modeleur de volume, permettant de créer en trois dimensions les pièces. Il peut répertorier les fichiers des pièces pour générer soit des croquis en 2D, soit des assemblages de différentes pièces.

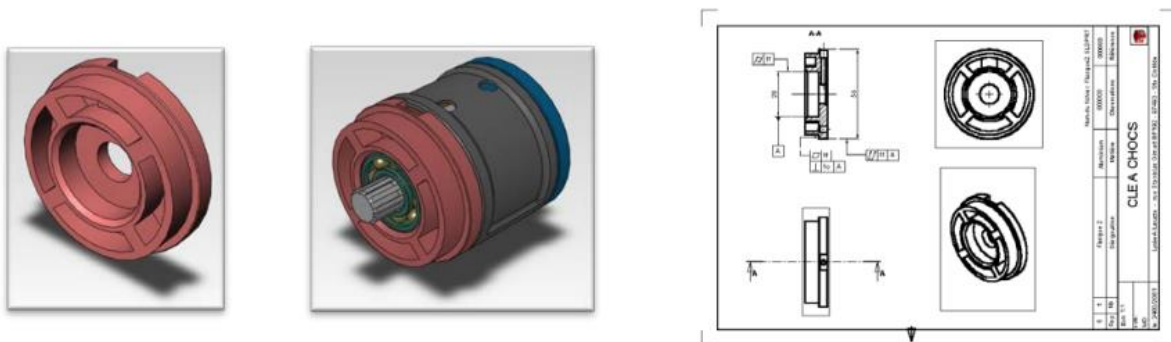


Figure III. 1 : fonctionnement de solidworks

Ce système est aussi paramétrique : il est possible de définir non seulement les valeurs numériques des dimensions ou des propriétés géométriques des pièces grâce à des contraintes, mais surtout, si on modifie ces valeurs, le logiciel se chargera de renvoyer les modifications en cascade sur les autres éléments paramétriques, ce qui permet de faire évoluer un élément tout en laissant en l'état la logique dans laquelle il a été conçu.

Un modèle SolidWorks est composé de trois éléments principaux : des pièces, des assemblages et des mises en plan. Si ces composants peuvent être considérés comme des fichiers distincts, ils représentent cependant le même modèle ; par conséquent toute modification apportée à ce modèle depuis un fichier se trouvera aussitôt partagée par les autres fichiers qui font référence à ce modèle.

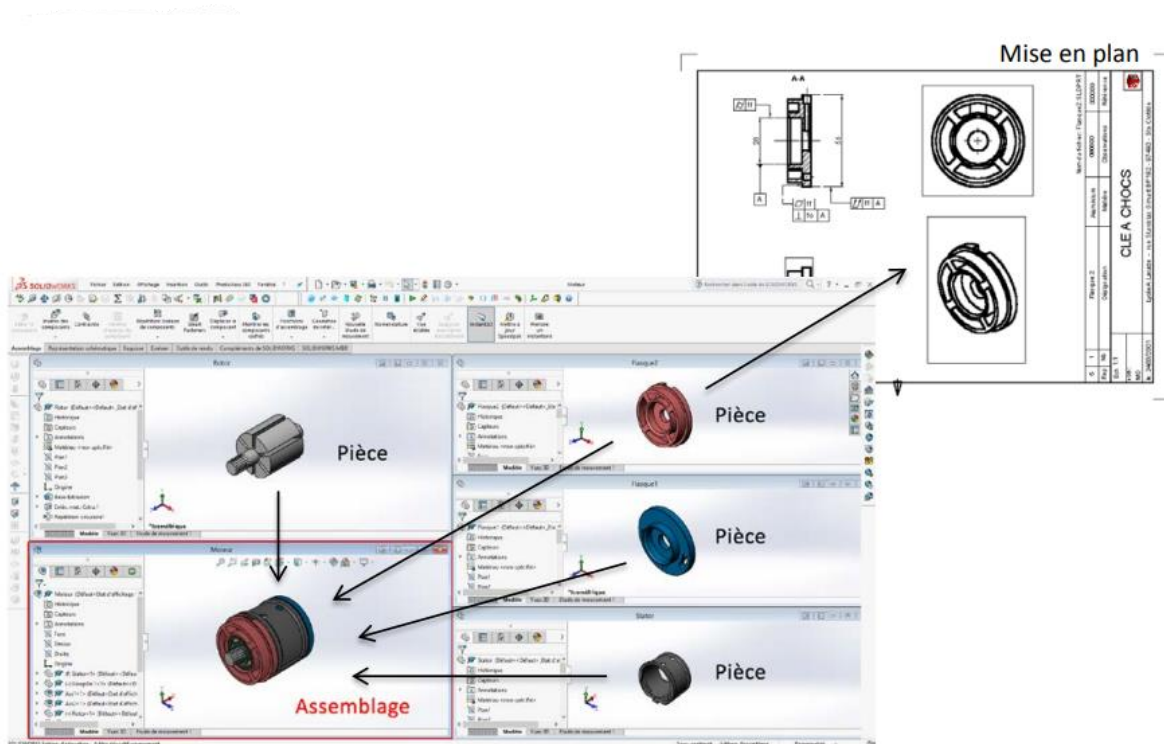


Figure III. 2 : fonctionnement de solidworks

### Le logiciel SolidWorks comprend

3 modules élémentaires : Pièce, Assemblage, Mise en plan.

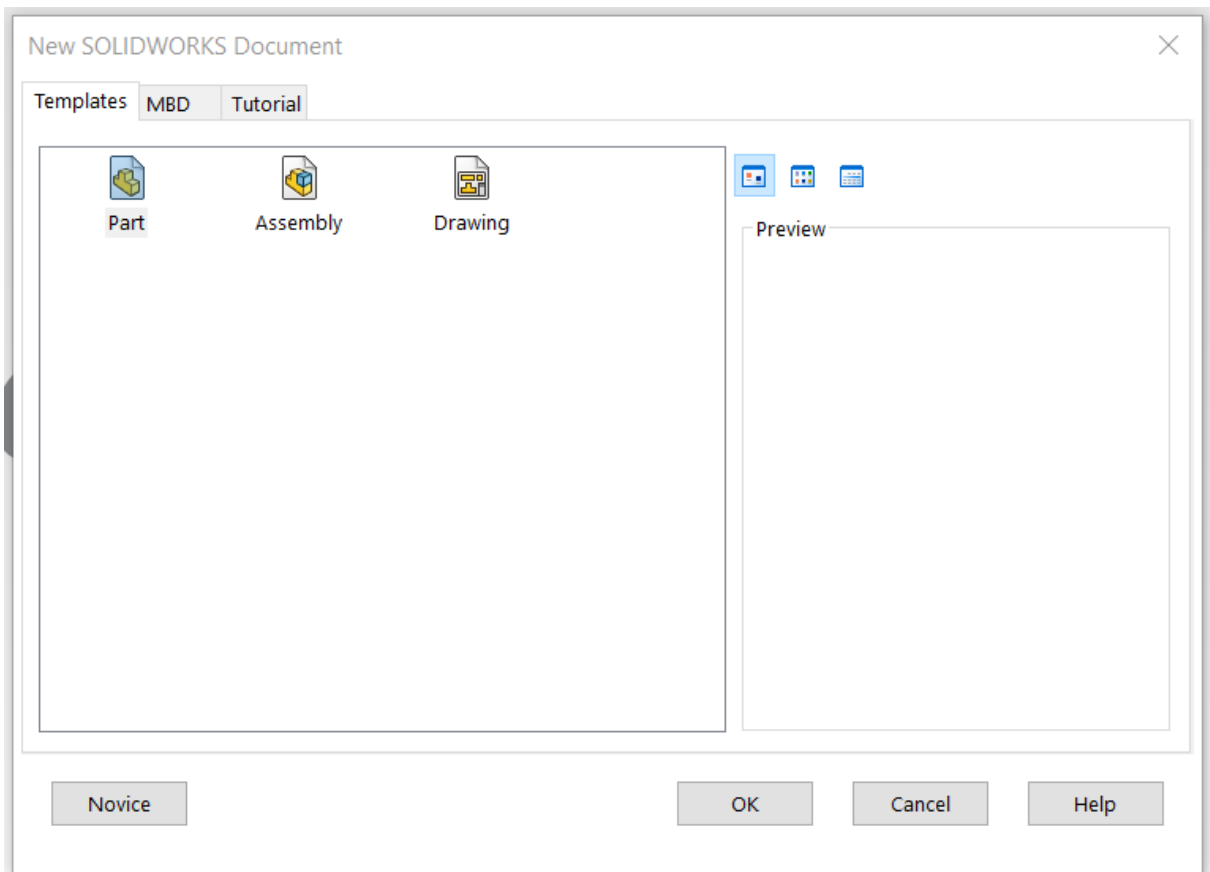


Figure III. 3 : fenêtre d'accueil

### III.3.1.3.1 LE MODULE PIÈCE :

Le module pièce est le premier module élémentaire de SolidWorks, servant à élaborer le modèle numérique.

#### Interface

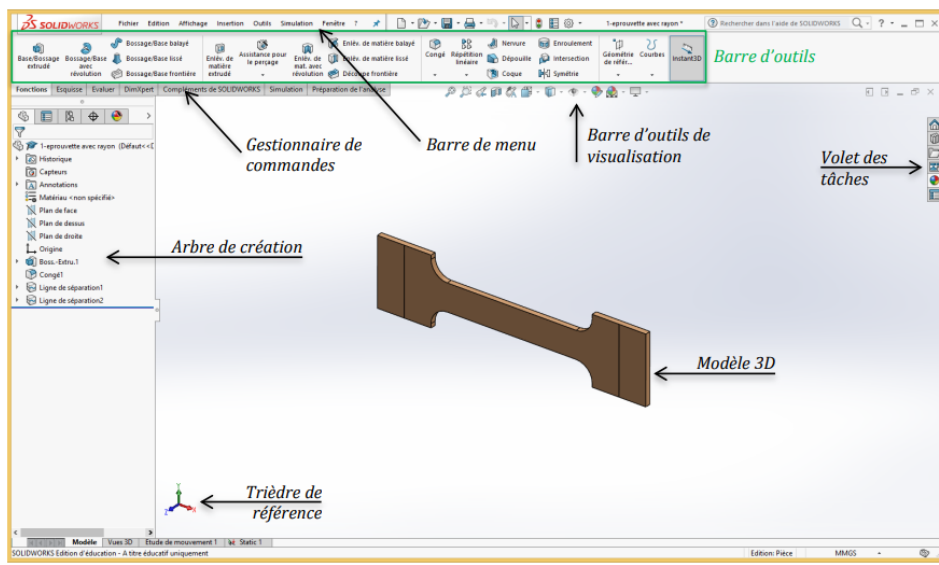
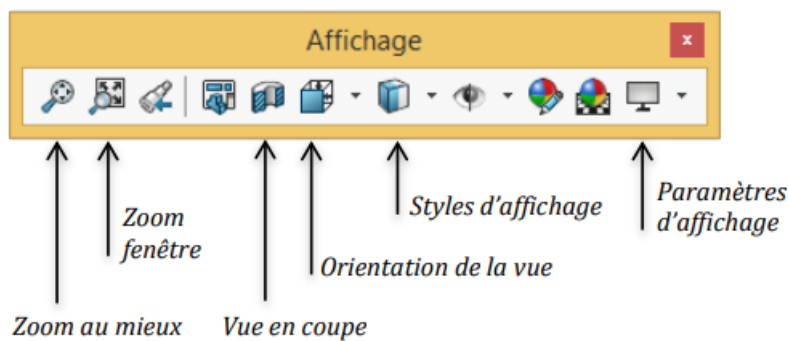
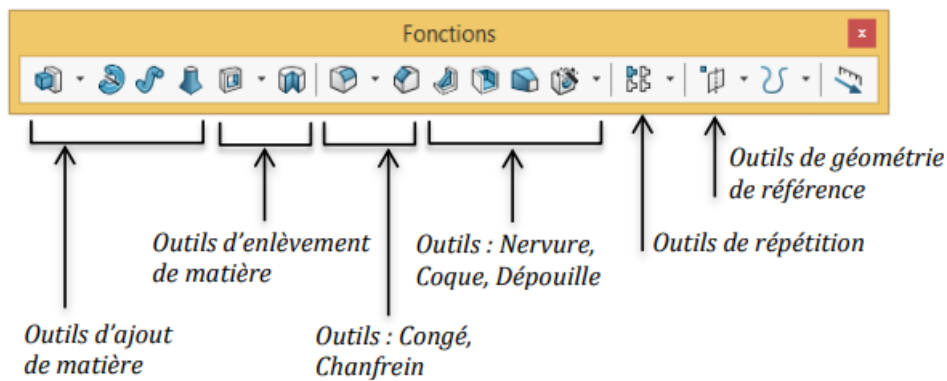
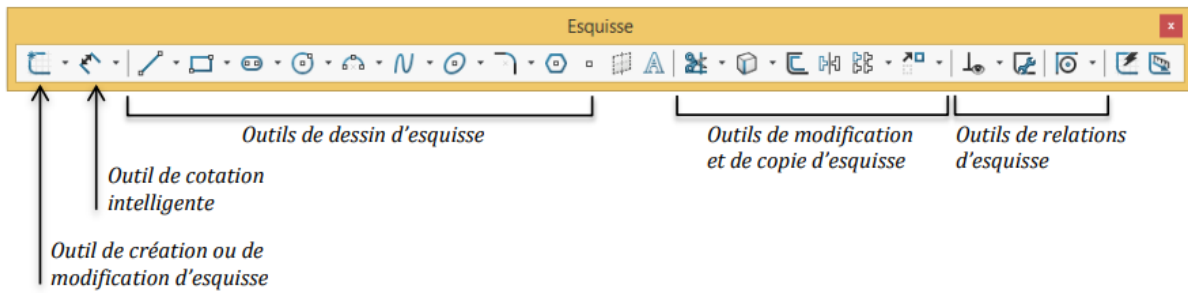


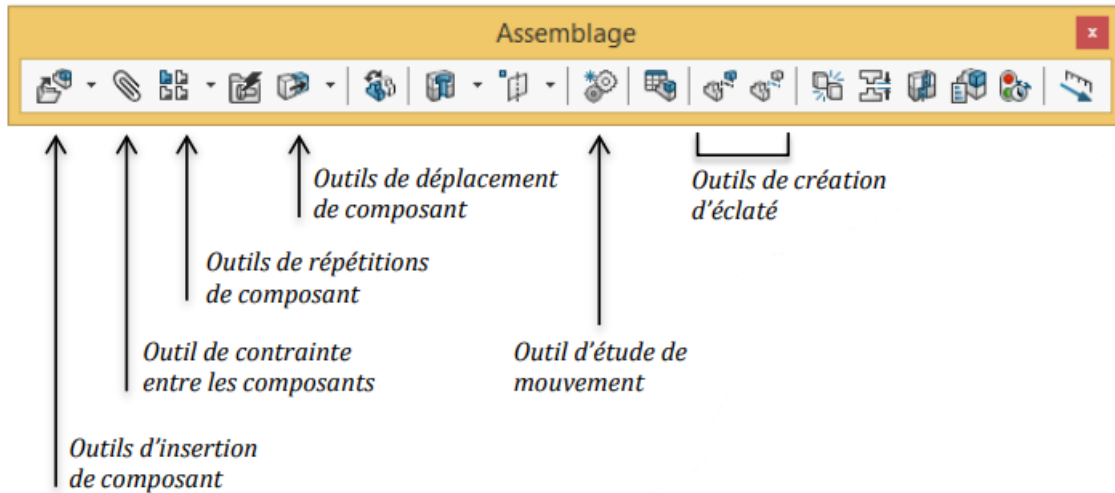
Figure III. 4 : interface de solidworks

## Les barres d'outils



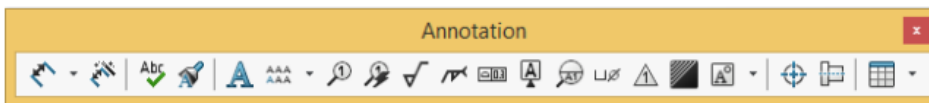
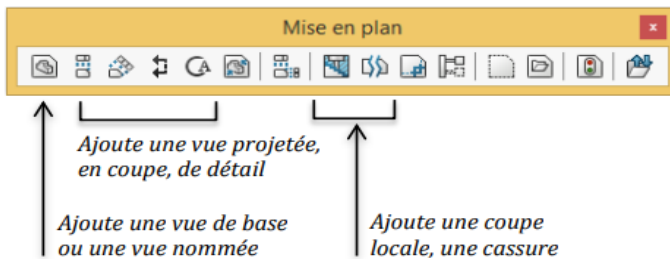
### III.3.1.3.2 LE MODULE ASSEMBLAGE :

Le module assemblage est le deuxième module élémentaire de SOLIDWORKS, permettant d'effectuer l'assemblage des pièces que l'on a élaboré préalablement dans le module pièce.



### III.3.1.3.3 LE MODULE MISE EN PLAN :

Le module Mise en Plan est le troisième module élémentaire de SOLIDWORKS, servant à effectuer la mise en plan d'une pièce ou d'un assemblage, que l'on a élaboré préalablement dans le module Pièce ou le module Assemblage.

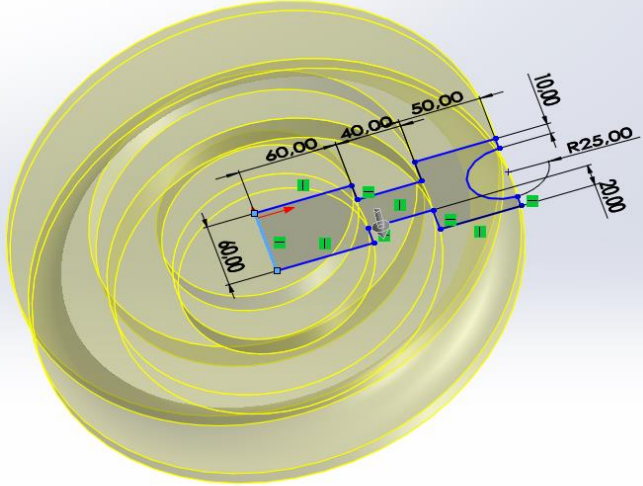
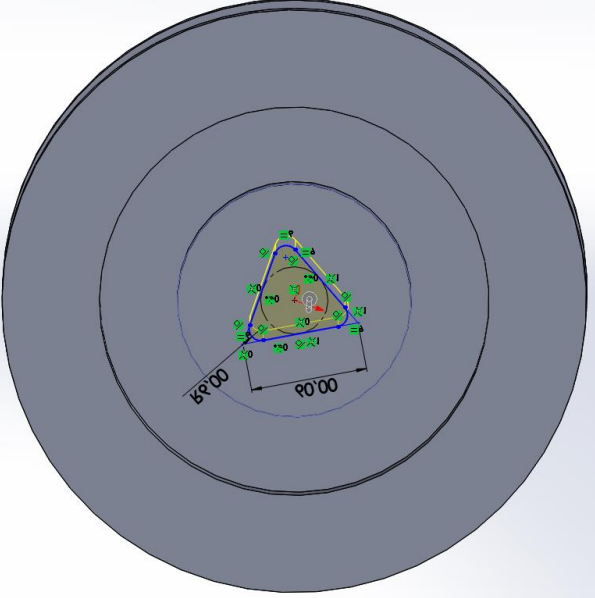


La barre d'outils d'annotation permet d'insérer des cotes diverses, du texte, des hachures et des axes à la mise en plan

### III.4 Modélisation les pièces de notre cintreuse :



### III.4.1 Forme :

1	Démarrer SolidWorks et ouvrir une nouvelle pièce.	
2	Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et crée un bossage/base avec révolution de 360° à partir de l'esquisse	
3	Dessiner un triangle après enlevé la matière à profondeur de 60mm	

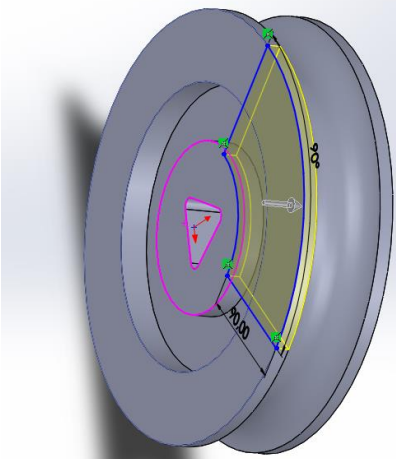

4	<p>Dessiner cette forme et créer un enlèvement de matière extrudé à partir de l'esquisse, de 10mm</p>	
5	<p>Dessiner un cercle de diamètre 15mm après extrude a 20mm</p>	

Tableau III. 1 : modélisation de la forme

### III.4.1.1 bride d'entraînement :

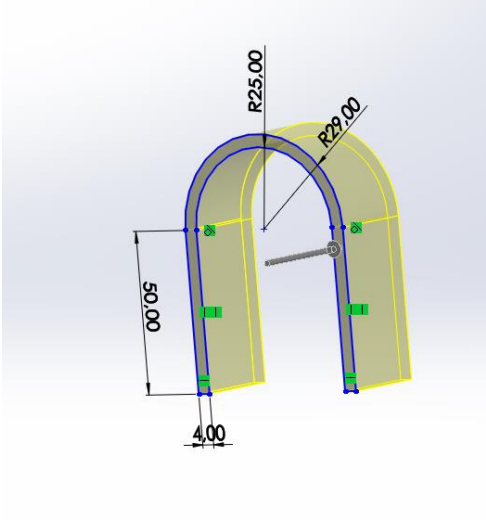
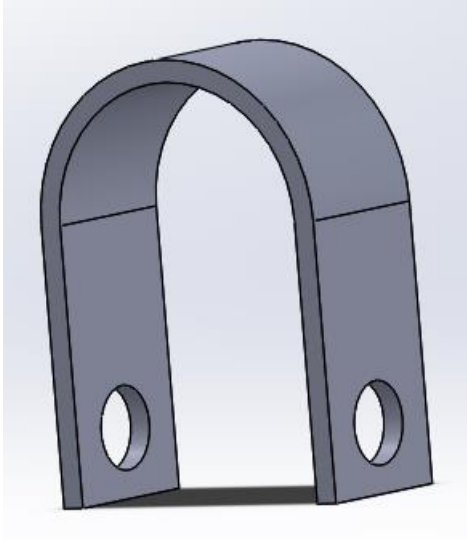
<p><b>1</b> Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et extruder l'esquisse à une épaisseur de 30mm</p>	
<p><b>2</b> Tracer un cercle de diamètre de 15mm créé un enlèvement de matière extrudé</p>	

Tableau III. 2 : modélisation de bride d'entraînement

### III.4.1.2 arbre de fixation de bride d'entraînement :

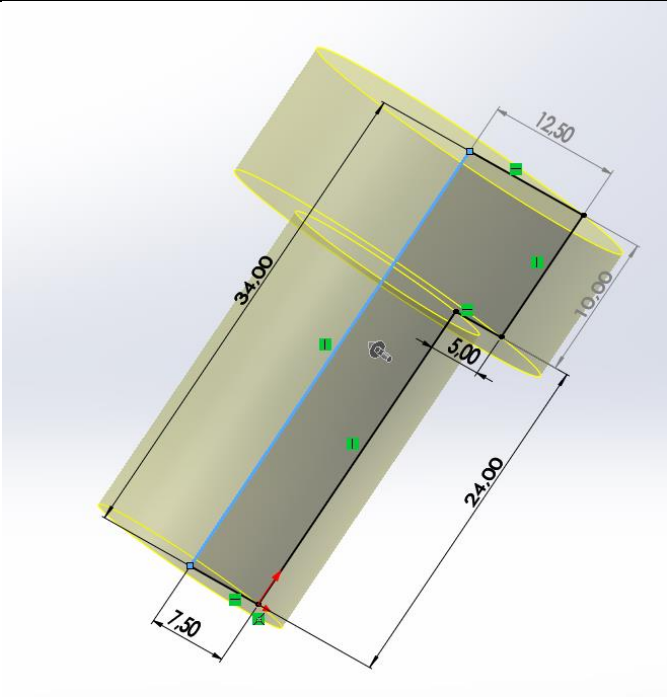
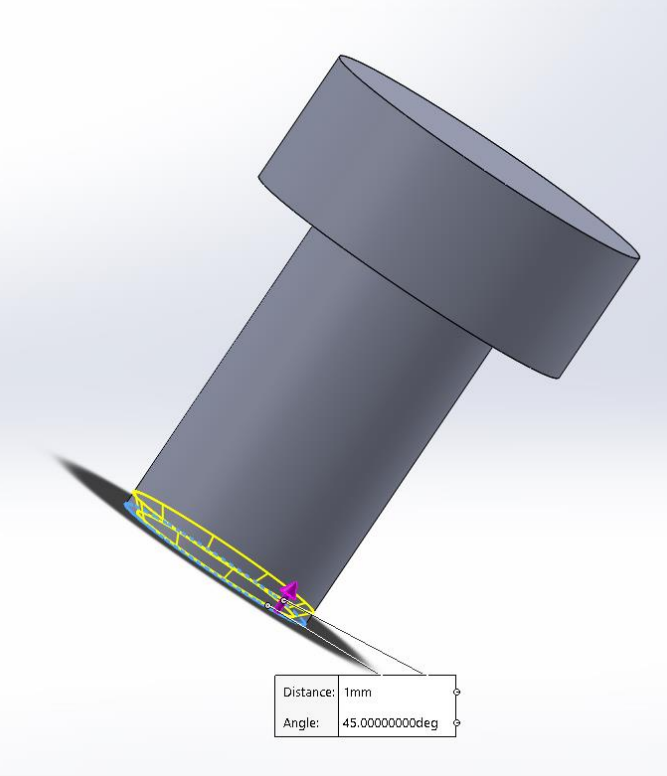
<p><b>1</b> Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et crée un bossage/base avec révolution de 360° à partir de l'esquisse</p>	 <p>A 3D perspective view of a shaft with a flange. The shaft has a diameter of 10.00 mm and a length of 24.00 mm. The flange has an outer diameter of 34.00 mm and a thickness of 5.00 mm. The distance from the end of the shaft to the center of the flange is 7.50 mm. The flange has a chamfered edge with a radius of 12.50 mm. The shaft is shown in a light gray color, and the flange is shown in a darker gray color.</p>
<p><b>2</b> Créer un congé, Sélectionner l'arête et choisir le rayon 1mm.</p>	 <p>A 3D perspective view of the shaft with a chamfered edge. The chamfer is applied to the edge of the shaft. The distance from the end of the shaft to the start of the chamfer is 1 mm. The angle of the chamfer is 45.00000000 degrees. The chamfer is shown in a light gray color, and the shaft is shown in a darker gray color.</p>

Tableau III. 3 : modélisation d'arbre de fixation de bride

### III.4.1.3 assemblage :

Nous avons choisit la fonction assemblage par contrainte qui donnent une relation géométrique (coïncidence, tangence, coaxiale...etc.) entre deux pièces.

#### Les contraintes :

-contrainte **coaxiale** entre «la Forme» et «le bride d'entraînement»

- contrainte **parallèle** entre «la Forme» et «le bride d'entraînement»

-contrainte **coïncidente** entre «bride d'entraînement» et «l'arbre de fixation de bride d'entraînement»

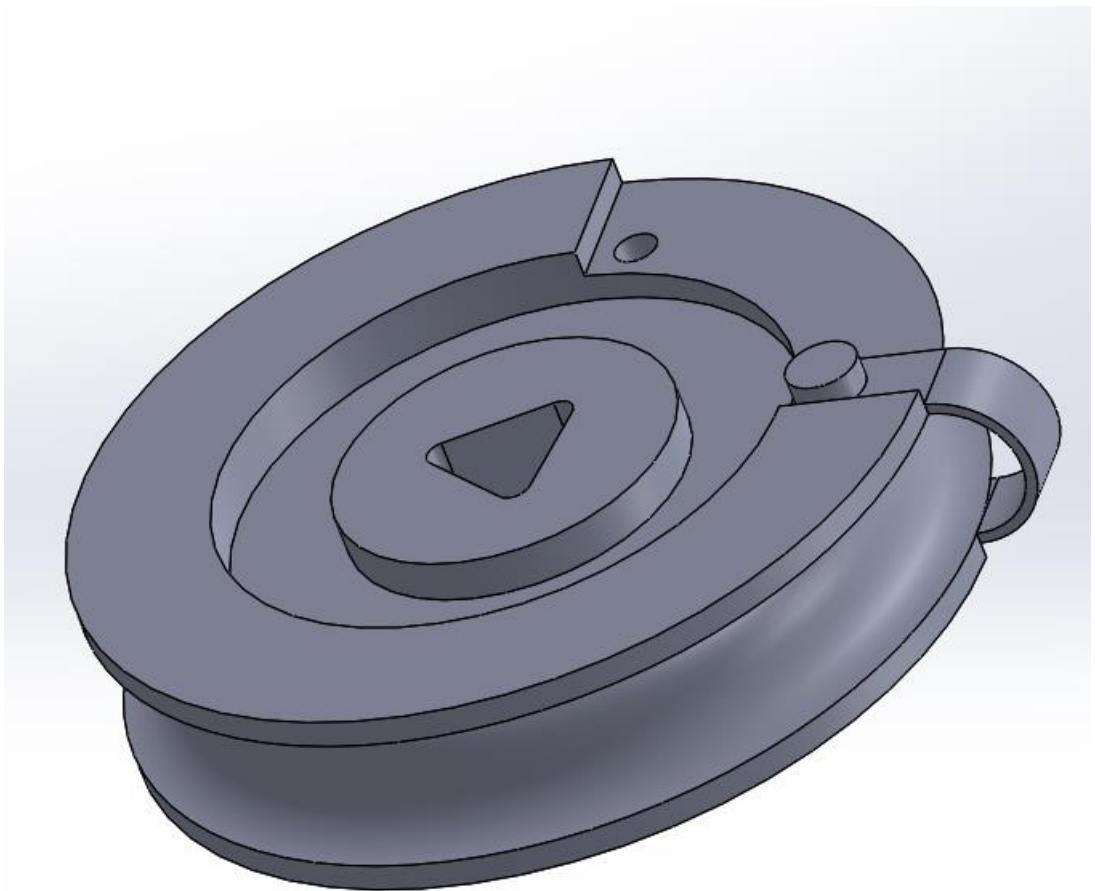
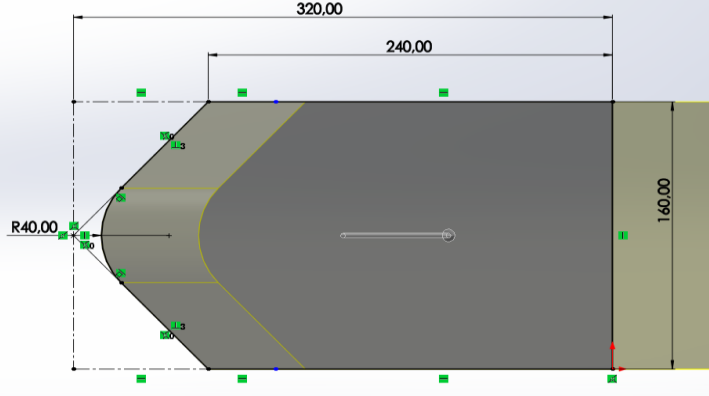
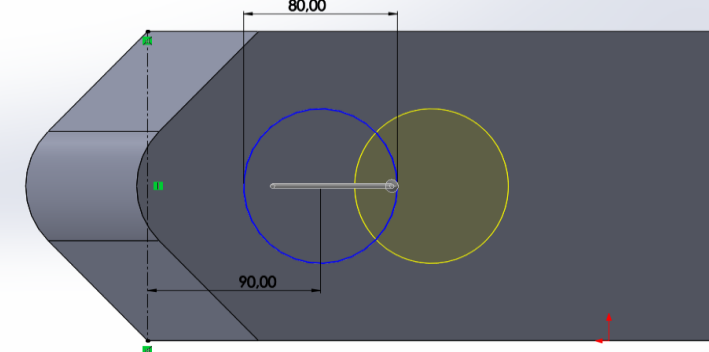
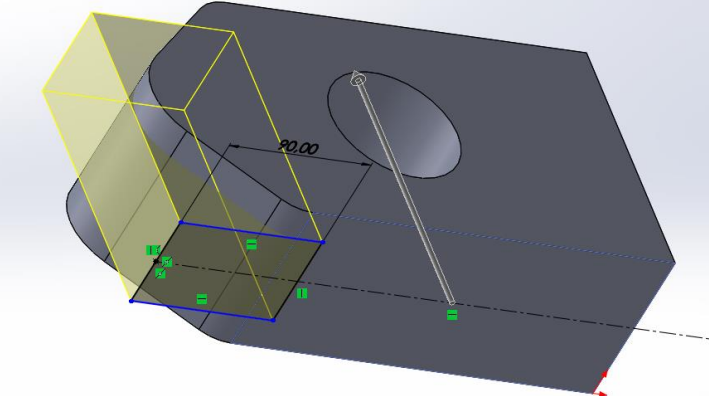


Figure III. 5 : assemblage de la forme

### III.4.2 le positionneur :

<b>1</b>	Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et extruder l'esquisse à une épaisseur de 100mm.	 A 2D technical drawing of a mechanical part. The part has a total length of 320.00 mm. A section of length 240.00 mm is shown with a rounded end having a radius of R40.00. The total width of the part is 160.00 mm. The drawing shows construction lines and green markers for alignment.
<b>2</b>	Tracer un cercle de diamètre de 80mm et enlevé la matière 100mm.	 A 2D technical drawing showing a circle with a diameter of 80.00 mm. The circle is positioned on the part's surface. A dimension of 90.00 mm is shown from the left edge of the part to the center of the circle. A yellow circle highlights the area to be removed.
<b>3</b>	Dessiner un rectangle après enlevé la matière	 A 3D perspective view of the mechanical part. A yellow rectangular feature is shown on the top surface, representing the material to be removed. A dimension of 90.00 mm is shown along the length of the part, corresponding to the position of the hole.

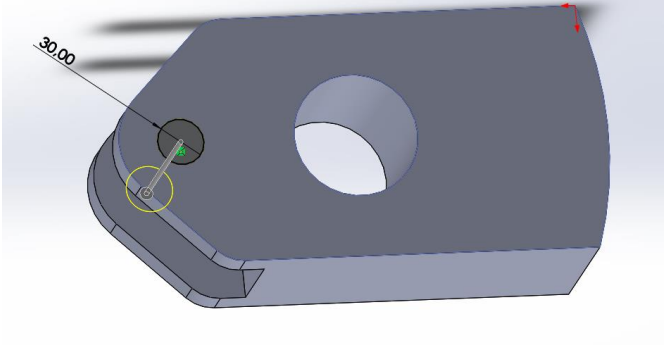
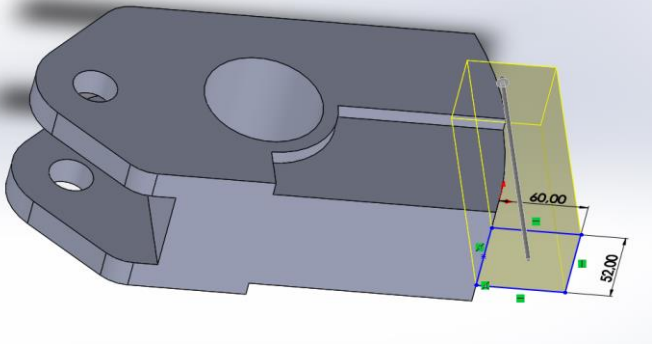
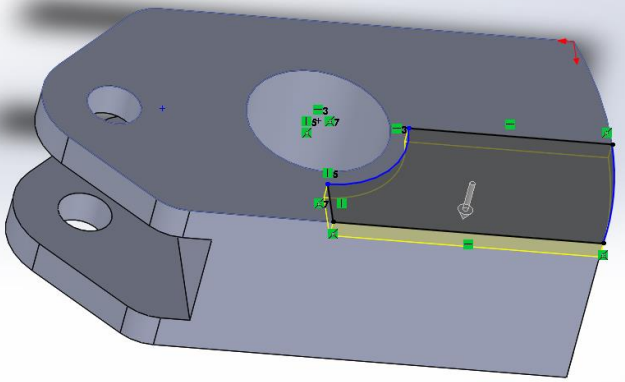
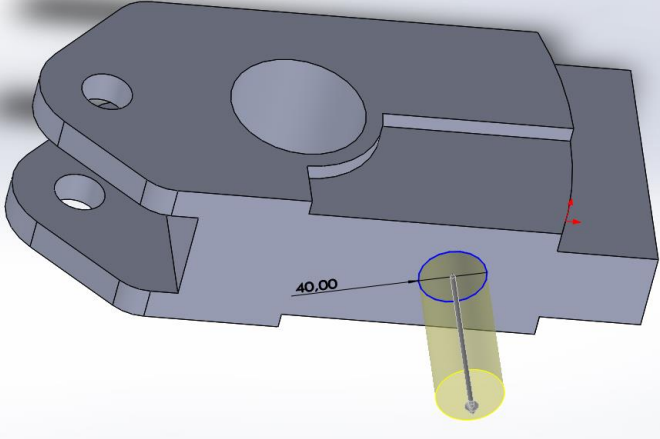
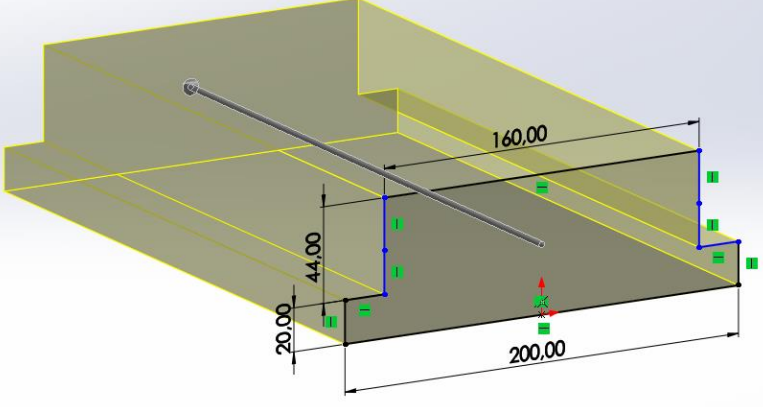
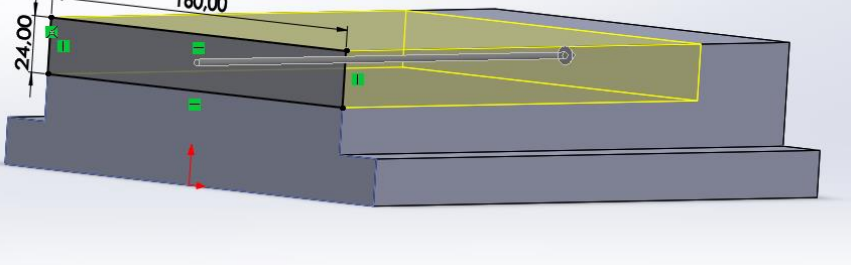
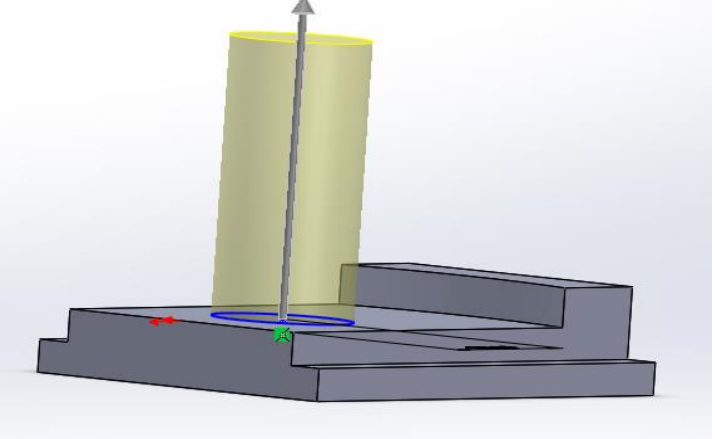
4	Dessiner un cercle de diamètre 30mm et enlevé la matière 100mm.	
5	Tracer un rectangle et extrude l'esquisse à une épaisseur de 160mm.	
6	créer cette esquisse et enlevé la matière de l'esquisse a une épaisseur de 10mm.	
7	Tracer un cercla de diamètre 40mm et extruder a 100mm.	

Tableau III. 4 : modélisation de positionneur

### III.4.2.1 Chariot de guidage :

<b>1</b>	Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et extruder l'esquisse à une épaisseur de 300mm	 A 3D CAD model of a guide carriage. The model is shown in a perspective view. It has a base with a width of 200.00 mm and a height of 20.00 mm. A vertical plate of width 160.00 mm is attached to the base, extending upwards to a height of 44.00 mm. A horizontal shaft is shown passing through the center of the vertical plate. The shaft is positioned 20.00 mm from the bottom edge of the vertical plate. The model is highlighted in yellow, and a coordinate system (X, Y, Z) is visible at the bottom right.
<b>2</b>	Tracer un rectangle et enlevé la matière 240mm.	 A 3D CAD model showing a rectangular cutout in the vertical plate of the carriage. The cutout has a width of 160.00 mm and a depth of 24.00 mm. The model is shown in a perspective view, and the cutout area is highlighted in yellow. A coordinate system (X, Y, Z) is visible at the bottom left.
<b>3</b>	Tracer un cercle après extrude 170mm.	 A 3D CAD model showing a circular feature being extruded upwards from the cutout area. The feature is a cylinder with a diameter of 170 mm. The model is shown in a perspective view, and the extruded part is highlighted in yellow. A coordinate system (X, Y, Z) is visible at the bottom left.



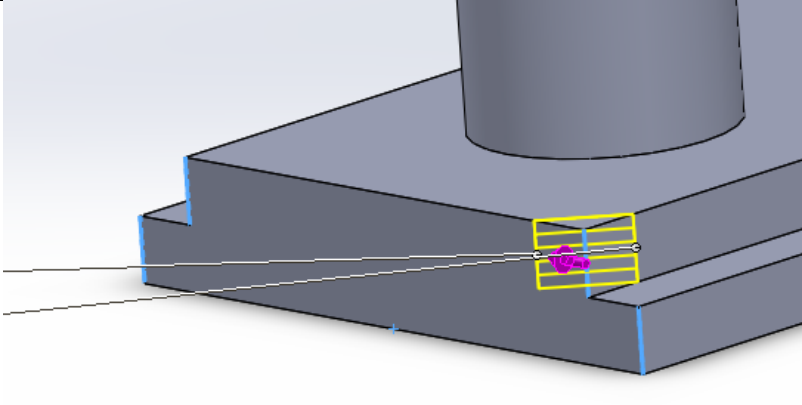
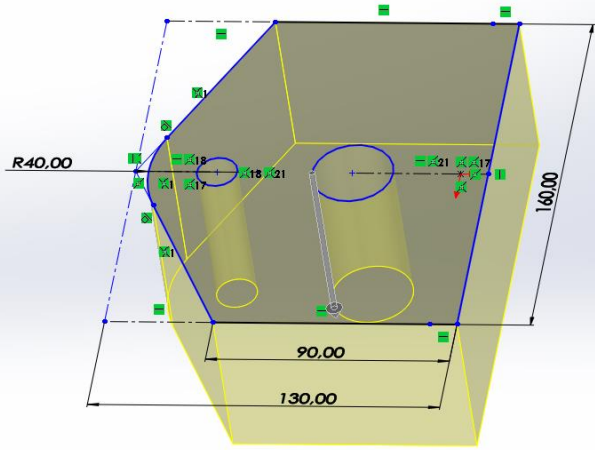
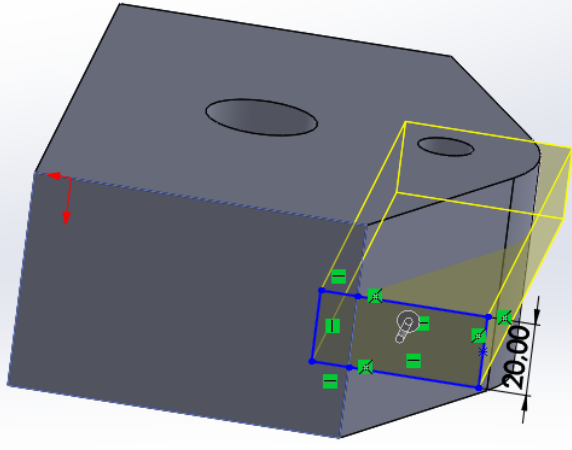
4	Créer un chanfrein, Sélectionner l'arête et choisir le rayon 20mm	
---	--	--

Tableau III. 5 : modélisation de chariot de guidage

### III.4.2.2 Support de fixation de contre forme :

1	Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et extruder l'esquisse à une épaisseur de 60mm	
2	Tracer un rectangle et enlevé la matière 160mm.	

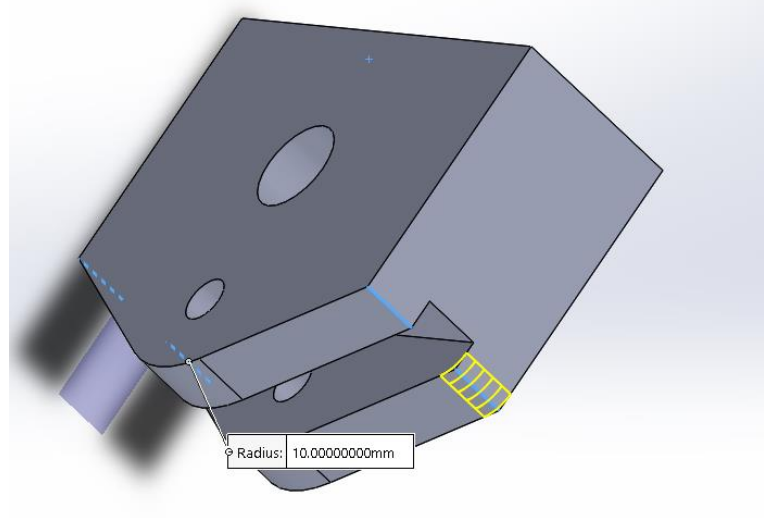
<p><b>3</b> Créer un congé, Sélectionner les arêtes et choisir le rayon 10mm.</p>	
---	--

Tableau III. 6 : modélisation de support de fixation de contre forme

### III.4.2.3 Arbre de fixation de support :

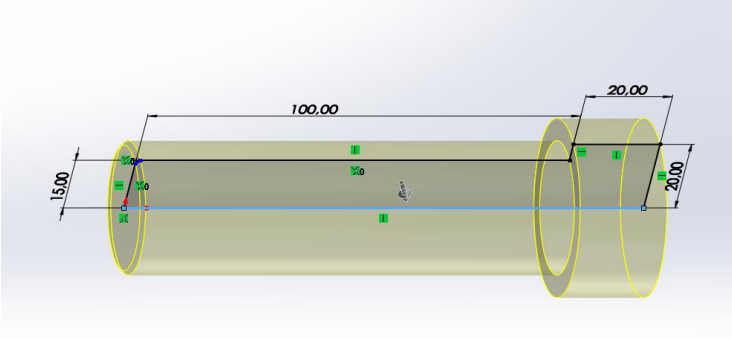
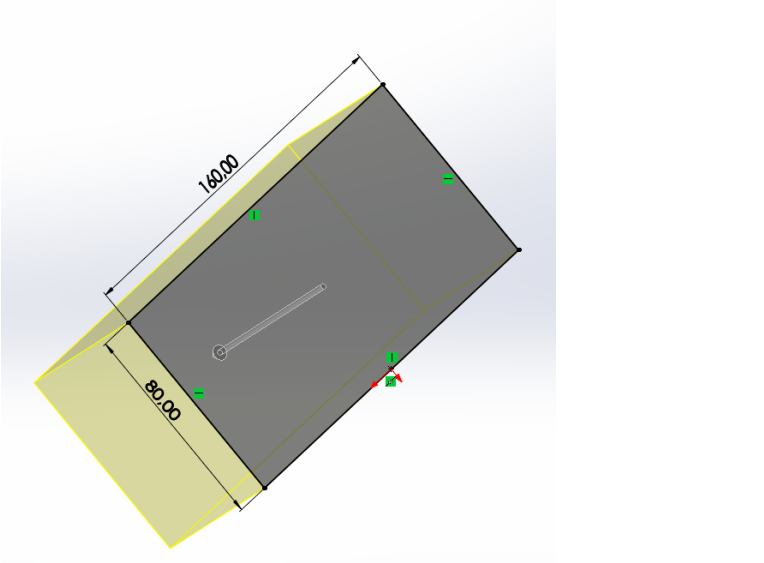
<p><b>1</b> Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et crée un bossage/base avec révolution de 360° à partir de l'esquisse</p>	
---	---

Tableau III. 7 : modélisation d'arbre de fixation de support

### III.4.2.4 Contre forme :

<p>Sélectionner le plan de face, créer un rectangle et extruder l'esquisse à une épaisseur de 70mm.</p>	
---	--

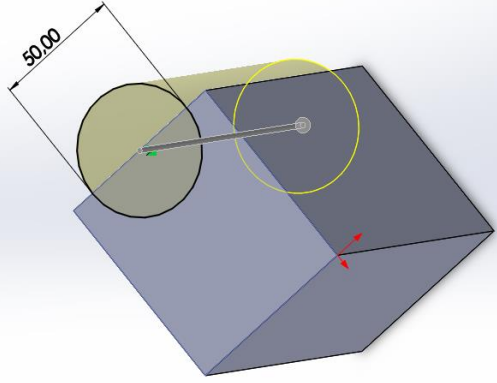
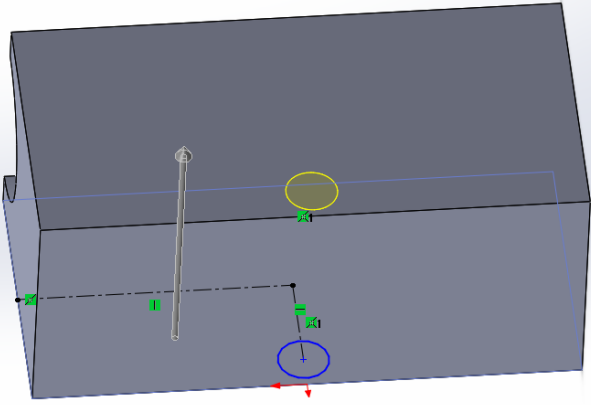
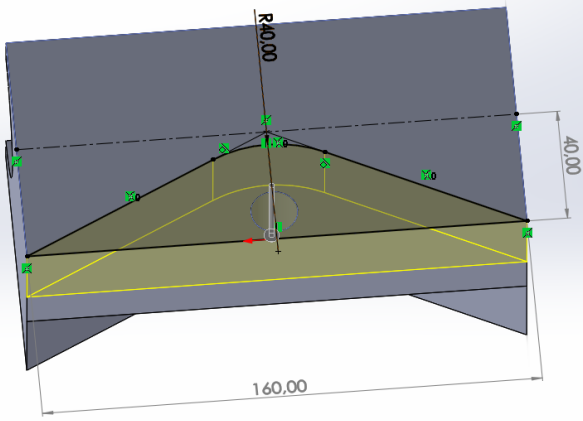
<p>Dessiner un cercle et enlevé la matière 160mm.</p>	
<p>Dessiner un cercle et enlevé la matière 70mm.</p>	
<p>Dessiner cette esquisse après enlevé la matière 25mm dans les deux côtés.</p>	

Tableau III. 8 : modélisation de contre forme

### III.4.2.5 Arbre de fixation de contre forme :

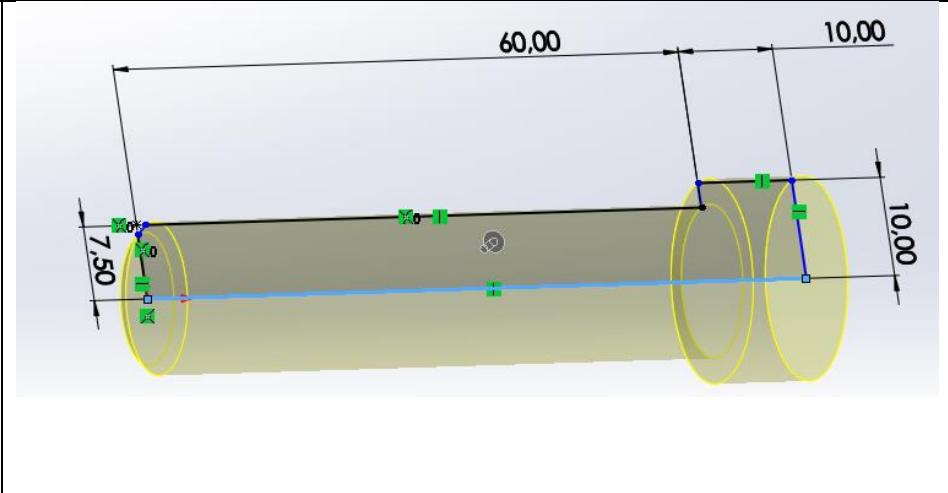
<b>1</b> Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et crée un bossage/base avec révolution de 360° à partir de l'esquisse	 The image shows a 3D CAD model of a cylindrical component. The main body has a diameter of 10,00. A smaller diameter section on the left has a diameter of 7,50. A dimension of 60,00 is shown from the left end face to the start of a feature on the right. Another dimension of 10,00 is shown from the right end face to the start of the same feature. The model includes several green constraint symbols: a vertical line with a square at the end (parallel constraint) and a vertical line with a circle at the end (coincident constraint). The part is shown in a semi-transparent grey color with yellow highlights on the end faces.
--	--

Tableau III. 9 : modélisation d'arbre de fixation de contre forme

### III.4.2.6 Assemblage :

#### Les contraintes :

- contrainte **parallèle** entre la surface de «chariot de guidage» et «le positionneur».
- contrainte **coïncidente** entre «le positionneur» et «support de contre forme».
- contrainte **parallèle** entre «le positionneur» et «support de contre forme».
- contrainte **coïncidente** entre «le positionneur» et «l'arbre de fixation de support».
- contrainte **parallèle** entre «le positionneur» et «l'arbre de fixation de support».
- contrainte **coïncidente** entre «support de contre forme» et «contre forme».
- contrainte **parallèle** entre «support de contre forme» et «contre forme».
- contrainte **coïncidente** entre «support de contre forme» et «arbre de fixation de contre forme».

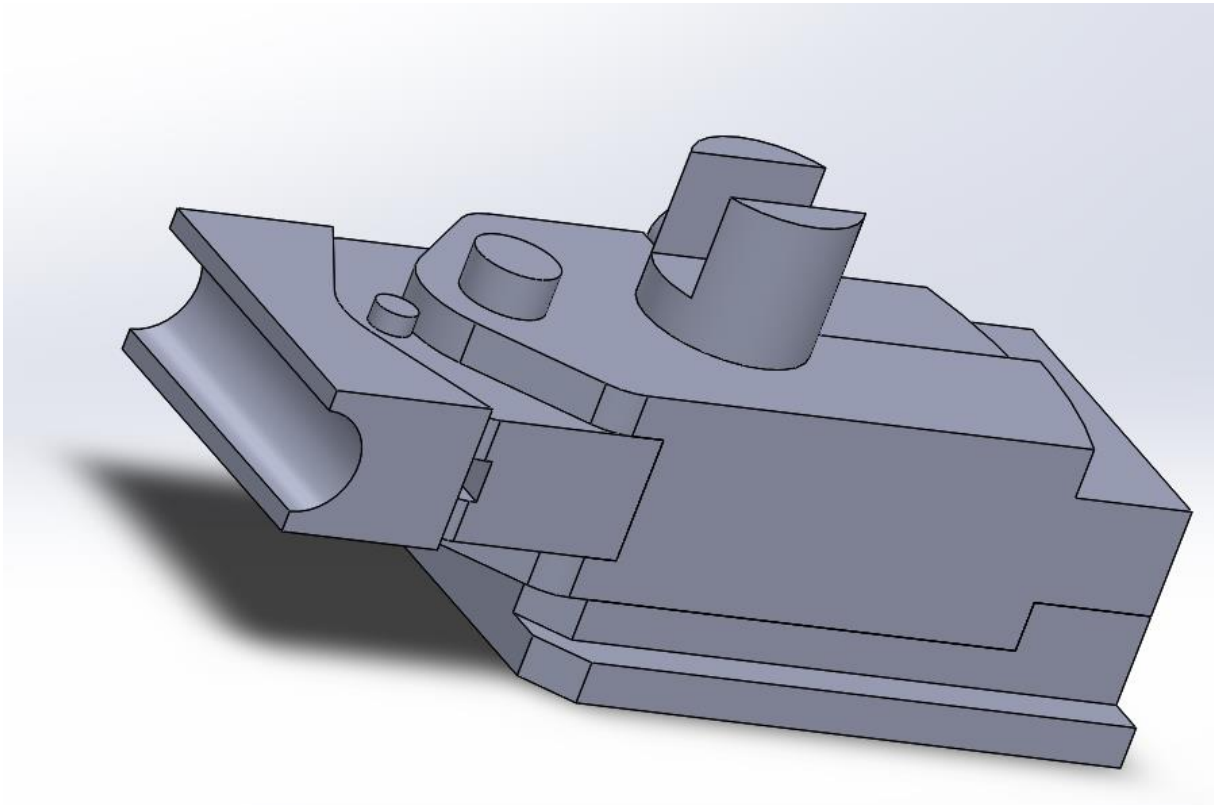


Figure III. 6 : assemblage de positionneur

### III.4.3 le chariot à pousser :

<p><b>1</b></p>	<p>Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et extruder l'esquisse à une épaisseur de 100mm.</p>	
-----------------	--	--

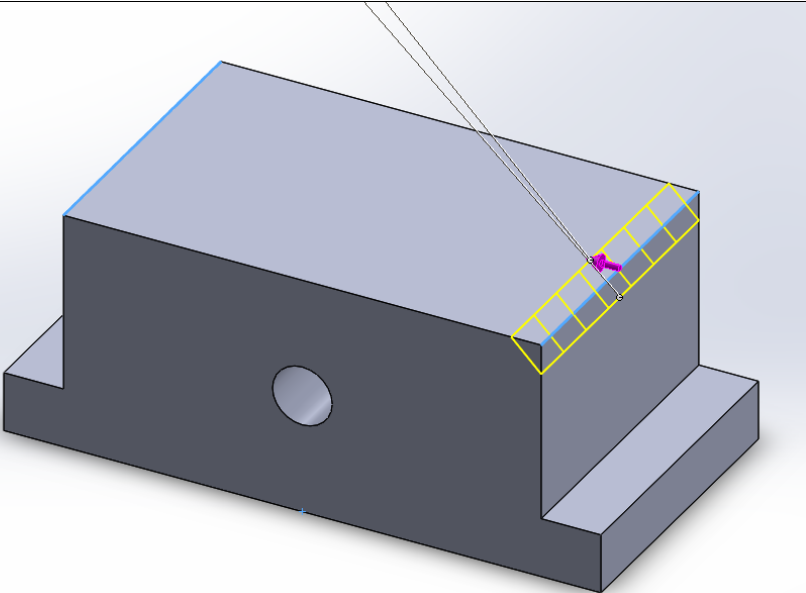
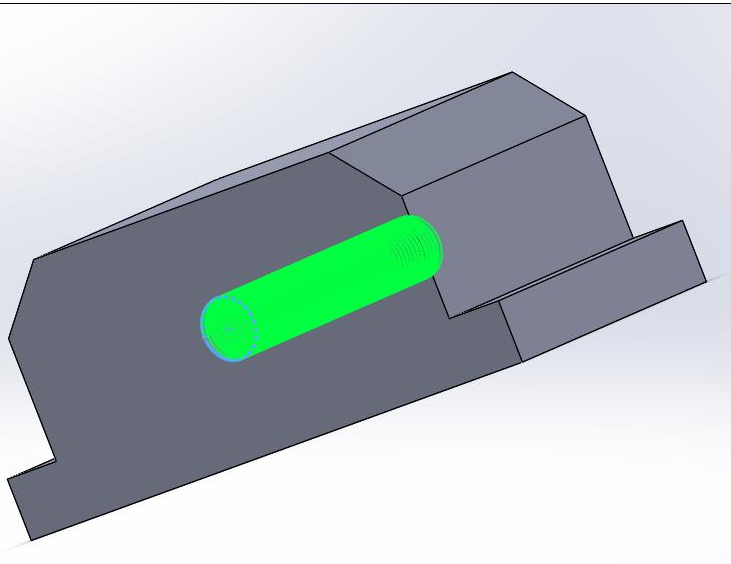
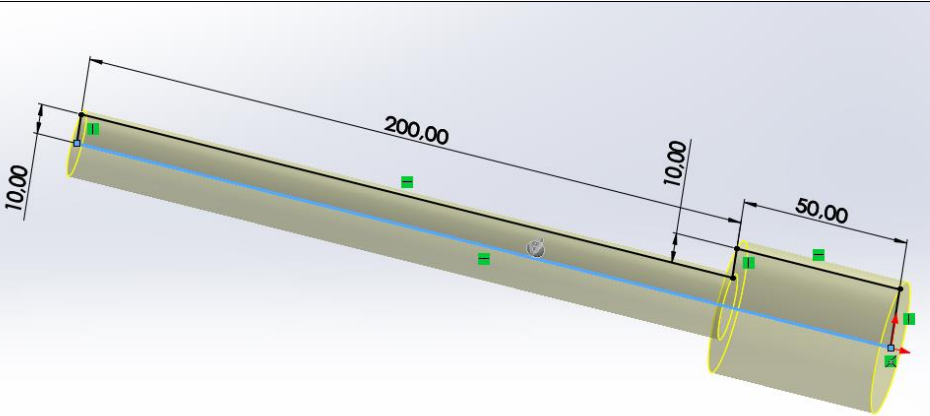
2	<p>Créer un chanfrein, Sélectionner l'arête et choisir le rayon 20mm.</p>	
3	<p>Dessiner un cercle et enlevé la matière 100mm après créer un taraudage M16×2.0</p>	

Tableau III. 10 : modélisation de chariot à pousser

### III.4.3.1 vis de serrage :

1	<p>Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et crée un bossage/bas e avec révolution de 360° à</p>	
---	--	--

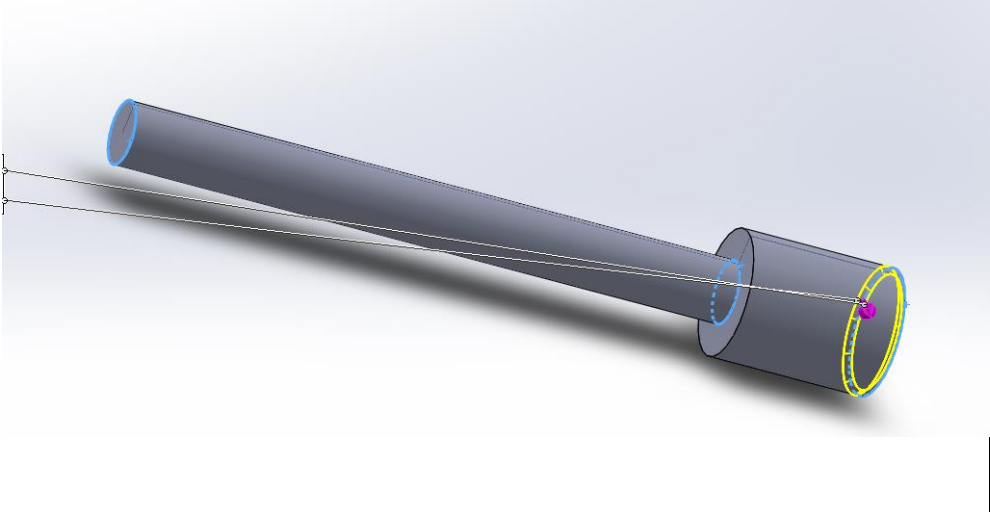
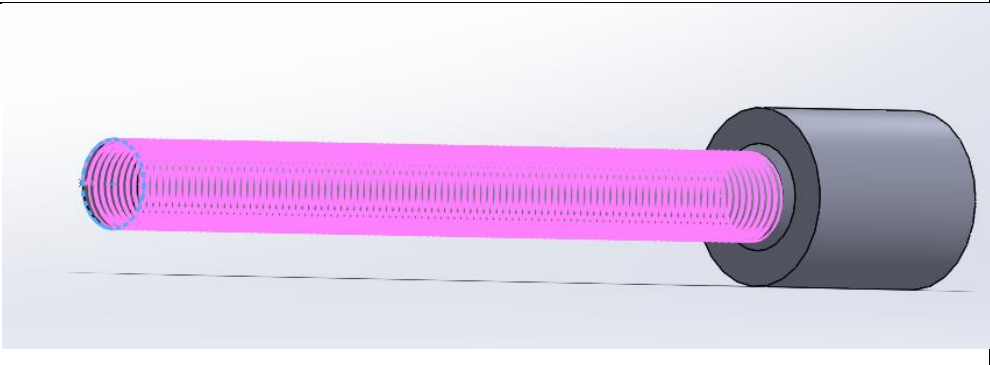
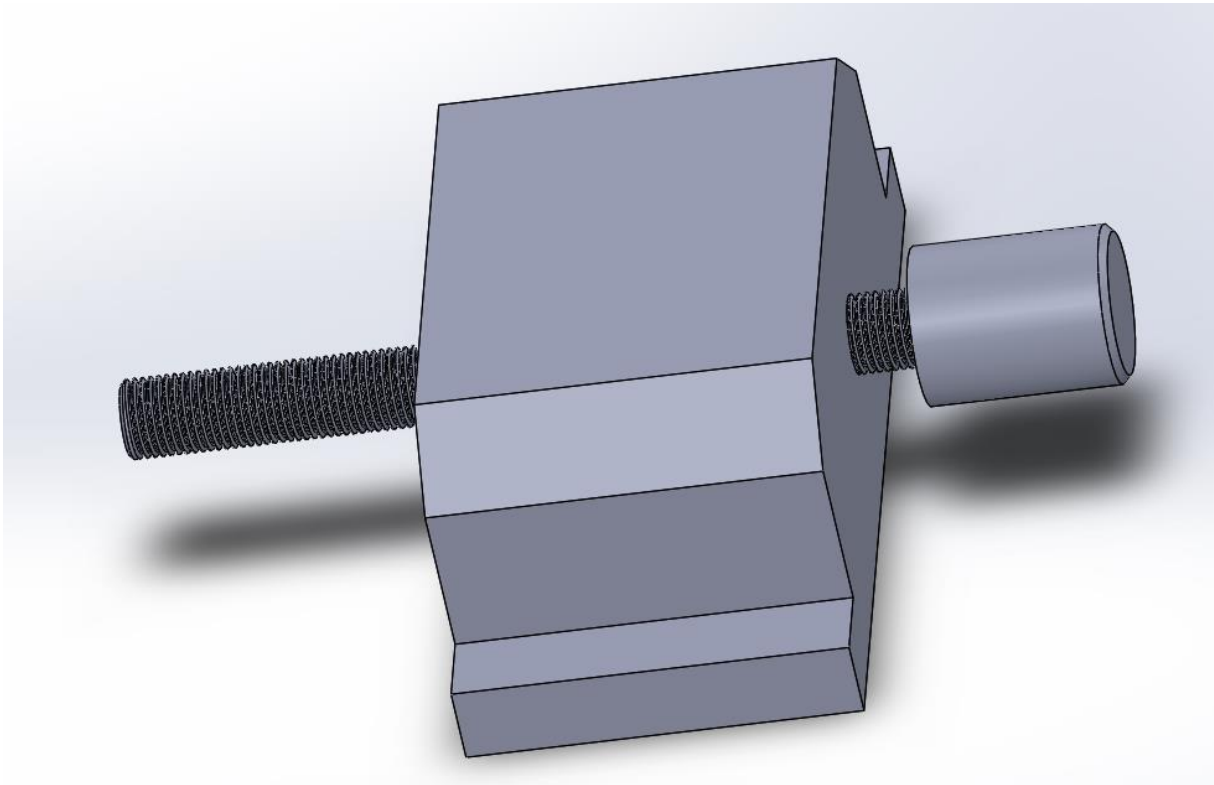
	partir de l'esquisse	
2	Créer un congé, Sélectionner les arêtes et choisir le rayon 2mm.	
3	Crée un filetage M16x2.0	

Tableau III. 11 : modélisation de vis de serrage

### III.4.3.2 assemblage :

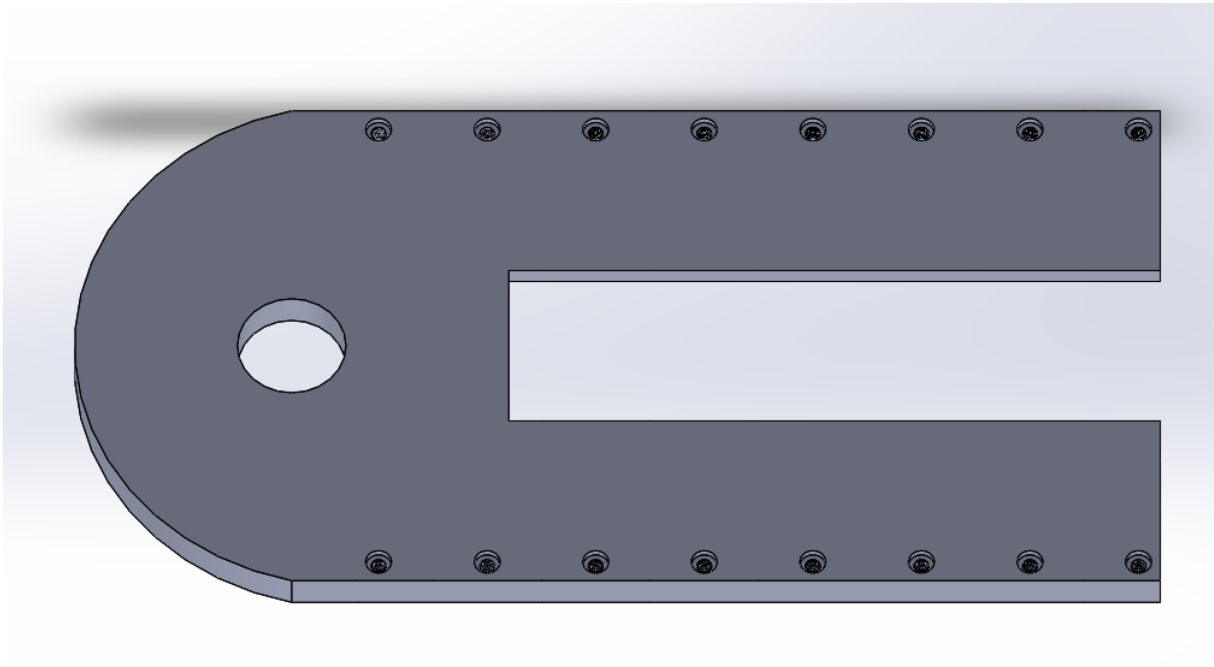
#### Les contraintes :

- contrainte **coïncidente** entre le cercle de «chariot à pousser» et la surface de «vis de serrage».
- contrainte **hélicoïdale** entre le filetage de «vis de serrage» et taraudage de «chariot à pousser».



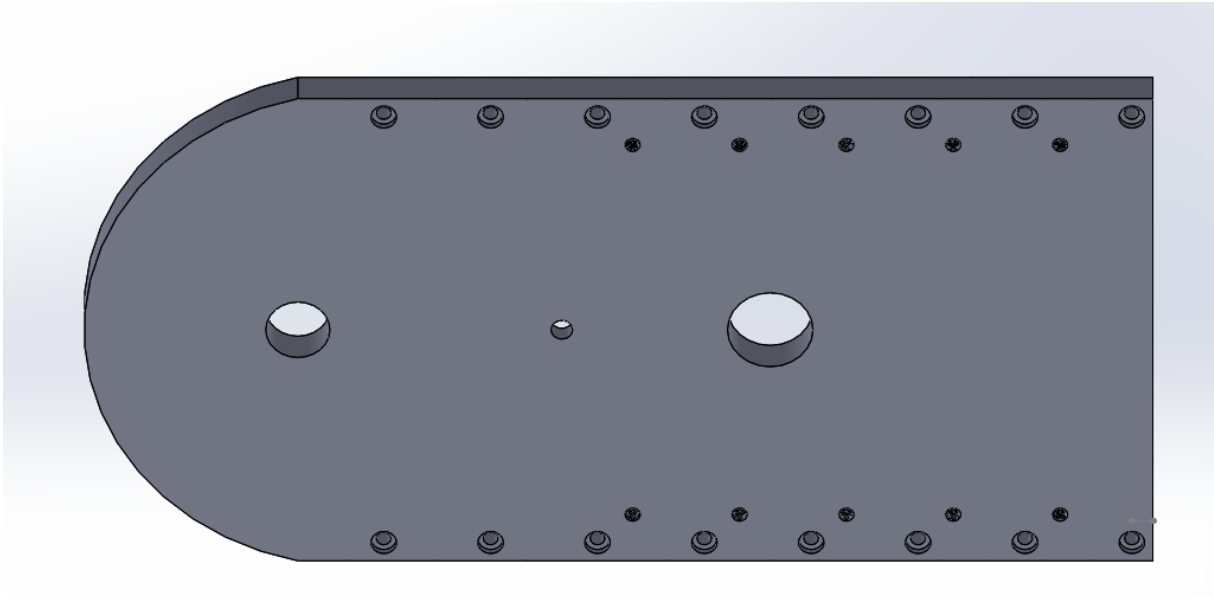
### III.4.4 Structure extérieure de la machine :

#### III.4.4.1 Plaque supérieure :

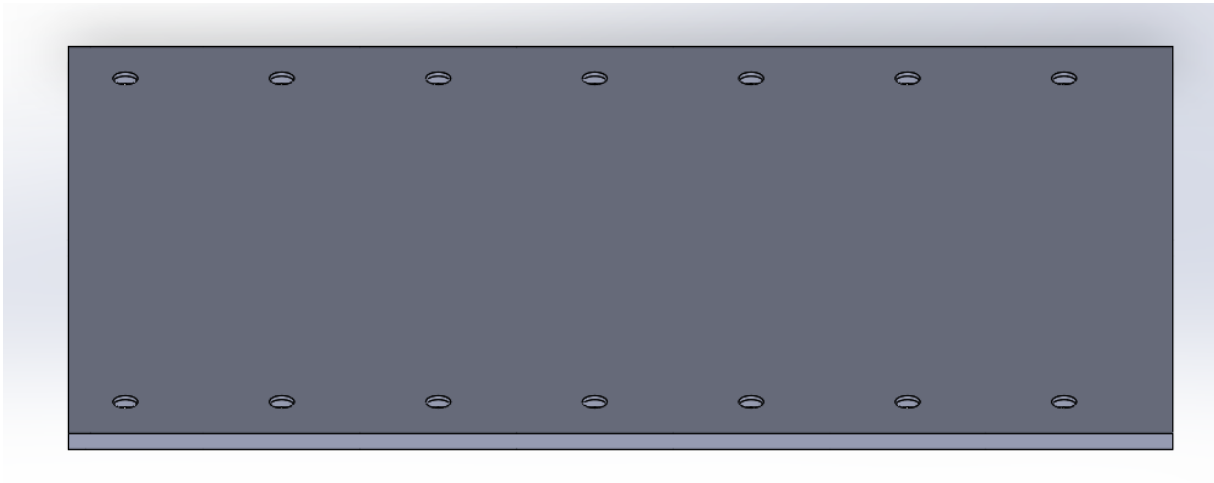




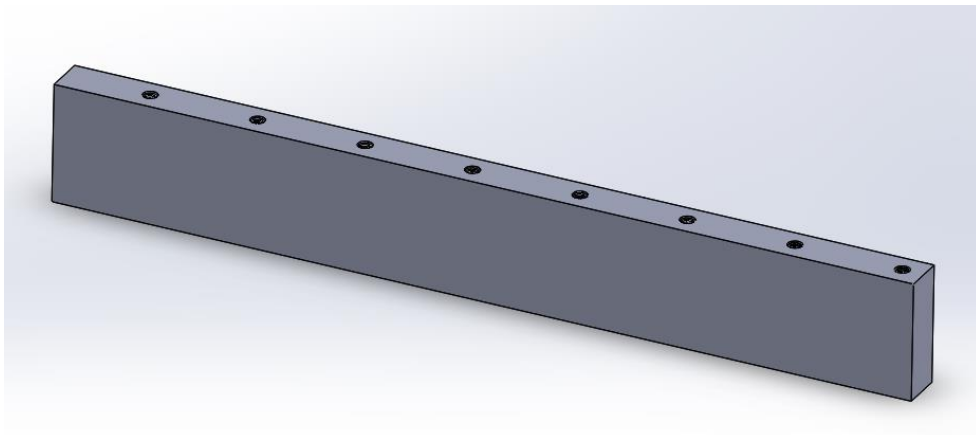
**III.4.4.2 Plaque inférieure :**



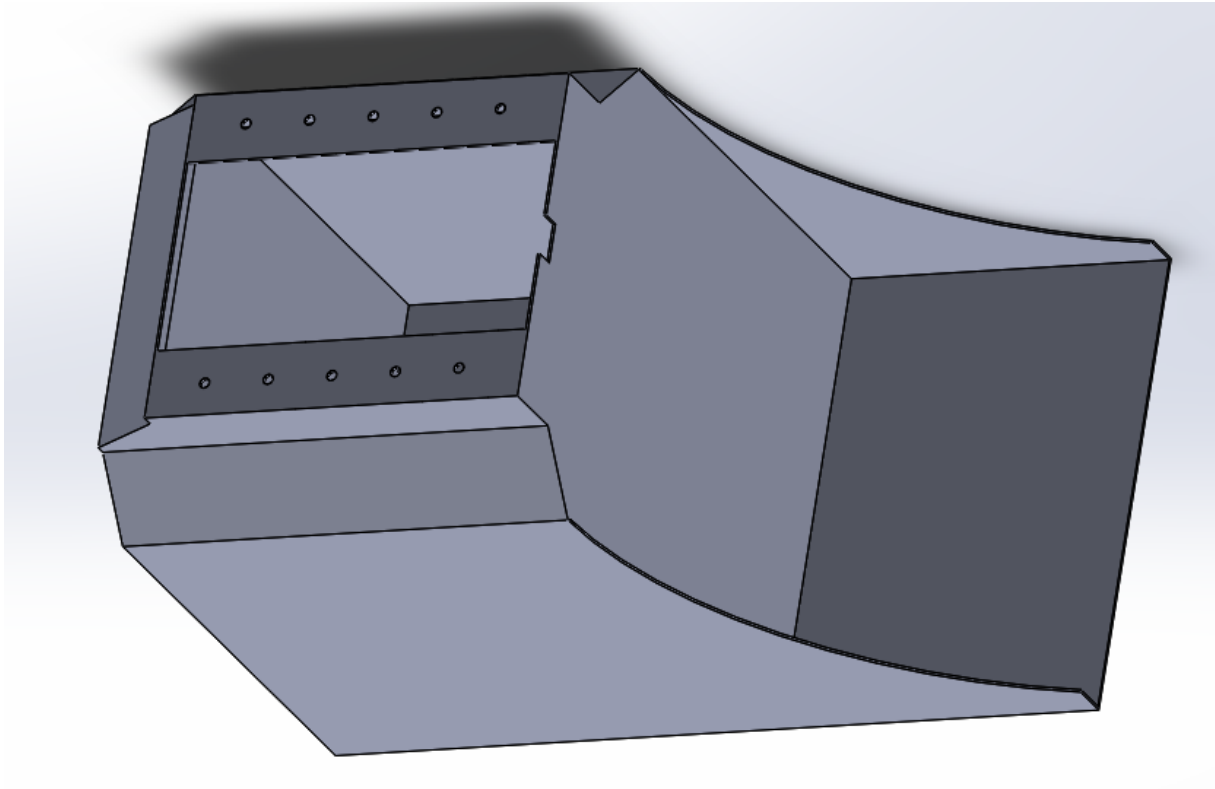
**III.4.4.3 Plaque intérieure :**



**III.4.4.4 Plaque latérale :**



### III.4.4.5 Structure de machine :



### III.4.5 Les pièces intérieures de la cintruse :

A l'intérieur de la machine on a un moteur réducteur, des engrenages et deux arbres de transmission.

#### III.4.5.1 Les engrenages :

Pour modéliser les engrenages on utilise l'outil **toolbox** dans la bibliothèque de solidworks.

- 1- sélectionner système ISO >transmission>engrenages>engrenage hélicoïdale.
- 2- sélectionner les paramètres suivants pour chaque engrenage.

### 1<sup>er</sup> engrenage

Module:  
6

Number of Teeth:  
56

Helix Direction:  
Right hand

Helix Angle:  
20

Pressure Angle:  
20

Face Width:  
100

Hub Style:  
Type A

Nominal Shaft Diameter:  
80

Keyway:  
Rectangular(1)

Show Teeth:  
56

### 2eme engrenage

Module:  
6

Number of Teeth:  
20

Helix Direction:  
Left hand

Helix Angle:  
20

Pressure Angle:  
20

Face Width:  
100

Hub Style:  
Type A

Nominal Shaft Diameter:  
60

Keyway:  
None

Show Teeth:  
20

### 3eme engrenage

Module:  
6

Number of Teeth:  
40

Helix Direction:  
Right hand

Helix Angle:  
20

Pressure Angle:  
20

Face Width:  
100

Hub Style:  
Type A

Nominal Shaft Diameter:  
80

Keyway:  
Rectangular(1)

Show Teeth:  
40

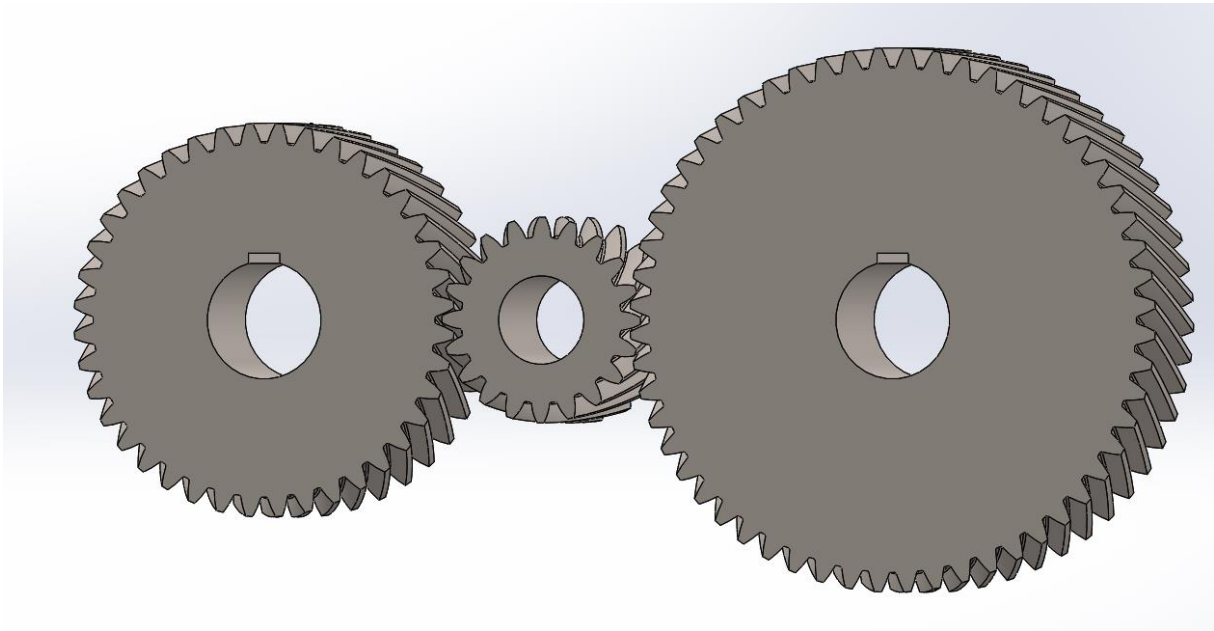


Figure III. 7 : assemblage des engrenages

### III.4.5.2 arbre d'engrenage :

<p><b>1</b></p>	<p>Sélectionner le plan de face, créer cette esquisse et crée un bossage/base avec révolution de 360° à partir de l'esquisse</p>	<p>The image shows a 3D CAD model of a shaft with a tapered profile. The shaft is shown in a perspective view with a semi-transparent yellow body. A blue wireframe sketch is overlaid on the shaft, showing the profile of the shaft's diameter. The sketch is defined by several dimensions: a total length of 150.00, a diameter of 30.00 at the left end, a diameter of 60.00 at the right end, and a distance of 40.00 from the left end to the start of the taper. A distance of 10.00 is shown from the left end to the start of the taper, and a distance of 20.00 is shown from the right end to the end of the taper. A coordinate system with red and green axes is visible at the bottom right of the shaft.</p>
-----------------	--	--

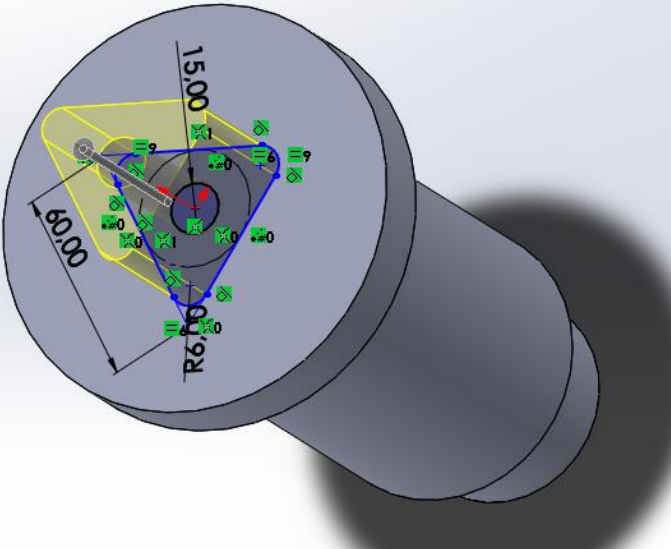
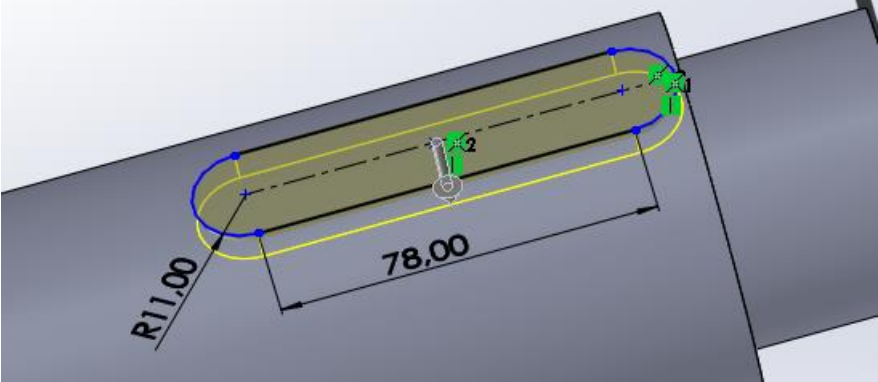
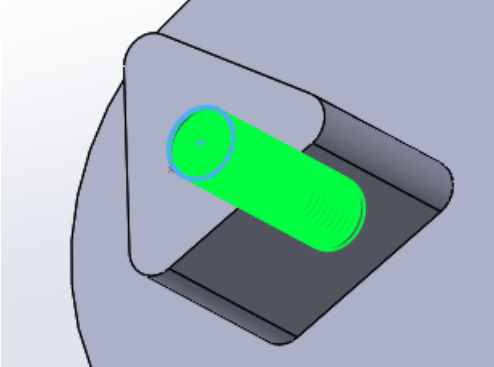
2	Tracer cette esquisse et extrude à une épaisseur de 50mm.	
3	Tracer cette esquisse et extrude à une épaisseur de 6.94mm.	
4	créer un taraudage M16×2.0	

Tableau III. 12 : modélisation d'arbre de transmission

### III.4.5.3 arbre de transmission :

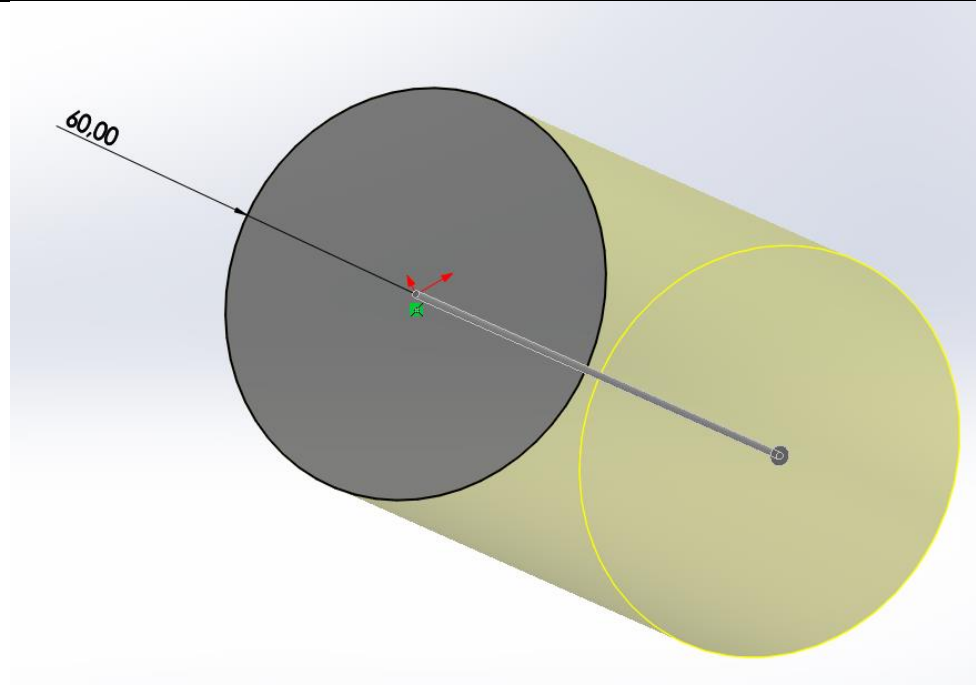
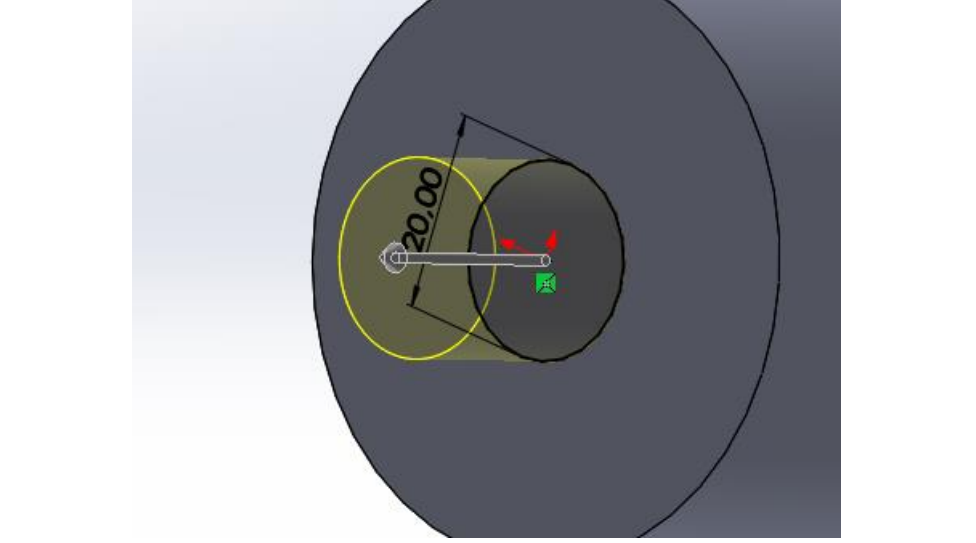
<b>1</b>	Sélectionner le plan de face, Dessiner un cercle et extruder 120mm.	
<b>2</b>	Dessiner un cercle et extruder 20mm.	

Tableau III. 13 : modélisation d'arbre de transmission

**CHAPITRE 04 :**  
**CALCUL ET SIMULATION DES PIECES**  
**DE TRANSMISSION**

## **IV.1 Introduction**

Dans ce chapitre, on va faire des études sur les engrenages, les arbres et, aussi le choix des matériaux

Après, on va faire la simulation avec le logiciel solidworks pour analyser les pièces de transmission

## **IV.2 les engrenages :**

### **IV.2.1 choix de matériau pour les engrenages**

L'acier forgé est généralement utilisé pour fabriquer des engrenages, et l'acier au carbone ou l'acier allié avec teneur en carbone de (0,15 ~ 0,6)% est généralement utilisé, à l'exception de ceux qui conviennent à la coulée avec une taille excessive ou une structure et une forme complexes.

Pour les engrenages de notre cintruse l'acier **42CrMo4** est le plus approprié.

- **Caractéristiques de l'acier**

-Module de Young : 200(GPa)

-limite élastique : 750(N/mm<sup>2</sup>)

-résistance du matériau : 950(N/mm<sup>2</sup>)

-coefficient de poisson : 0.30 (ratio)

-allongement 8 à 13 %

### **IV.2.2 Calcule des caractéristiques :**

Lors du dimensionnement préliminaire d'un engrenage cylindrique à denture hélicoïdale, on détermine le pas réel, module apparent, pas apparent, diamètre primitif, saillie, creux, hauteur de dent, diamètre de tête, diamètre de pied.



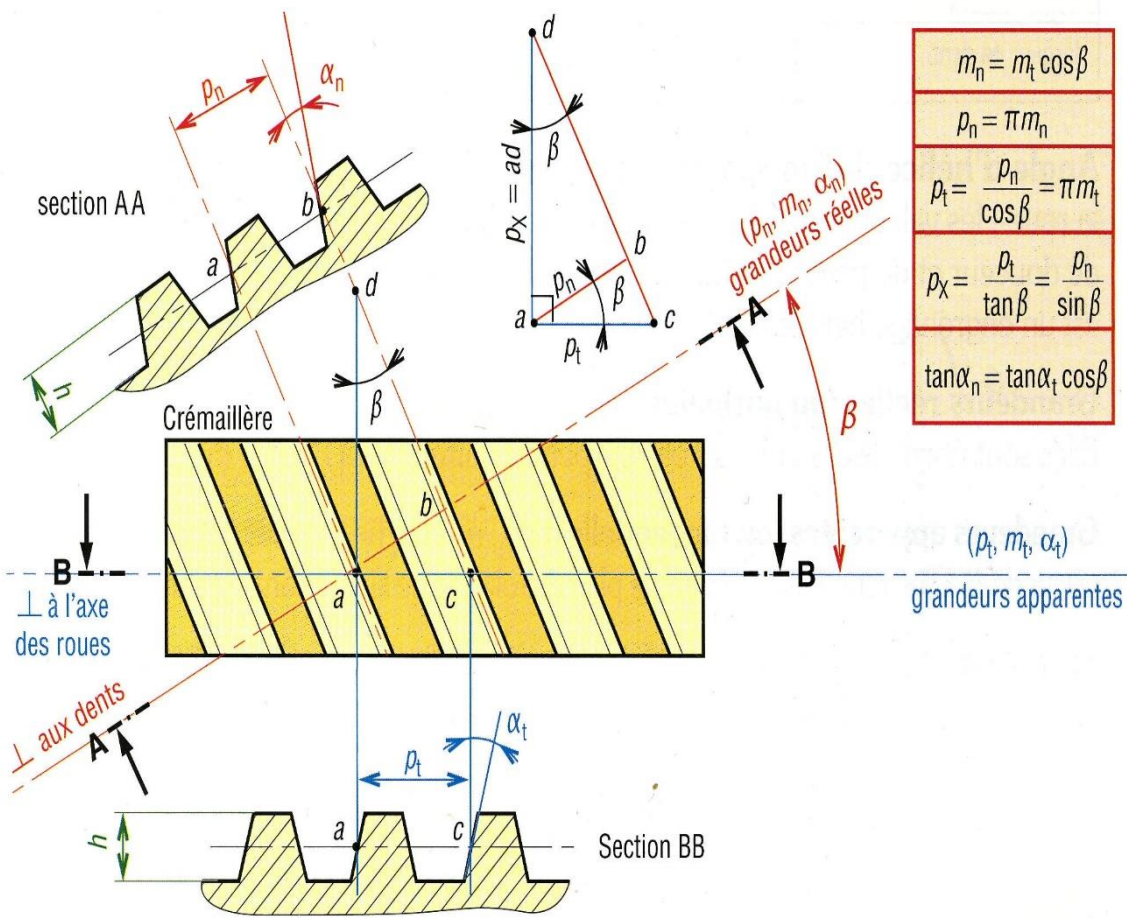


Figure IV. 1 : les caractéristiques des engrenages

Principales caractéristiques des engrenages droits (ou parallèles) à denture hélicoïdale		
Caractéristiques	Symbole ISO	Définitions, observations
angle d'hélice	$\beta$	$\beta_1 = -\beta_2$ ; valeurs usuelles: $15^\circ < \beta \leq 30^\circ$
sens de l'hélice		si la roue 1 à une hélice à droite, alors la roue 2 à une hélice à gauche, d'où $\beta_1 = -\beta_2$
vitesse angulaire	$\omega$	en $\text{rad.s}^{-1}$ ; $\omega = \pi N/30$
nombre de tours	$n$	$n$ en tours par minute ou $\text{tr.min}^{-1}$
entraxe	$a$	$a = r_1 + r_2 = \frac{1}{2}(d_1 + d_2)$ $= \frac{1}{2}m_t(Z_1 + Z_2) = \frac{1}{2}m_n(Z_1 + Z_2)/\cos\beta$
nombre de dents	$Z$	$Z_1$ (roue 1) et $Z_2$ (roue 2)
module réel (ou normal)	$m_n$	nombre normalisés; voir tableaux des valeurs
pas réel (ou normal)	$p_n$	$p_n = \pi m_n$ (remarque $p_{n1} = p_{n2} = p_n$ )
module apparent	$m_t$	$m_t = m_n/\cos\beta$ (augmente avec la valeur de $\beta$ )
pas apparent	$p_t$	$p_t = p_n/\cos\beta = \pi m_t$
rayon primitif	$r$	$r_1 = \frac{1}{2}mZ_1 = \frac{1}{2}d_1$ ; $r_2 = \frac{1}{2}mZ_2 = \frac{1}{2}d_2$
diamètre primitif	$d$	$d_1 = m_t \cdot Z_1$ ; $d_2 = m_t \cdot Z_2$
rayon de tête	$r_a$	$r_a = r + m_n = r + h_a = \frac{1}{2}d_a$
diamètre de tête	$d_a$	$d_a = d + 2m_n = d + 2h_a$
rayon de pied	$r_f$	$r_f = r - 1,25m_n = r - h_f = \frac{1}{2}d_f$
diamètre de pied	$d_f$	$d_f = d - 2,5m_n = d - 2h_f$
saillie	$h_a$	$h_a = m_n$
creux	$h_f$	$h_f = 1,25m_n$
hauteur de dent	$h$	$h = 2,25m_n = h_a + h_f$
épaisseur de la dent	$s$	$s_1 = e_1 = s_2 = e_2 = \frac{1}{2}\pi m$ (si jeu nul...)
intervalle	$e$	$s_1 + e_1 = s_2 + e_2 = p$
angle de pression réel	$\alpha_n$	valeur usuelle: $\alpha = 20^\circ$
angle de pression apparent	$\alpha_t$	$\tan\alpha_n = \tan\alpha_t \cdot \cos\beta$
rayon de base	$r_b$	$r_b = r \cdot \cos\alpha_t = \frac{1}{2}d_b$
diamètre de base	$d_b$	$d_b = d \cdot \cos\alpha_t$
pas de base réel	$p_{bn}$	$p_{bn} = p_n \cdot \cos\alpha_n$
pas de base apparent	$p_{bt}$	$p_{bt} = p_t \cdot \cos\alpha_t$
pas axial	$p_x$	$p_x = p_t/\tan\beta = p_n/\sin\beta = p_z/Z$
pas de l'hélice primitive	$p_z$	$p_z = \pi d/\tan\beta = Z \cdot p_x$
largeur de denture	$b$	$b > 2\pi m_n/\sin\beta = 2p_x$

Figure IV. 2 : principales caractéristiques des engrenages

### Applications :

Pour la conception de notre cintreuse, nous avons besoin d'un système d'engrenage hélicoïdal.

### 1<sup>er</sup> engrenage

Pour notre calcul on utilise :

-Module normale **Mn=6**

-Angle d'hélice  **$\beta= 20^\circ$**

-nombre de dents  $Z=56$

**-pas réel :**

$$P_n = \pi \cdot M_n$$

$$P_n = 3.14 \times 6 = 18.84$$

**-module apparent :**

$$M_t = \frac{M_n}{\cos \beta}$$

$$M_t = \frac{6}{\cos 20} = 6.38$$

**-pas apparent :**

$$P_t = \frac{P_n}{\cos \beta}$$

$$P_t = \frac{18.84}{\cos 20} = 20.04$$

**-diamètre primitif :**

$$d = M_t \times Z$$

$$d = 6.28 \times 56 = 357.28$$

**-saillie :**

$$H_a = M_n = 6$$

**-creux :**

$$H_f = 1.25 M_n = 7.5$$

**-hauteur de dent :**

$$h = H_a + H_f$$

$$h = 6 + 7.5 = 13.5$$

**-diamètre de tête :**

$$d_a = d + 2Mn$$

$$d_a = 357.28 + (2 \times 6) = 369.28$$

**-diamètre de pied :**

$$df = d - 2.5Mn$$

$$df = 357.28 - (2.5 \times 6) = 342.28$$

### 2eme engrenage

Pour notre calcul on utilise :

-Module normale **Mn=6**

-Angle d'hélice  **$\beta=20^\circ$**

-nombre de dents **Z=20**

**-pas réel :**

$$Pn = \pi \cdot Mn$$

$$Pn = 3.14 \times 6 = 18.84$$

**-module apparent :**

$$Mt = \frac{MN}{\cos\beta}$$

$$Mt = \frac{6}{\cos 20} = 6.38$$

**-pas apparent :**

$$Pt = \frac{Pn}{\cos\beta}$$

$$Pt = \frac{18.84}{\cos 20} = 20.04$$

**-diamètre primitif :**

$$d = Mt \times Z$$

$$d = 6.38 \times 20 = 127.6$$

**-saillie :**

$$Ha = Mn = 6$$

**-creux :**

$$Hf = 1.25Mn = 7.5$$

**-hauteur de dent :**

$$h = Ha + Hf$$

$$h = 6 + 7.5 = 13.5$$

**-diamètre de tête :**

$$d_a = d + 2Mn$$

$$d_a = 127.6 + (2 \times 6) = 139.6$$

**-diamètre de pied :**

$$df = d - 2.5Mn$$

$$df = 127.6 - (2.5 \times 6) = 112.6$$

### 3eme engrenage

Pour notre calcul on utilise :

-Module normale **Mn=6**

-Angle d'hélice  **$\beta= 20^\circ$**

-nombre de dents **Z=40**

**-pas réel :**

$$Pn = \pi \cdot Mn$$

$$Pn = 3.14 \times 6 = 18.84$$

**-module apparent :**

$$Mt = \frac{MN}{\cos\beta}$$

$$Mt = \frac{6}{\cos 20} = 6.38$$

**-pas apparent :**

$$Pt = \frac{Pn}{\cos\beta}$$

$$Pt = \frac{18.84}{\cos 20} = 20.04$$

**-diamètre primitif :**

$$d = Mt \times Z$$

$$d = 6.38 \times 40 = 255.2$$

**-saillie :**

$$Ha = Mn = 6$$

**-creux :**

$$Hf = 1.25Mn = 7.5$$

**-hauteur de dent :**

$$h = Ha + Hf$$

$$h = 6 + 7.5 = 13.5$$

**-diamètre de tête :**

$$d_a = d + 2Mn$$

$$d_a = 255.2 + (2 \times 6) = 267.2$$

**-diamètre de pied :**

$$df = d - 2.5Mn$$

$$df = 255.2 - (2.5 \times 6) = 240.2$$

	1 <sup>er</sup> engrenage	2eme engrenage	3eme engrenage
Pas réel	18.84	18.84	18.84
Module apparent	6.38	6.38	6.38
Diamètre primitif	357.28	127.6	255.2
saillie	6	6	6
creux	7.5	7.5	7.5
Hauteur de dent	13.5	13.5	13.5
Diamètre de tête	369.28	139.6	267.2
Diamètre de pied	352.28	112.6	240.2

#### IV.2.3 simulation de résistance des engrenages :

Premièrement on sélectionne les déplacements au niveau des articulations puis nous appliquons la force de notre conception sur la face de l'une de ses dents.

##### IV.2.3.1 1<sup>er</sup> engrenage :

- **Contrainte de Von Mises :**

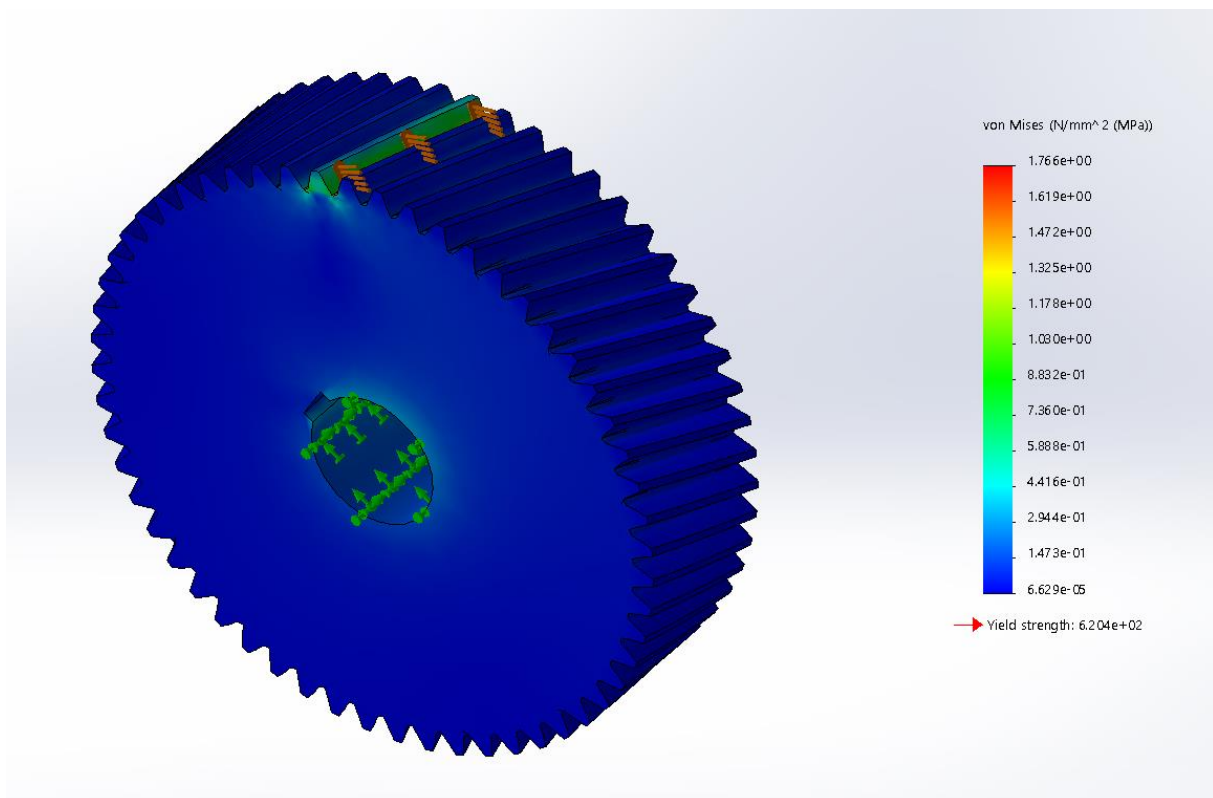


Figure IV. 3 : contrainte de Von mises

- **Les déplacements :**

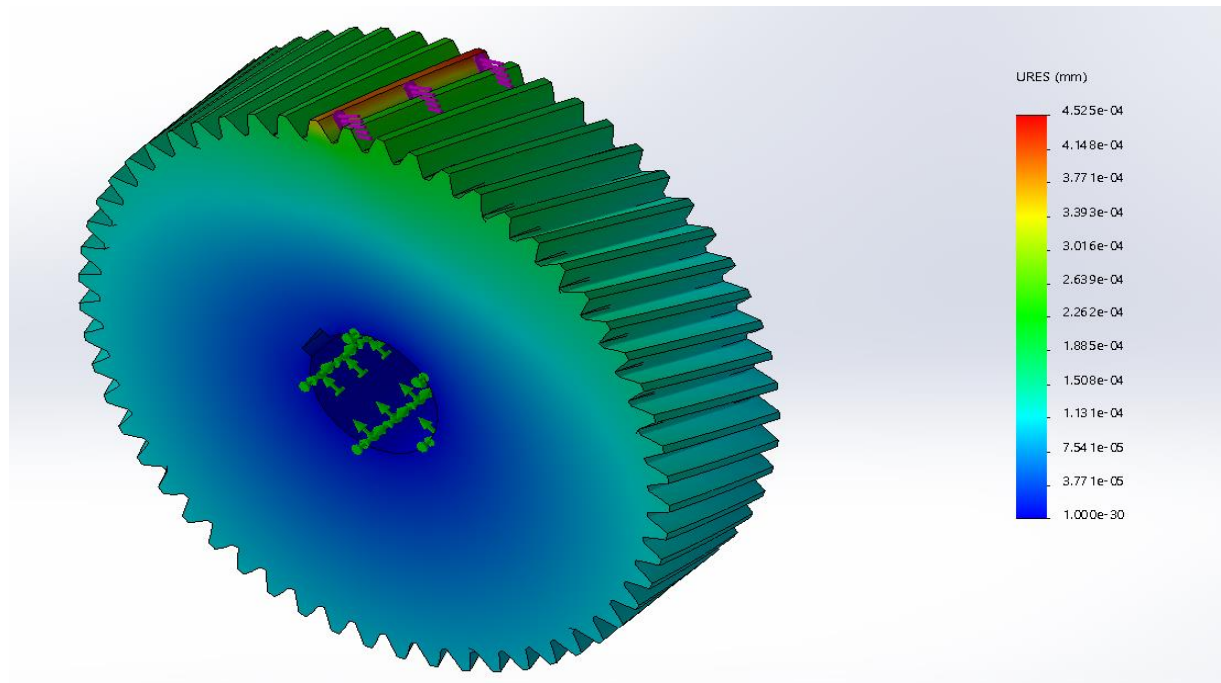


Figure IV. 4 : les déplacements

- **Les déformations :**

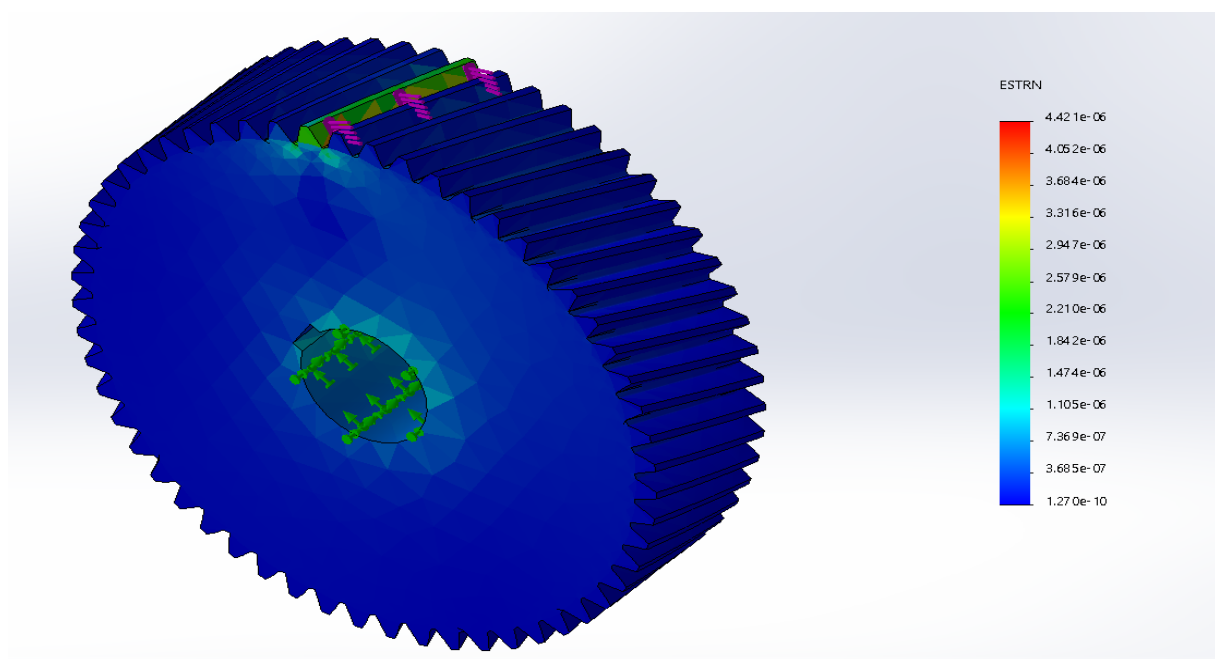


Figure IV. 5 : les déformations



## Résultats de la simulation :

-Une contrainte de Von mises max de 1.766(MPA) concentrée au niveau du pied de la denture, le limites élastique maximales obtenues lors de la simulation 1.766(MPA), est inférieures à la limite élastique du matériau qui vaut  $6.204 \times 10^2$ . l'engrenage reste sécurisé ,

-Un déplacement concentré sur la partie supérieure de la denture, ce qui est attendu avec une valeur max de  $4.525 \times 10^{-4}$ mm largement tolérable.

- Un déformation max d'environ  $4.421 \times 10^{-6}$  sur toute la dent, ce qui est très minime par rapport à l'épaisseur de la dent de la roue.

### IV.2.3.2 2eme engrenage :

- **Contrainte de Von Mises :**

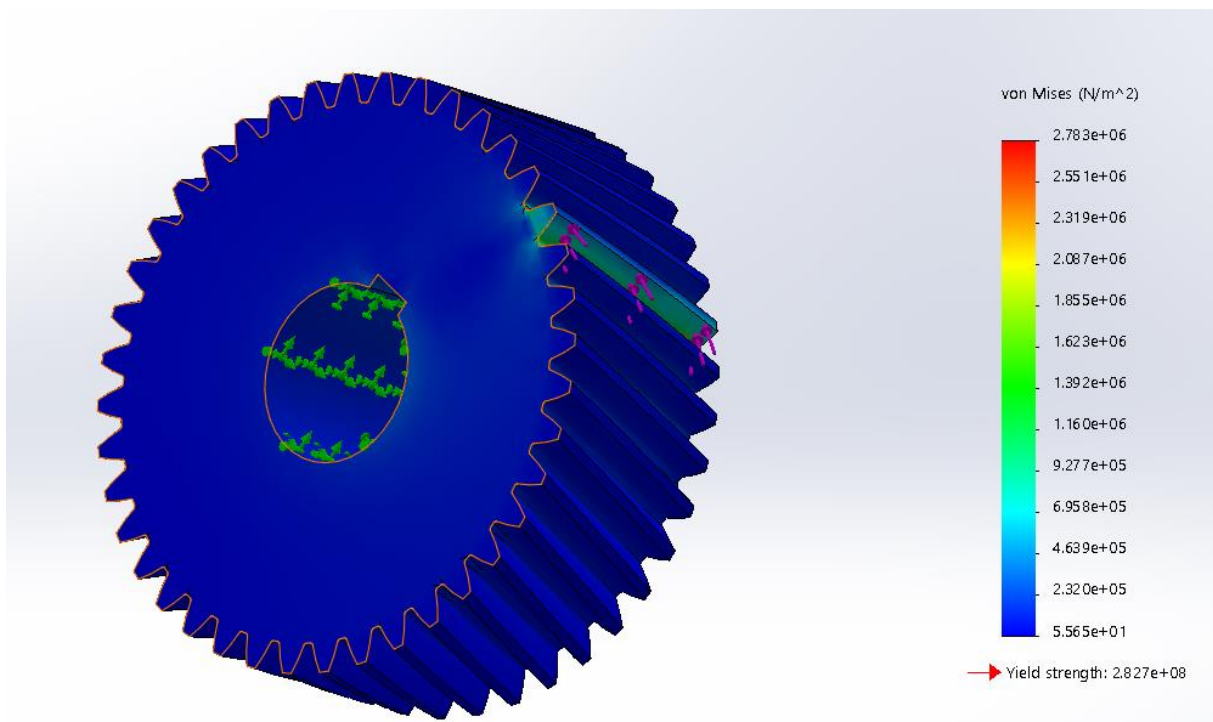


Figure IV.6 : contrainte de Von mises

- **Les déplacements :**

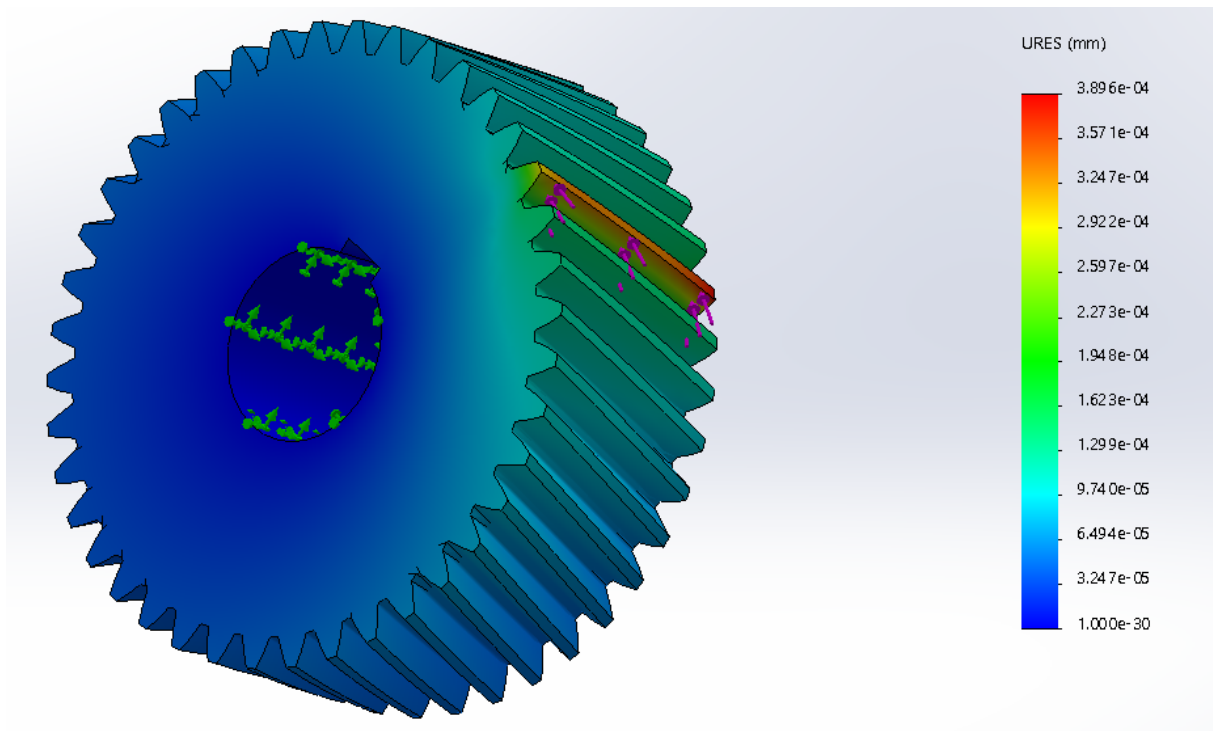


Figure IV. 7 : le déplacement

- **Les déformations :**

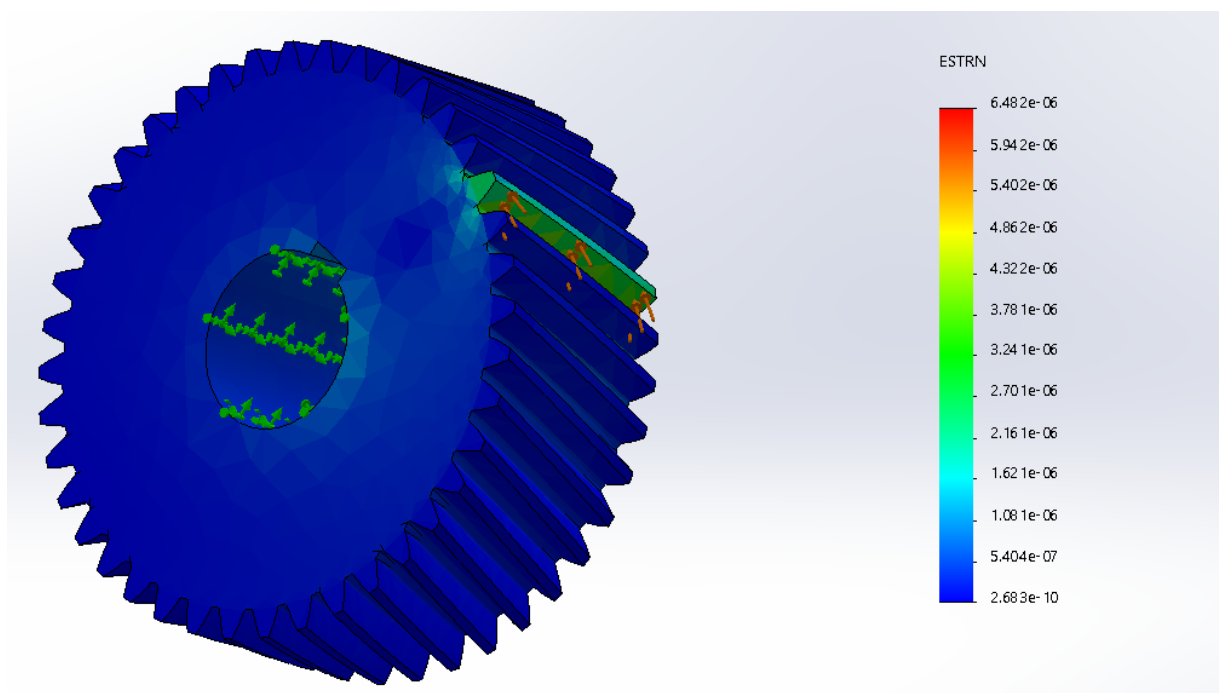


Figure IV. 8 : les déformations

**Résultats de la simulation :**

- On observe une contrainte de Von mises maximale de 2.783(MPA) concentrée au niveau du pied de la denture, les limites élastiques maximales obtenues lors de la simulation 2.827 (MPA),

est inférieures à la limite élastique du matériau qui vaut  $2.827 \times 10^2$ . l'engrenage reste sécurisé ,

-Un déplacement concentré sur la partie supérieure de la denture, ce qui est attendu avec une valeur max de  $3.896 \times 10^{-4}$ mm largement tolérable.

- Un déformation max d'environ  $6.6482 \times 10^{-6}$  sur toute la dent, ce qui est très minime par rapport à l'épaisseur de la dent de l'engrenage.

#### IV.2.3.3 3eme engrenage :

- **Contrainte de Von mises :**

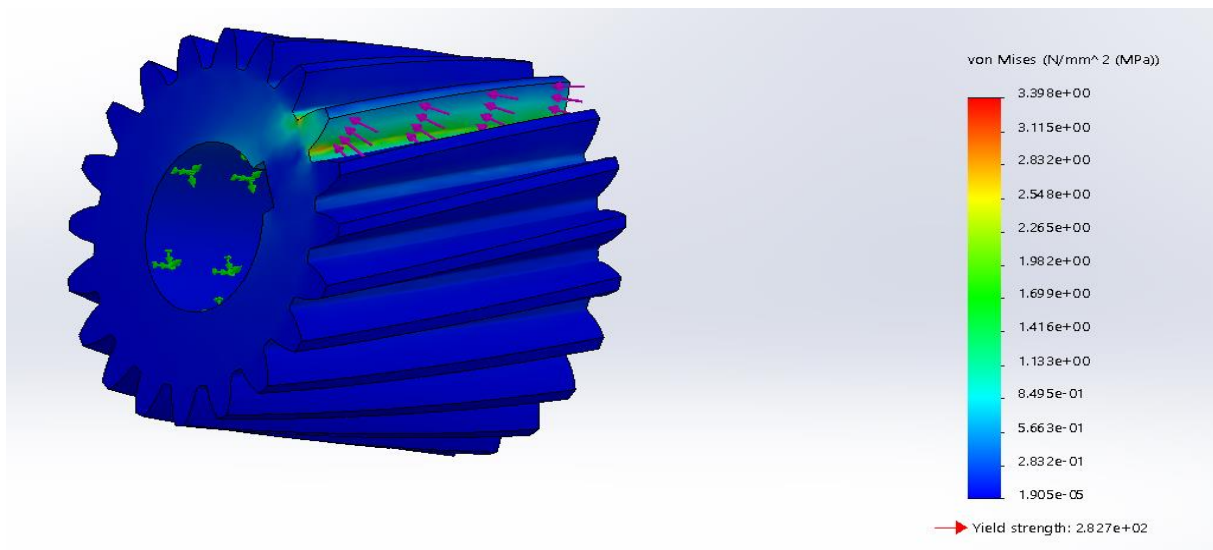


Figure IV. 9 : contrainte de Von mises

- **Les déplacements :**

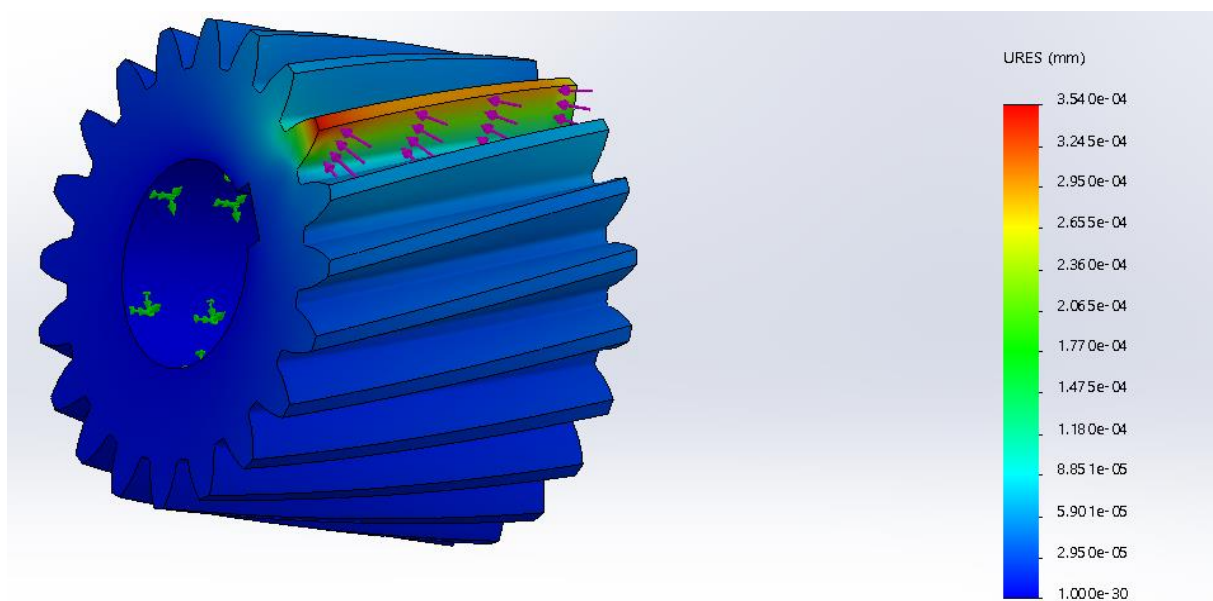


Figure IV. 10 : le déplacement

- **Les déformations :**

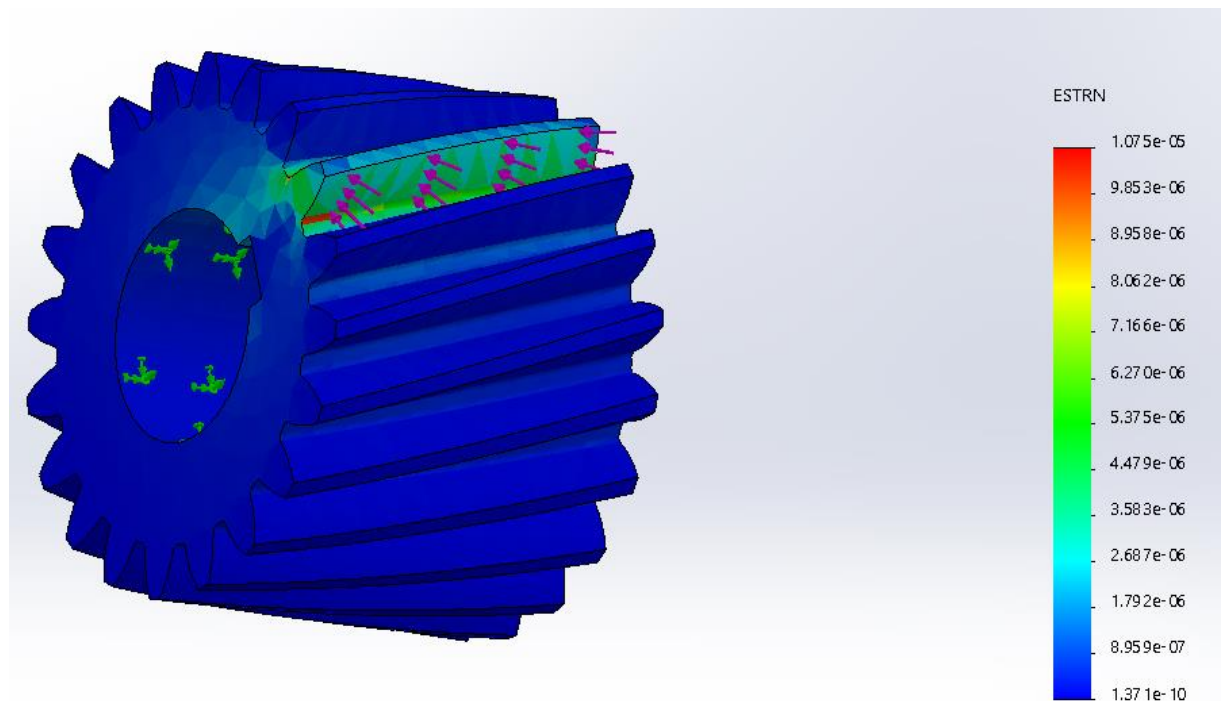


Figure IV. 11 : les déformations

### Résultats de la simulation :

- On observe une contrainte de Von mises maximale de 3.398(MPA) concentrée au niveau du pied de la denture, les limites élastiques maximales obtenues lors de la simulation 3.437(MPA), est inférieure à la limite élastique du matériau qui vaut  $2.827 \times 10^2$ . l'engrenage reste sécurisé ,
- Un déplacement concentré sur la partie supérieure de la denture, ce qui est attendu avec une valeur max de  $3.540 \times 10^{-4}$ mm largement tolérable.
- Un déformation max d'environ  $1.075 \times 10^{-5}$  sur toute la dent, ce qui est très minime par rapport à l'épaisseur de la dent de l'engrenage.

### IV.3 L'arbre de transmission :

Un arbre est un composant de machine, qu'il soit rotatif ou fixe, qui assure le support d'engrenages, de poulies, de pignons, etc. En général, il présente une forme de révolution.

C'est ce que l'on prend en compte dans la suite.

Il est utilisé pour transmettre une puissance, mais il peut également être utilisé pour positionner des éléments entre eux.

#### **IV.3.1 choix de matériau pour l'arbre de transmission :**

Il est crucial de prendre en compte le dimensionnement des arbres afin de déterminer le diamètre minimal que l'arbre devra avoir, tout en utilisant de l'acier (**XC38**), un matériau résistant pour protéger les éléments favorables contre les chocs de démarrage brusque et les variations brusques des charges, etc.

On peut utiliser cet acier de différentes manières :

-Il peut être récupéré ou normalisé afin de fabriquer des pièces de toutes dimensions qui nécessitent des caractéristiques mécaniques moyennes. Grâce à l'état normalisé, il est possible d'atteindre une structure et des caractéristiques mécaniques plus homogènes.

- **Caractéristiques mécaniques :**

- Module du Young, E : 205 (GPa)

- Coefficient de Poisson : 0.3 (ratio)

- Limite élastique,  $\sigma_e$  : 340 (Mpa)

- Résistance du matériau : 585 (MPa)

- Allongement, A : 17 à 19 (%)

#### **IV.3.2 simulation de résistance de l'arbre :**

- **Contrainte de Von mises :**

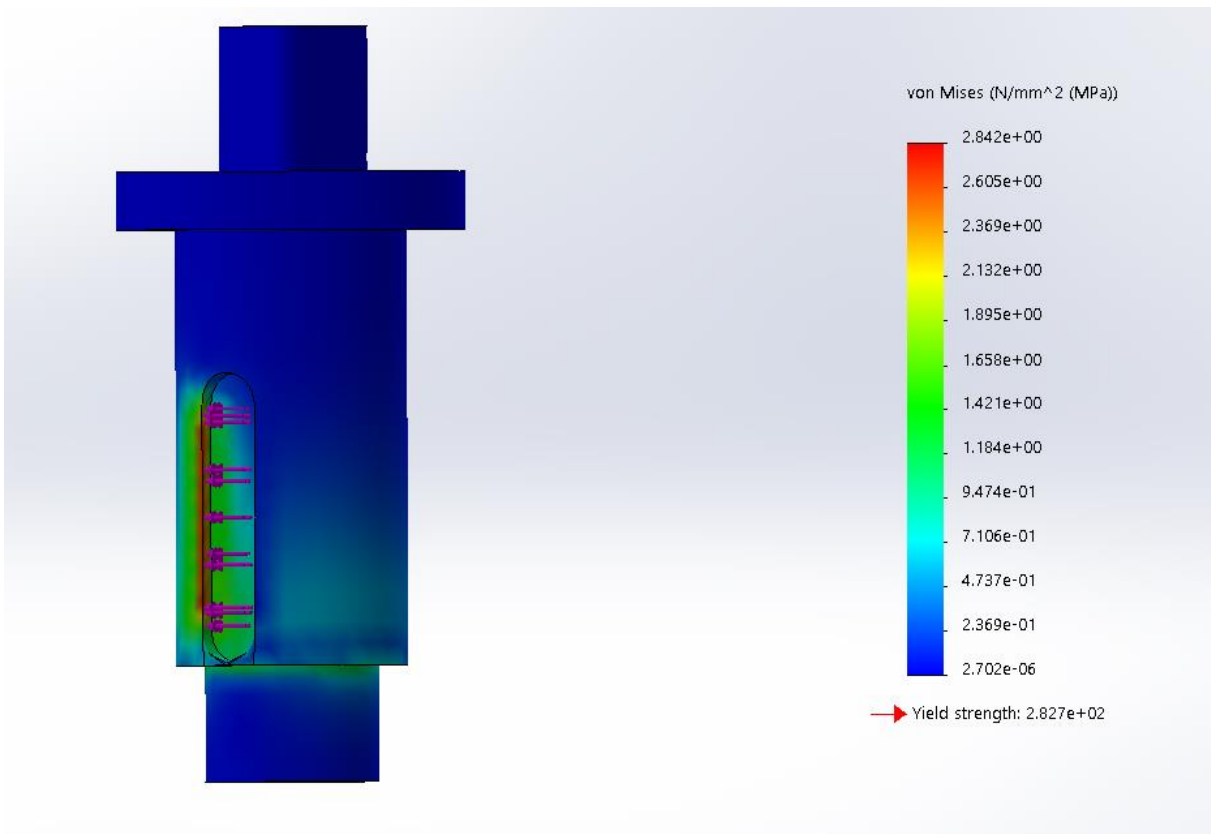


Figure IV. 12 : contrainte de Von mises de l'arbre

- Les déplacements :

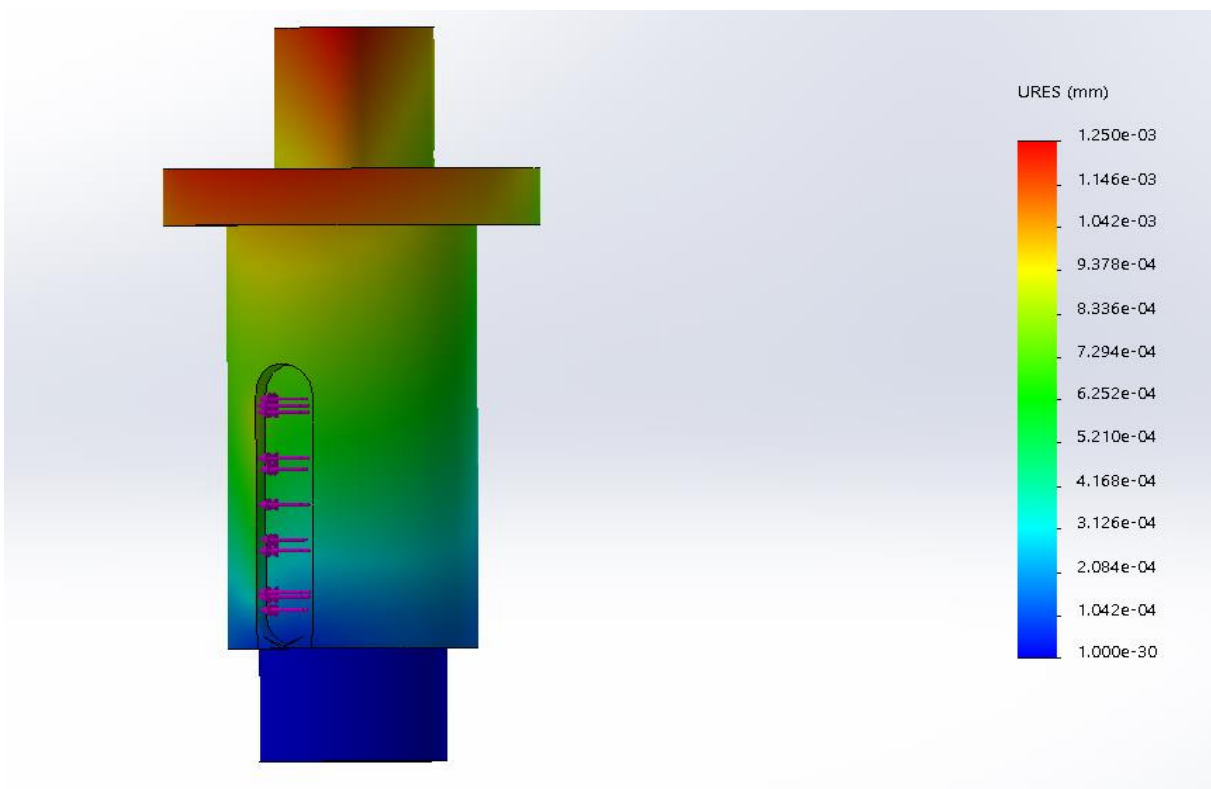


Figure IV. 13 : les déplacements de l'arbre

- **Les déformations :**

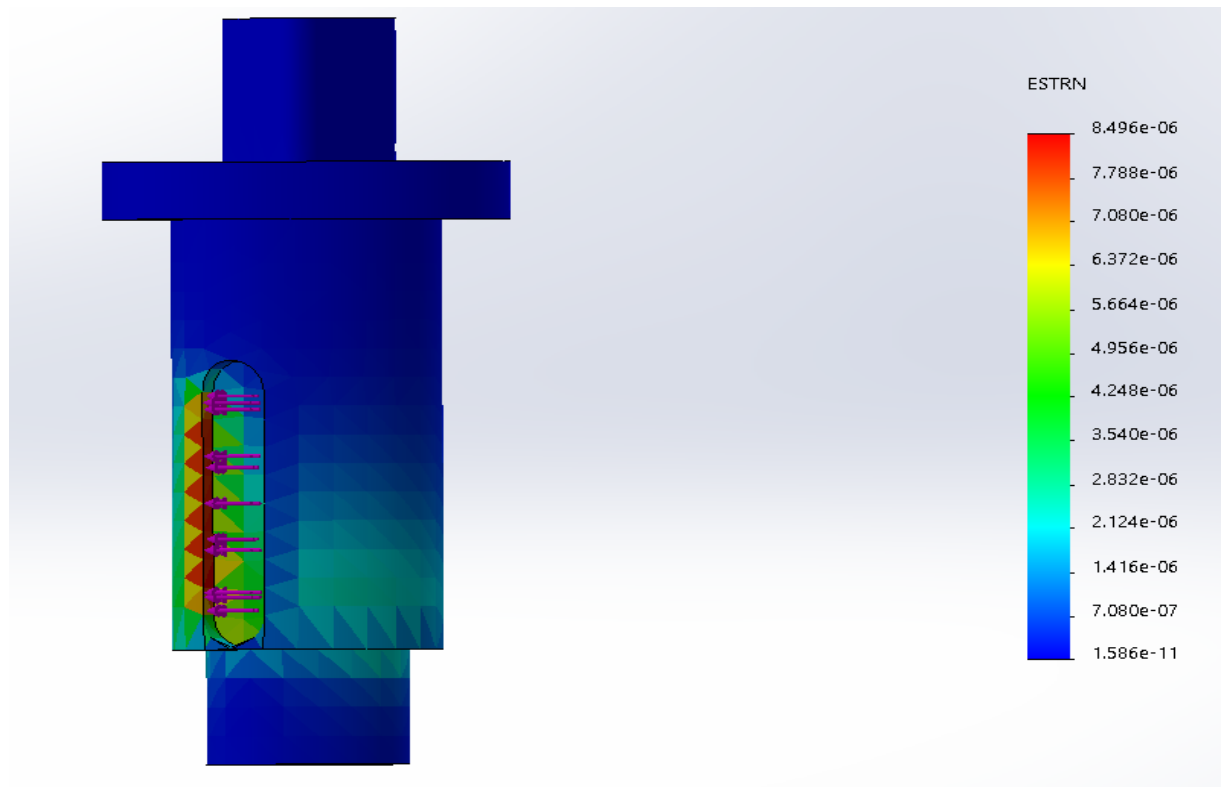


Figure IV. 14 : les déformations de l'arbre

### **Résultats de la simulation :**

- Une contrainte de Von mises max de  $2.842 \times 10^{-6}$  concentrée au niveau de l'emplacement de la clavette et sur la partie extérieure de la rainure de circlips.
- Un déplacement concentré sur la partie libre de l'arbre, ce qui est attendu avec une valeur max de  $1.250 \times 10^{-3}$  mm qui est largement tolérable.
- Une déformation max de l'ordre de  $8.496 \times 10^{-6}$  est une déformation très faible, on peut conclure que la structure indiquée n'aura aucun dysfonctionnement sous l'effet du chargement.

## CONCLUSION GENERALE

Ce travail est une partie d'un projet qui consiste à l'étude et conception d'une cintreuse semi-automatique pour tous types de profilés.

On a présenté un état de l'art sur le cintrage d'une façon générale et les cintreuses dont on a donné quelques exemples. On a ensuite défini la conception assistée par ordinateur CAO comme étant des techniques informatisées permettant de concevoir, de tester et de simuler le comportement de l'objet à créer avant même que celui-ci n'existe. La modélisation de chaque pièce de la cintreuse a été donnée en détail par SolidWorks.

L'essai de flexion sur un tube d'acier inoxydable ayant un plus grand degré d'élasticité et un diamètre maximum, nous a guidé à dimensionner les pièces de la machine et calculer la charge et leurs Résistances. Les résultats d'analyse de simulation que nous avons obtenus nous ont permis de valider notre modèle vu que la contrainte  $\sigma$  max à laquelle est soumise nos pièces est inférieure à la limite d'élasticité.

Ce projet est une étape préliminaire, pour pouvoir aborder l'étude et la conception de n'importe quel mécanisme mécanique.

L'assistance du logiciel "SolidWorks" nous a beaucoup aidé dans notre travail de la précision de la conception des pièces et leur assemblage ainsi que leur simulation virtuelle, sans ce logiciel qui est l'un des outils informatiques de la CAO les plus indispensables dans les différents secteurs industriels aujourd'hui, on n'aura jamais pu élaborer le reste de notre projet virtuellement et c'est ça l'avantage et le but de la CAO car elle permet de voir le produit avant qu'il ne soit fabriqué avec une précision très importante.



## Bibliographie

- [1] Le cintrage de profilés et de tubes : définition du .... (2024). récupéré July 4, 2024, depuis [www.metal-interface.fr](http://www.metal-interface.fr)
- [2] [www.narges.com/cintreuses](http://www.narges.com/cintreuses), consulté en juin 2015.
- [3] CONCEPTION ET CALCUL DES ÉLÉMENTS DE MACHINES J.F. Debongnie 2013 DEBONGNIE (Jean-François), Liège, Belgium
- [4] *Le sous-traitant du cintrage industriel - Eure-et-Loir .... (2024). récupéré July 3, 2024, depuis [el-industries.fr/cintrage/](http://el-industries.fr/cintrage/)*
- [6] Santos, M. D. (2023, November 10). Les propriétés mécaniques des matériaux : un guide complet - Polaridad.es. *Polaridad.es*.
- [7] *Chapitre 2 : Propriétés mécaniques 9 2.1 Les propriétés de l'essai de traction 2.1.1 Définition de l'essai.* (n.d.). Retrieved June 25, 2024
- [8] Déformation Élastique: Physique, Mécanique. (2024). récupéré June 22, 2024, depuis [www.studysmarter.fr](http://www.studysmarter.fr)
- [9] Vadillo, E. (2023, May 19). *Module de cisaillement : description de la rigidité d'un matériau.* YuBrain.
- [10] Suisse, B. C. C. M. france mécanique. (n.d.). *Cours des engrenages*. Retrieved June 25, 2024,
- [11] *TP N° 04: Essai de traction(2024).* récupéré July 4, 2024, depuis [elearning.univ-djelfa.dz](http://elearning.univ-djelfa.dz)
- [12] *Série : Conception mécanique et Technologie Guide de l'étudiant du logiciel SolidWorks ®.* (n.d.). Retrieved June 25, 2024, from
- [13] Principes de L'utilisation de SolidWorks Pièces Et .... (2024). récupéré May 31, 2024, depuis [fr.scribd.com](http://fr.scribd.com)

## **Résume :**

L'objectif de ce projet est l'étude, dimensionnement et conception d'une cintreuse de profilé

La conception de la cintreuse a été faite après l'étude théorique et numérique de tous

ces organes, par le logiciel de CAO « solidworks ». Avant toute modélisation on a calculé les charges et la résistance des pièces importantes de notre machine , suite aux simulations réalisées par le même logiciel.

## **ملخص**

الهدف من هذا المشروع هو دراسة وتحجيم وتصميم آلة ثني التشكيل الجانبي

CAD تم تصميم جهاز الثني بعد الدراسة النظرية والعددية لجميع هذه الأعضاء باستخدام برنامج قبل إجراء أي نمذجة، قمنا بحساب الأحمال والمقاومة للأجزاء المهمة من أجهزتنا، "Solidworks". بعد عمليات المحاكاة التي تم إجراؤها بواسطة نفس البرنامج

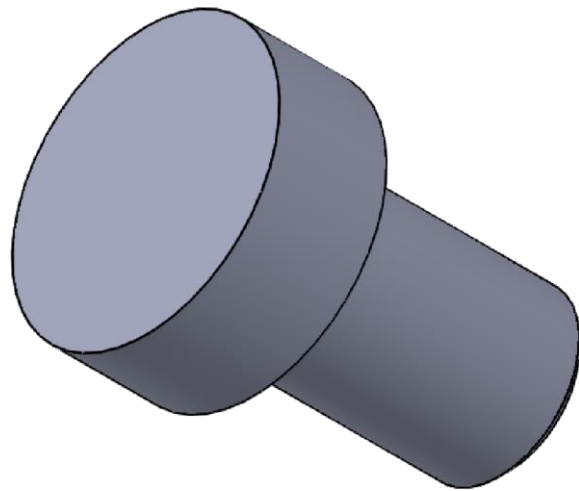
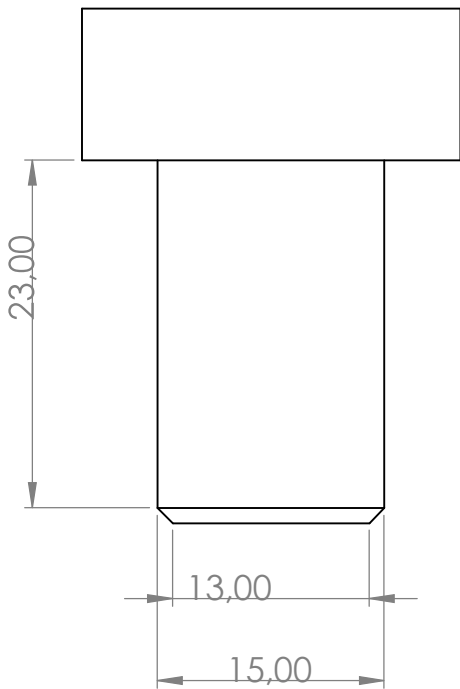
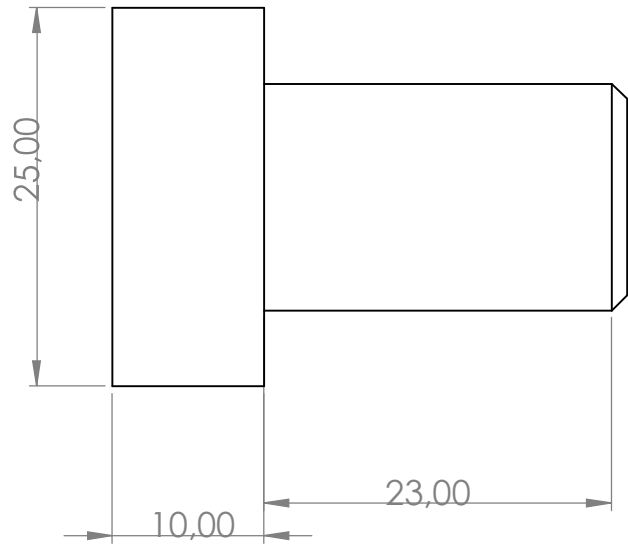
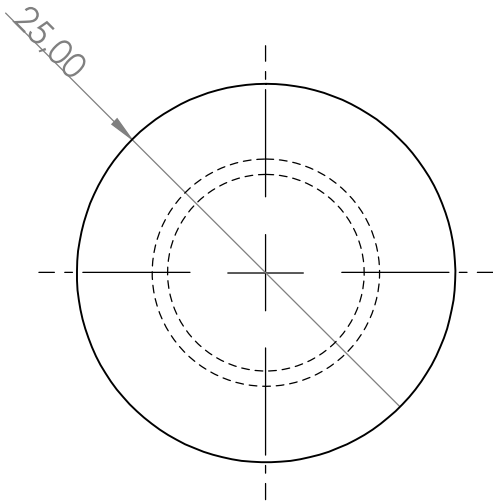
## **Summary :**

The objective of this project is the study, design and dimensioning of a bender roller

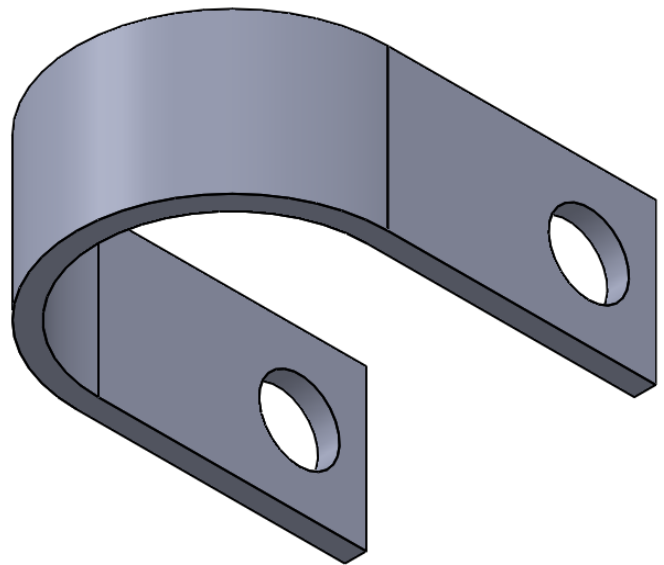
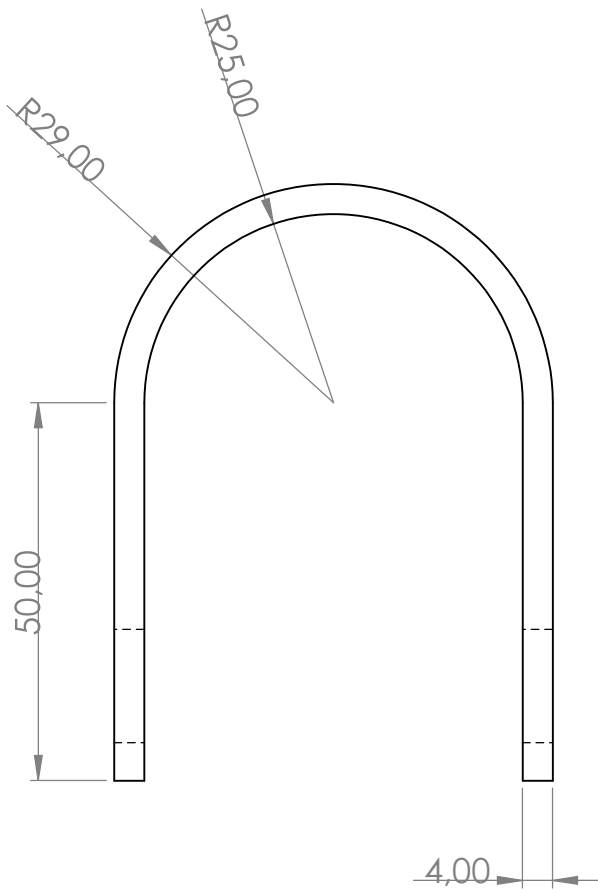
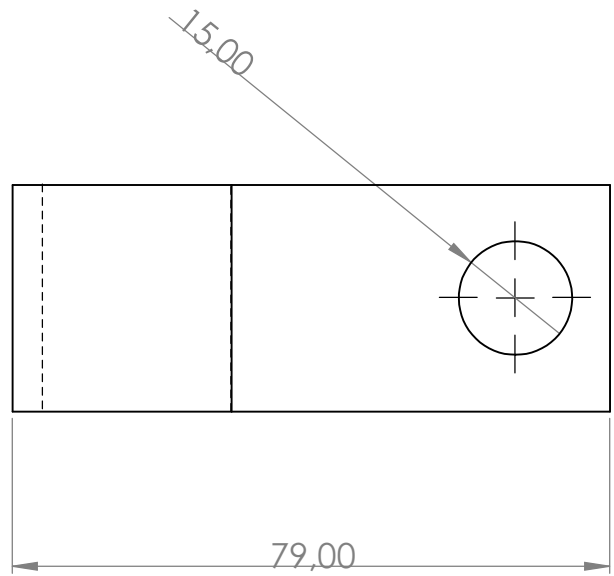
The design of the bender was made after the theoretical and numerical study of all these organs using the CAD software " solidworks ". And we are calculated by the finite element method


using the same software

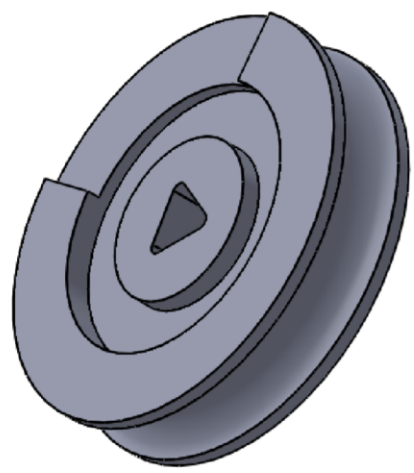
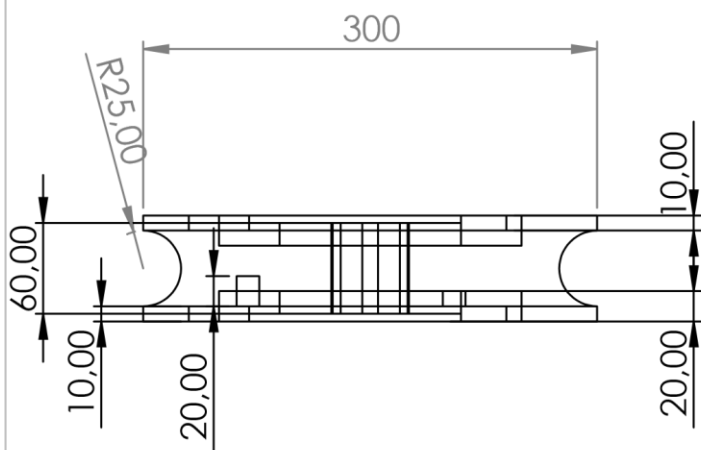
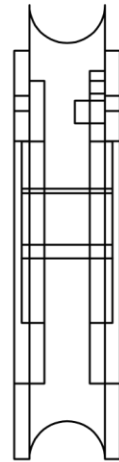
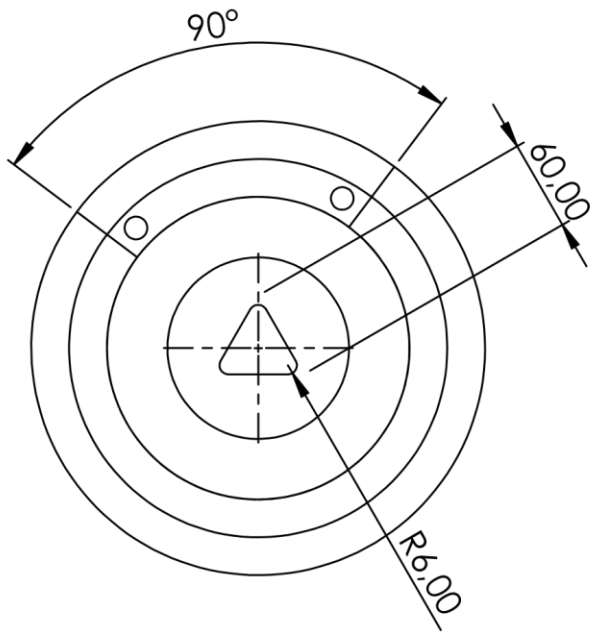
# **ANNEXES**



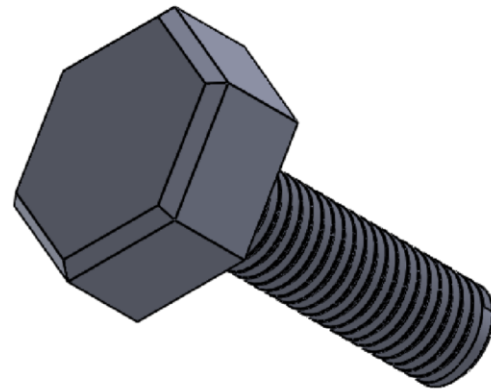
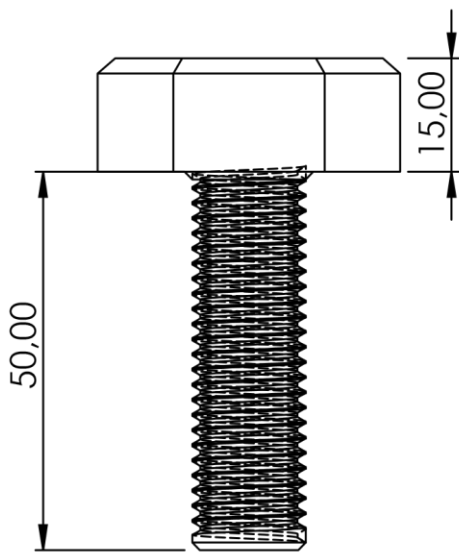
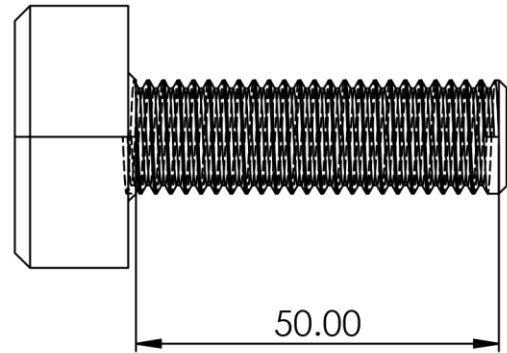
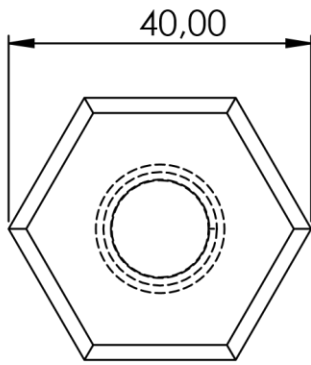
<p>ECHELLE 2:1</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>ARBRE DE FIXATION DE BRIDE D'ENTRAINEMENT</p>	
		<p>100</p>



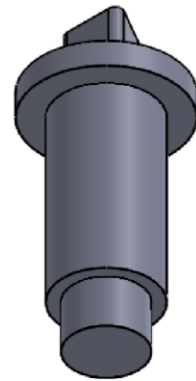
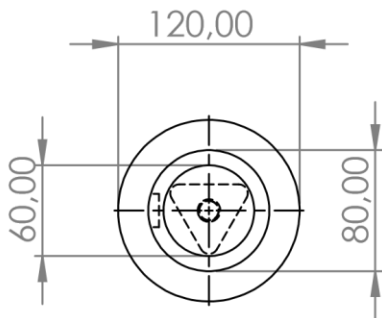
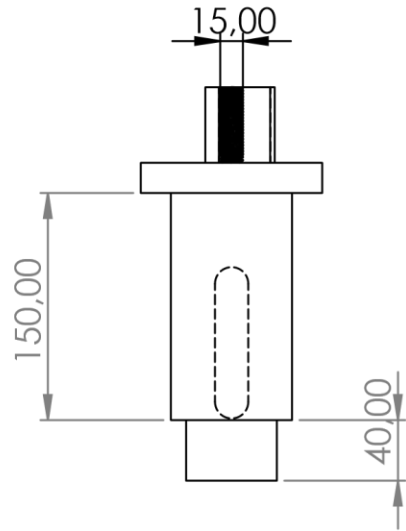
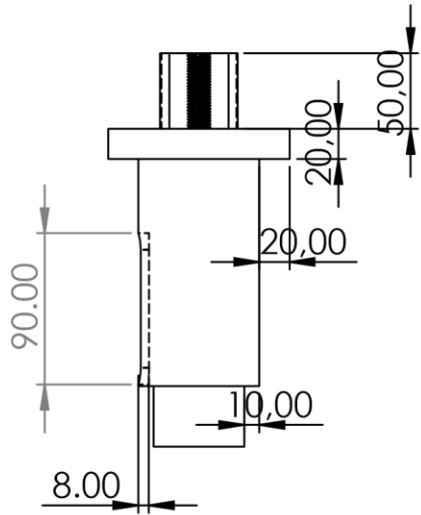
<p>ECHELLE 1:1</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2-FMP</p>
	<p>BRIDE D'ENTRAINEMENT</p>	
		<p>101</p>



<p>ECHELLE 1:5</p>	<p>UNIVERCITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2-FMP</p>
	<h1 style="text-align: center;">FORME</h1>	
		<p style="text-align: center;">102</p>

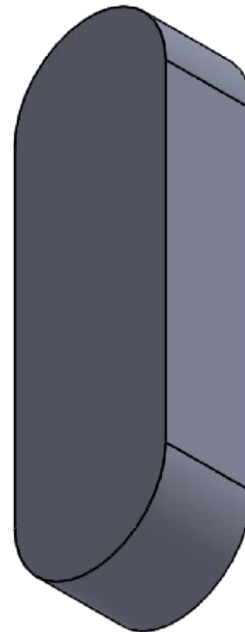
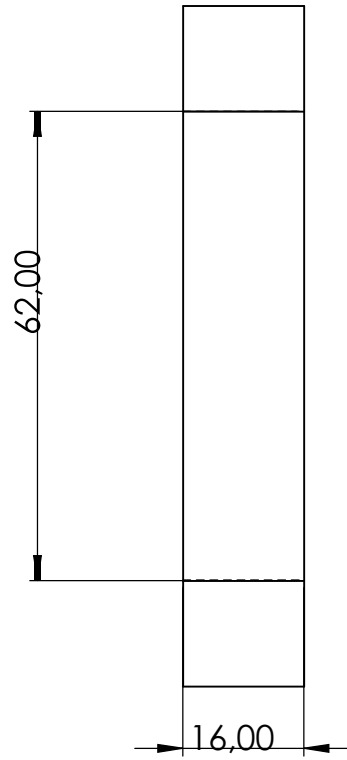
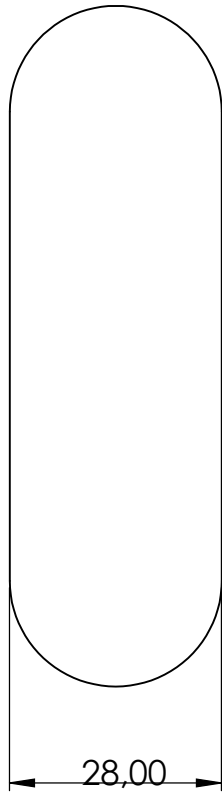


<p>ECHELLE 1:1</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>VIS DE FIXATION DE FORME</p>	
		<p>103</p>

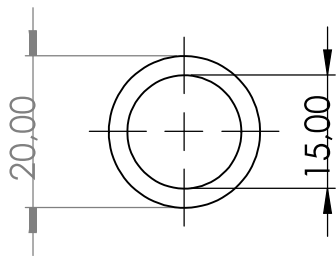
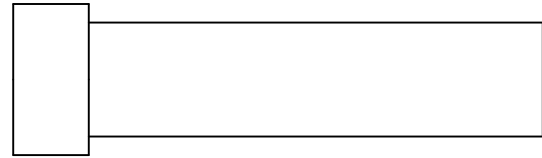
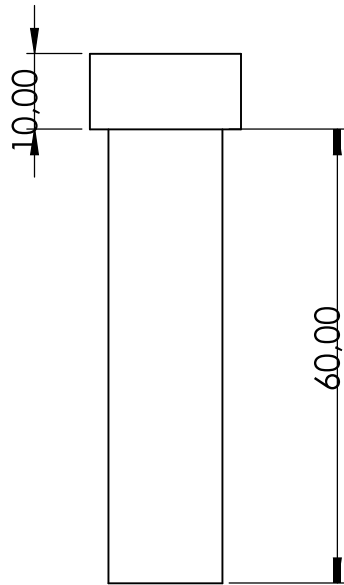


<p>ECHELLE 1:5</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>ARBRE DE TRANSMISSION</p>	
		<p>104</p>

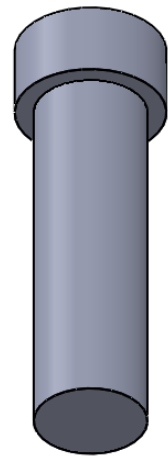
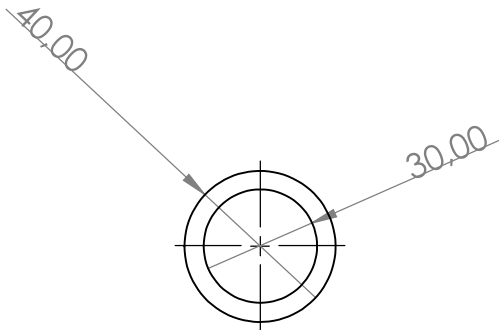
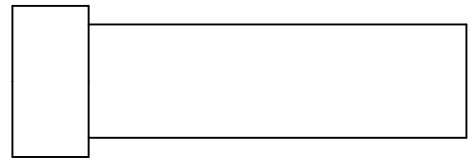
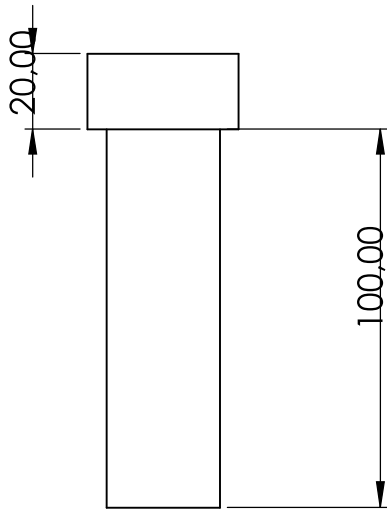




ECHELLE 1:1	UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA	M2 FMP
	CLAVETTE	
		105



<p>ECHELLE 1:1</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>ARBRE DE FIXATION DE CONTRE FORME</p>	
		<p>106</p>



ECHELLE 1:2

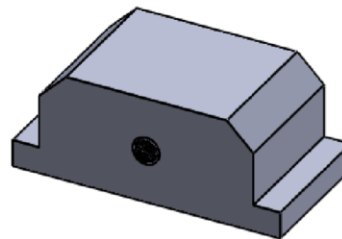
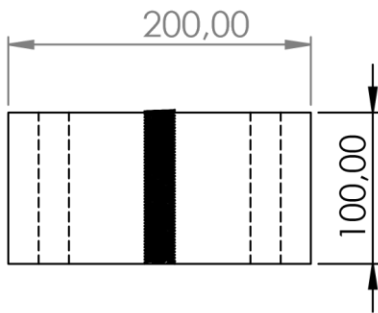
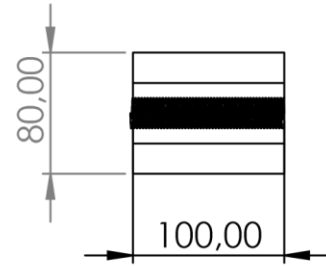
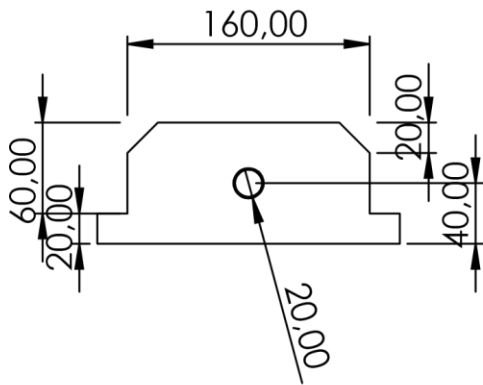
UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA

M2 FMP

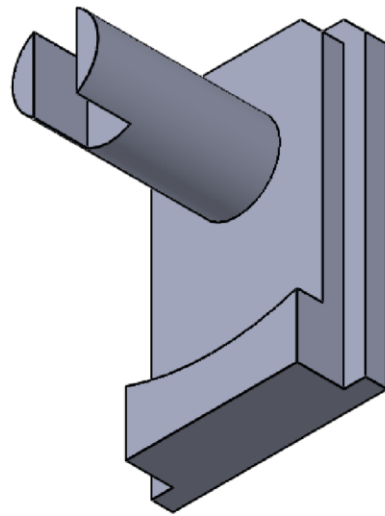
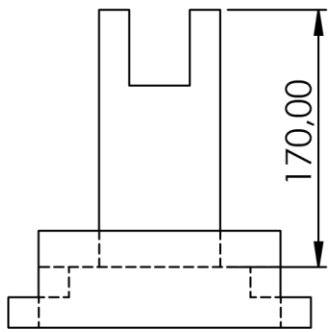
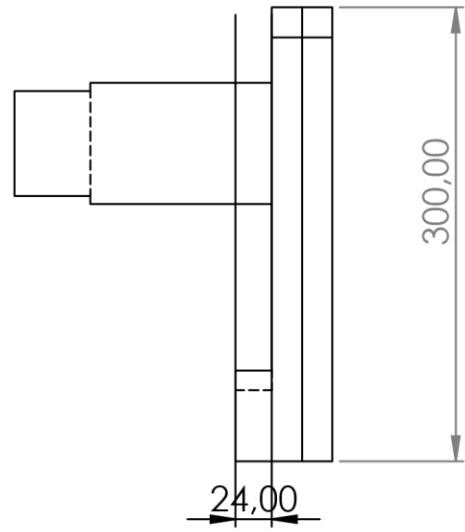
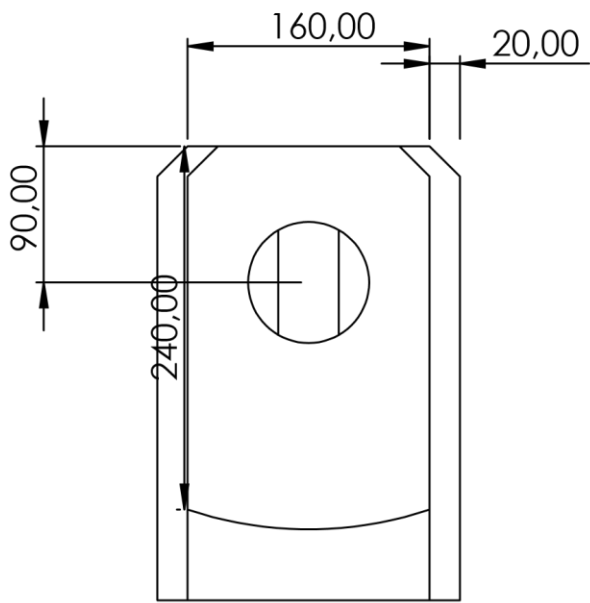



ARBRE DE FIXATION DE  
SUPPORT

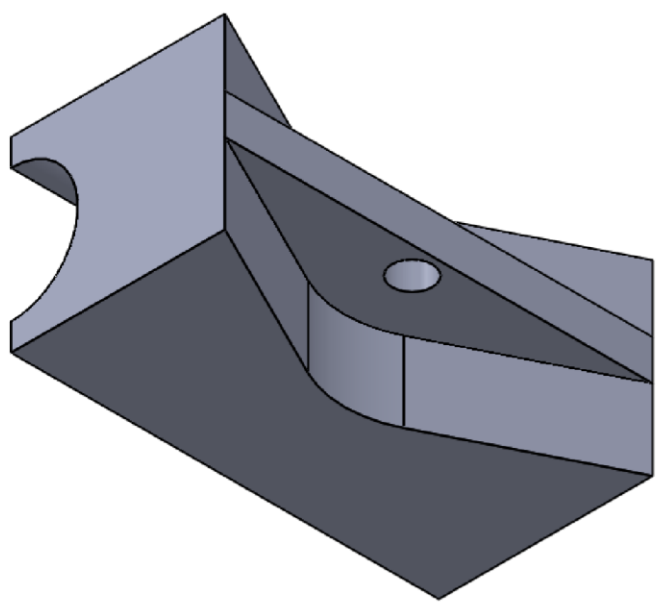
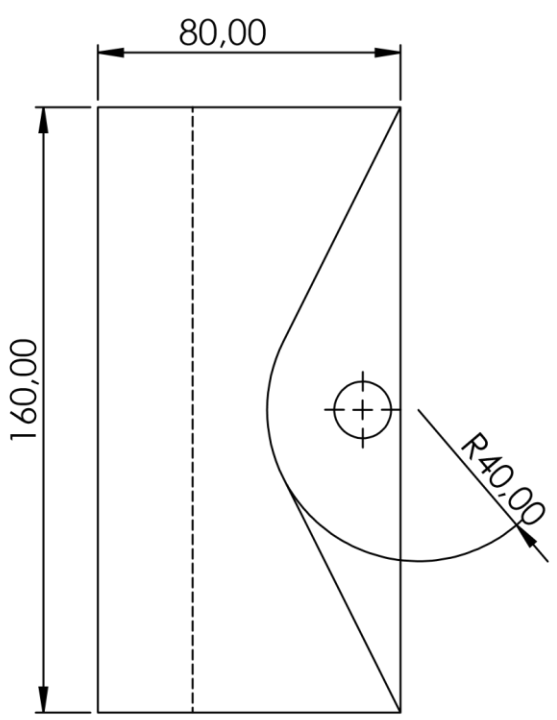
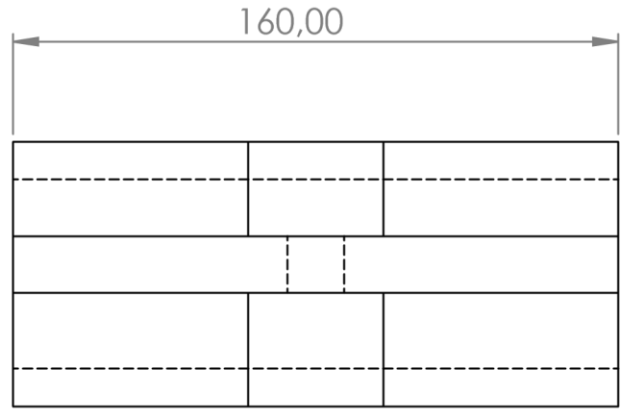
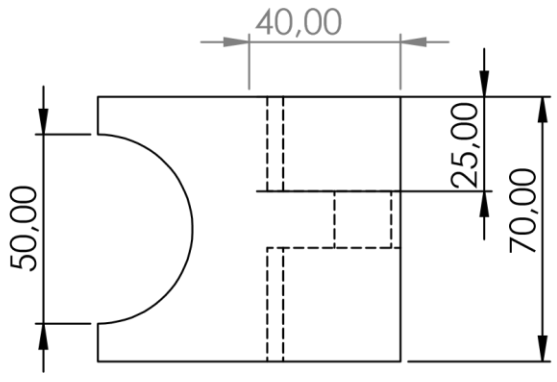
107



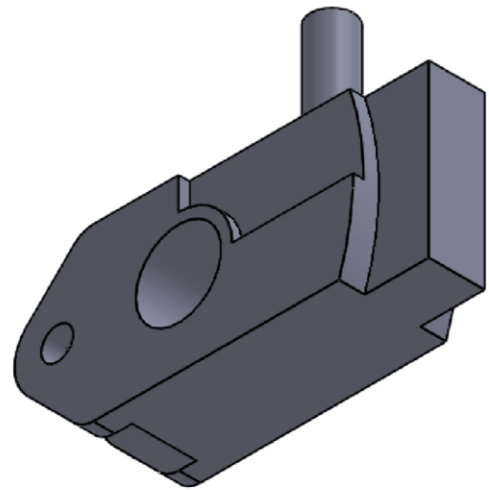
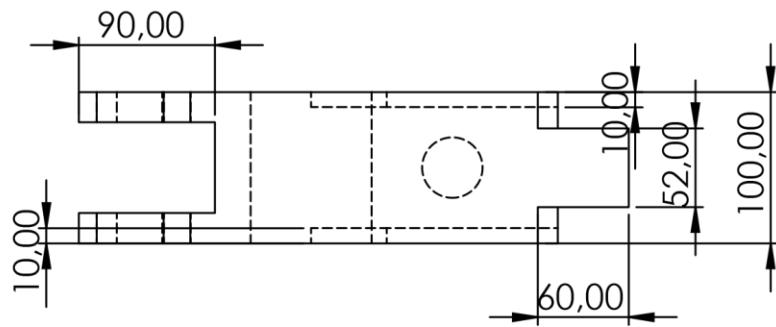
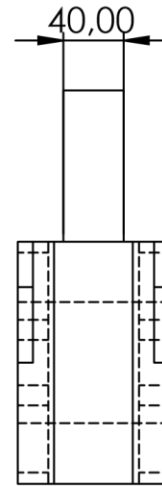
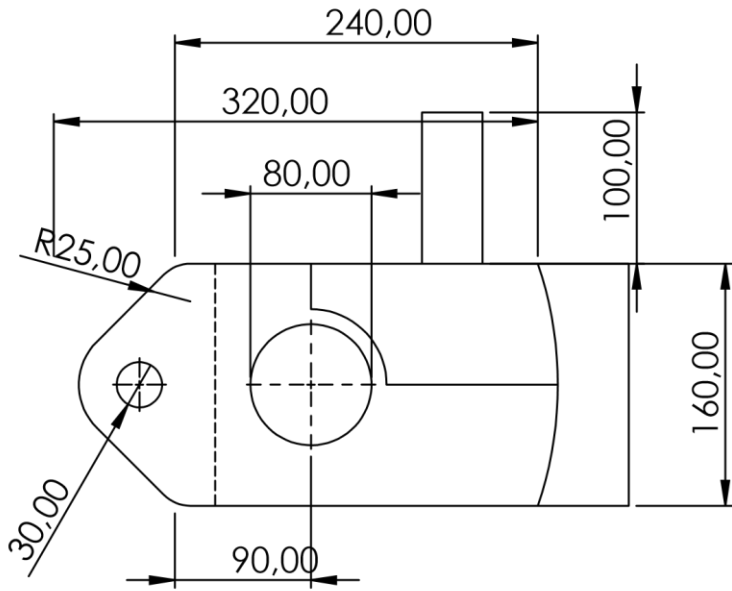
<p>ECHELLE 1:5</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>chariot à pousser</p>	
		<p>108</p>



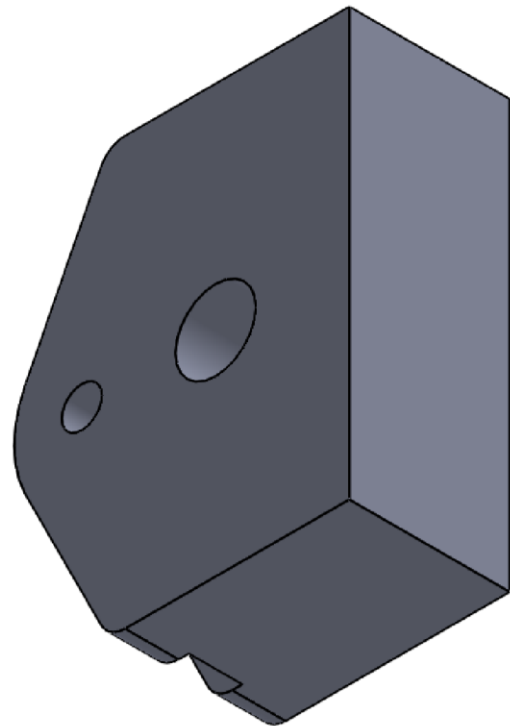
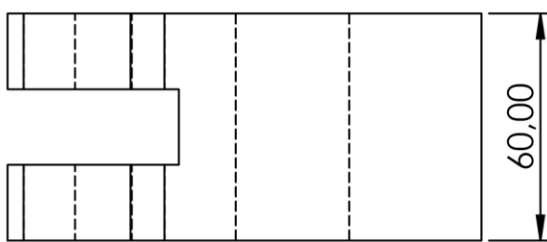
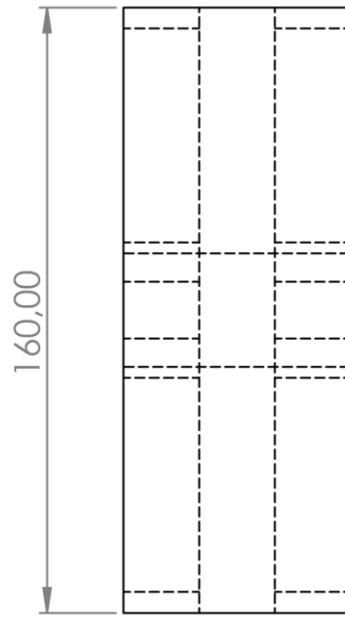
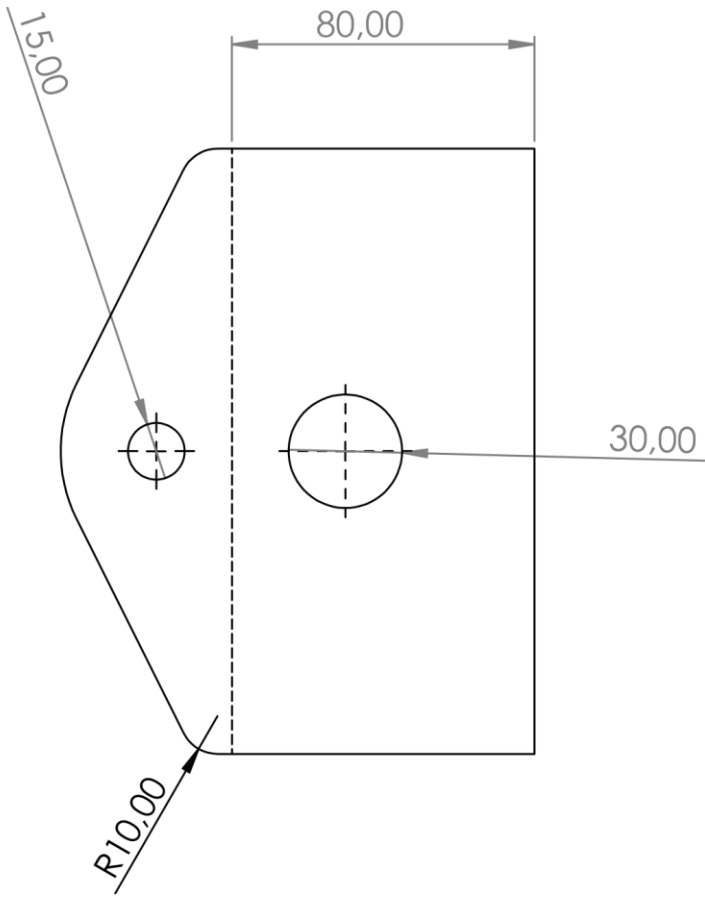
<p>ECHELLE 1:5</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>CHARIOT DE GUIDAGE</p>	
		<p>109</p>



<p>ECHELLE 1:2</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>CONTRE FORME</p>	
		<p>110</p>

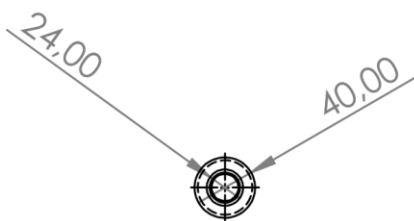
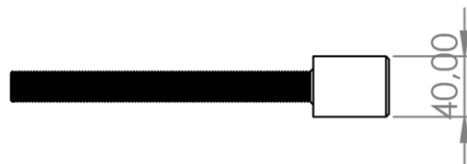
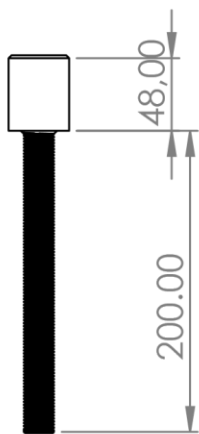


<p>ECHELLE 1:5</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>POSITIONNEUR</p>	
		<p>111</p>

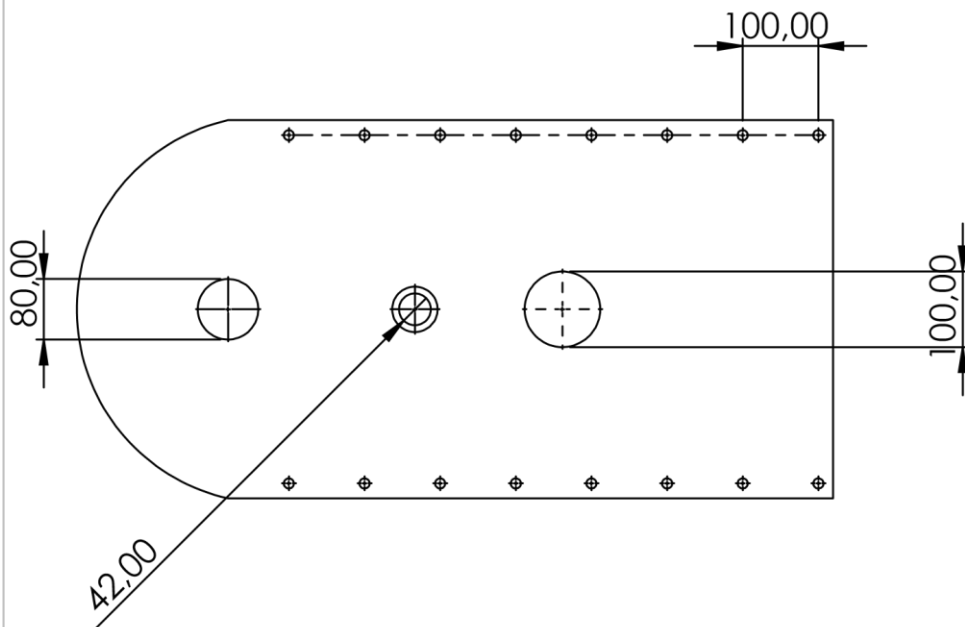
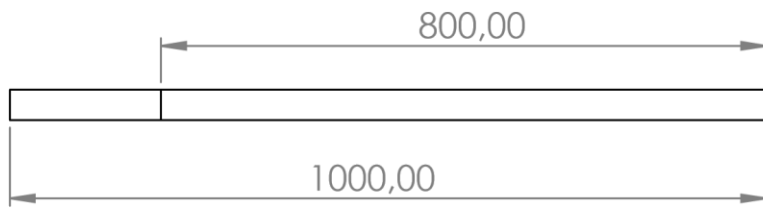


<p>ECHELLE 1:2</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>SUPPORT DE FIXATION DE CONTRE FORME</p>	
		<p>112</p>





<p>ECHELLE 1:5</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>VIS DE SERRAGE</p>	
		<p>113</p>



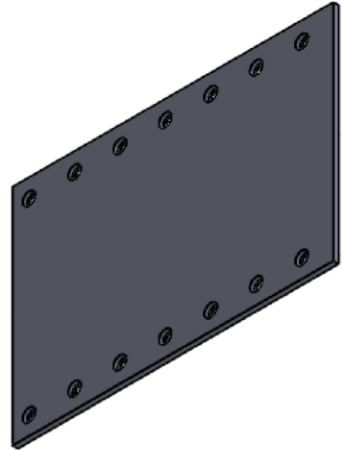
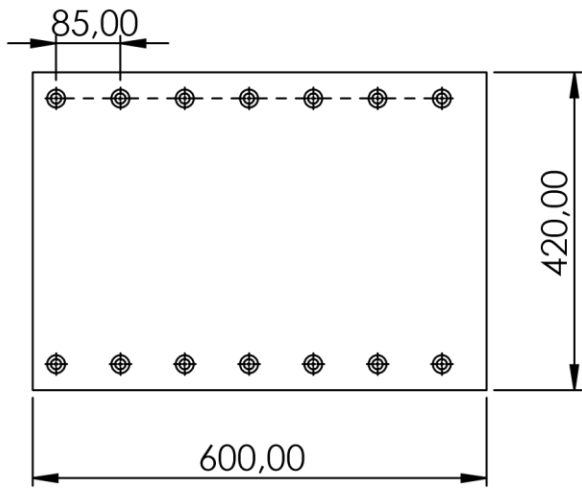
ECHELLE 1:10

UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA

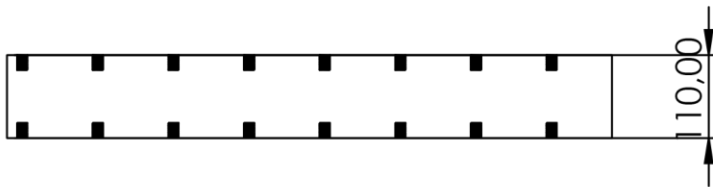
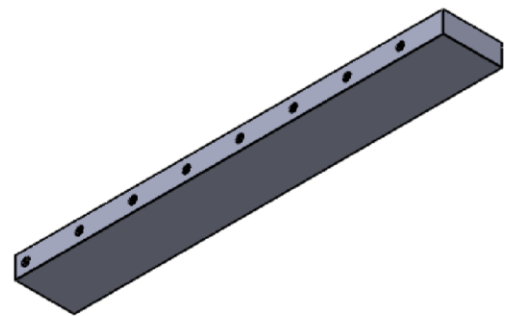
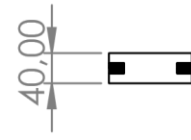
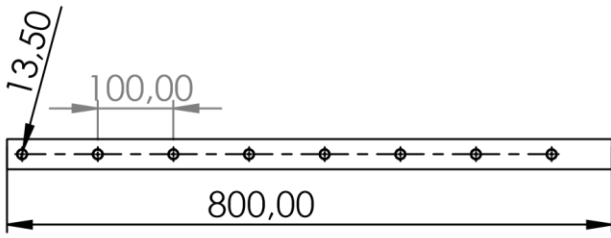
M2 FMP



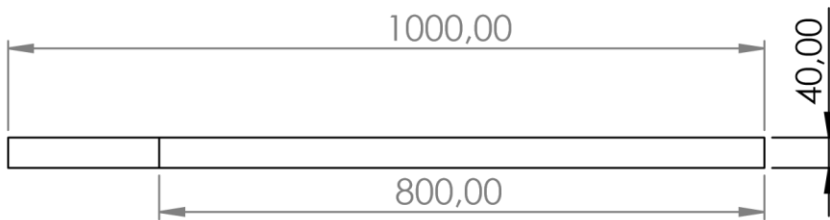
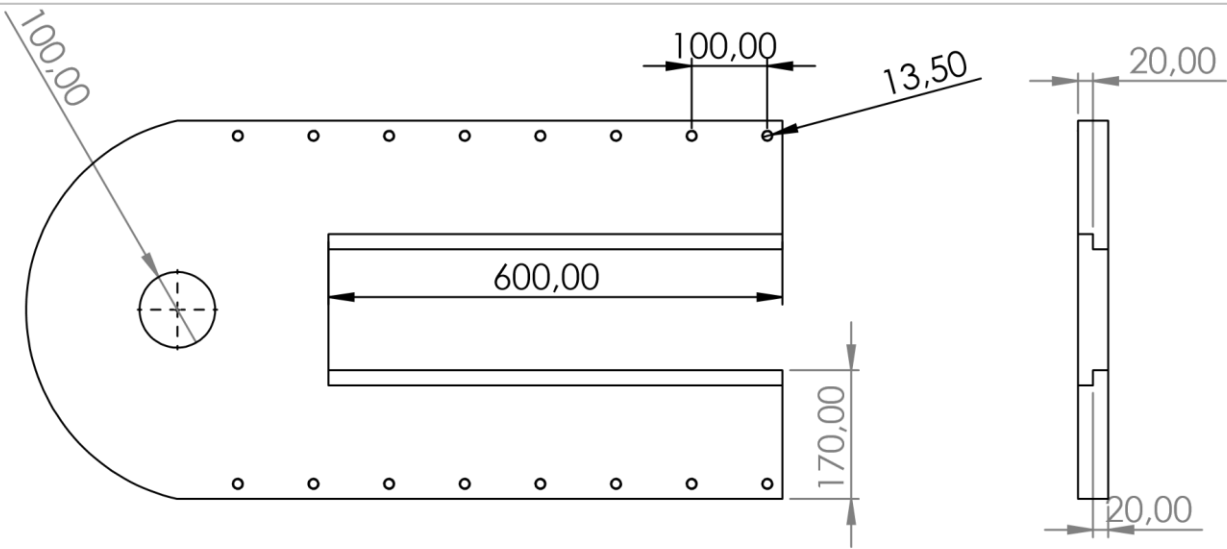
plaque inférieur



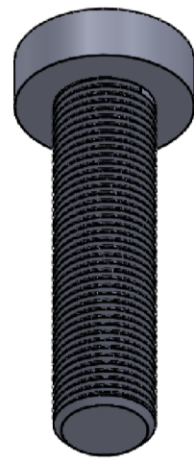
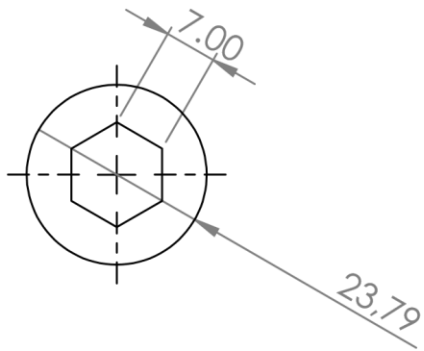
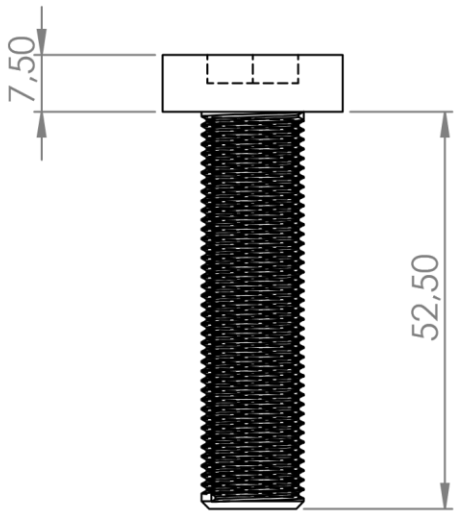
<p>ECHELLE 1:10</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>plaque intérieur</p>	
		<p>115</p>



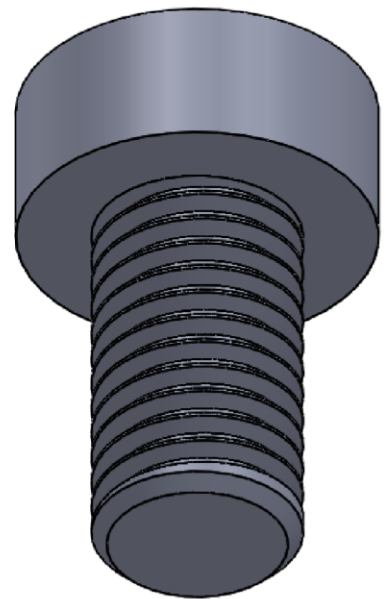
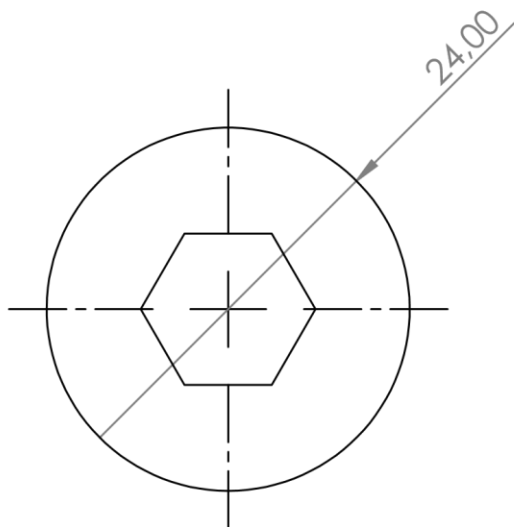
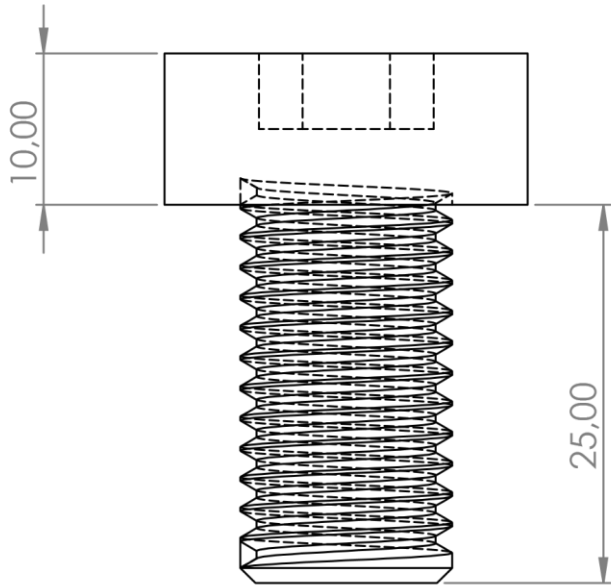
<p>ECHELLE 1:10</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>plaquette latérale</p>	
		<p>116</p>



<p>ECHELLE 1:10</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>plaque superieeur</p>	
		<p>117</p>



EHELLE 1:1	UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA	M2 FMP
	vis M12	
		118



<p>ECHELLE 2:1</p>	<p>UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA</p>	<p>M2 FMP</p>
	<p>vis M16</p>	
		<p>119</p>