

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la recherche scientifique
UNIVERSITE Abderrahmane MIRA BEJAIA
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : **Fabrication mécanique et productique**

Par :

AIT OUKLI Abderrahmane

HAMITRI Yanis

Thème

Etude de fabrication du châssis de scooter type « CUXI »
Chez VMS Industrie

Soutenu le 26/06/2018 devant le jury composé de:

Mr. BENSAID

Président

Mr. BELAMRI- A

Rapporteur

Mr. BOUTANI

Examineur

Année Universitaire 2017-2018

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu qui nous a donné la santé, la volonté et le courage d'accomplir ce travail.

Nous ne pouvons pas oublier de présenter notre gratitude à nos parents pour les efforts inlassables qu'ils ne cessent de déployer pour nous.

Nos vifs remerciements vont à Mr A, BELAMRI notre promoteur, pour son aide, ces critiques constructives, ses explications et suggestions pertinentes et pour la qualité de ses orientations tout au long de ce travail et pour avoir apporté tant de soins à la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également les membres de jury qui nous font honneur en acceptant d'examiner et de juger notre travail.

Nous tenons également remercier le personnel de VMS Industrie, pour nous avoir accueillies d'une façon très amical, et qui a mis tous les moyens nécessaire a notre disposition ce qui nous à permet de travailler dans les meilleures conditions.

Sans oublier l'équipe du hall de technologie de l'université de Bejaia

Que tous ceux qui ont contribués à notre formation trouvent ici l'expression de Nos sincère gratitude.

Enfin, un merci tout particulier à tous ceux qui nous ont apporté leur soutien.

Dédicace

A mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A mes chers frères et sœurs

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur de santé et de réussite.

A mes chers neveux et nièces

Je vous dédie ce travail et je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de réussite.

A ma chère fiancée

Ton soutien moral, ta gentillesse et ton profond attachement m'ont permis la réussite.

Je te dédie ce travail, que dieu nous réunisse pour un long commun serin.

A toute ma famille, mes proches et tous mes Amis

Abderrahmane

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à . . .

A ma très chère mère LUIZA

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A mon cher père FATTAH

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

A mon cher frère BILLAL & ma belle-sœur MARGEAUX

A mon cher frère AMIROUCHE & ma belle-sœur SABAH et leurs filles AMIRA & MAROVA

A ma très chère sœur NABILA & son mari YACINE et leurs filles MIRINA et NILIA

A ma très chère sœur SALWA & son mari NADIR

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous, vous êtes toujours dans mon cœur.

A ma chère fiancée KENZA

Ton soutien moral, ta gentillesse et ton profond attachement m'ont permis la réussite. Je te dédie ce travail, que dieu nous réunisse pour un long commun serin.

A toute ma famille, mes proches et tous mes Amis

Avec toute mon affection et mon respect, je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur et de réussite.

YANNIS

SOMMAIRE

Introduction générale	1
I. Généralité sur le scooter	
I.1 présentation de l'entreprise.....	2
I.2 Organisation de VMS industrie	6
I.3 Résumé de Mémoire sous thème (étude de résistance d'un chassis du scooter VMSCuxi).....	6
I.4 Résumé de Mémoire sous thème (Intégration de la fabrication du chassis du scooter au niveau de VMS Industrie)	7
I .5 Le scooter	10
I .6 Constituants d'un scooter	11
I.6.1 Le châssis	11
I.6.2 Le guidon	12
I.6.3 Les roues	12
I.6.4 Le moteur	12
I.6.5 Le disque de frein	12
I.6.6 La selle	12
II Procédés de fabrication	
Introduction	13
II .1 Le découpage	13
II .1.1La découpe laser.....	13
II .1.2Avantage de la découpe laser.....	14
II .2 La découpe plasma	14
II .2.1 Avantage de la découpe plasma.....	15
II .3 Cintrage des tubes	16
II .3.1 Procédé de travail.....	16
II .3.2 Techniques de cintrage	17
a- Cintrage par compression	17
b-Cintrage par enroulement	18

c- Cintrage par tension-rotation	19
d- CINTRAGE PAR POUSSÉE	20
e- Cintrage par cisaillement	21
II .4 Le soudage des tubes.....	22
4.1 Définition du procédé de soudage	22
II .4.2. Conditions d’installation de la liaison métallique	22
II .4.3 Activation des surfaces	22
II .4.4 Procédés industriels de soudage	23
II .5 Définition de soudage OA, au soudage Oxyacétylénique, au soudage chalumeau	23
II .5.1 Principe du soudage OA	23
II .5.2 Description de soudage OA	25
II .5.3 Le choix de la buse	25
II .5.4 Mode opératoire	26
II.5.5 Réglages et différents types de flammes.....	26
II.5.6 L’oxygène et l’acétylène.....	27
II.5.7 Sécurité autour du soudage OA.....	27

Chapitre III théories sur le cintrage

Introduction.....	29
III.1 Géométries et calcul mathématiques	29
III.2 Calcul de la longueur de cintrage (LC) d'un angle quelconque	29
III.3 calcul de l’allongement au cintrage (5).....	31
III.4 Problème due au cintrage des tubes.....	33
III.4.1 Le retour élastique.....	33
III.4 .1.1Définition	33
III.4.1.2 Calcul du retour élastique	33
III.4.1.3 Calcul d’angle de retour élastique avant le cintrage	34
III.4.1.4 Le rapporte entre l’angle de cintrage et le retour élastique	35

III.4.2 Le plissement.....	35
III.4.3 ovalisation.....	36
III.5 Pronostic du cintrage.....	37
CHAPITRE IV conception et fabrication de la machin	
IV .1Aperçu sur la machine	39
IV.1.1 Conception de notre machine	39
IV.1.2 Principe de fonctionnement.....	39
IV.2. Modélisation	40
IV.2.1 Aperçu sur SolidWorks 2016.....	40
IV.2.2 La CAO.....	40
IV.2.3 Modélisation des différentes pièces de notre cintreuse manuelle.....	40
IV.3 Assemblage des différentes pièces de notre cintreuse manuelle.....	47
IV.4 Simulation du comportement des principales pièces	48
IV.4.1 Principe de base de l'analyse.....	48
IV.4.2 Conditions aux limites et simulation	48
IV.4.3 Les étapes de simulation (simulation statique).....	48
IV.5 Simulation du comportement des différentes pièces principales de notre cintreuse.....	52
IV.6 Usinage des galets de notre cintreuse.....	62
GAMME D'USINAGE.....	63
Conclusion générale	66

Liste des figures

Figure I.1 Châssis du scooter Cuxi	7
Figure I.2 Les étapes de fabrication d'un châssis.....	8
Figure I.3 Gabarit de soudure du châssis Cuxi.....	19
Figure I.4 Positionnement de châssis sur le gabarit.....	9
Figure I.5 Sauterelle de fixation des tubes.....	10
Figure I.6 Constituants système de blocage.....	10
Figure I.7 Différents constituants d'un scooter.....	11
Figure I.8 ensemble de pièce de châssis Vms Cuxi	12
Figure II.1 Procéder faisant partie de la fabrication du châssis de scooter.....	13
Figure II.2 Principe d'une découpe laser	14
Figure II.3 Principe d'une découpe plasma.....	15
Figure II. 4 Cintrage d'un tube avec utilisation d'un mandrin interne.....	16
Figure II.5 types de cintrage.....	17
Figure II. 6 Schématisation du cintrage par compression.....	18
Figure II. 7 Schématisation du cintrage par enroulement.....	19
FigureII.8 Schématisation de cintrage tension rotation.....	19
Figure II.9 schématisation de cintrage par pousser.....	20
Figure II.10 plissement d'un tube pendant le cintrage	21
Figure II.11 cintrreuse par cisaillement.....	21
Figure II.12 soudage des tubes	22
Figure II.13	22
Figure II.14 pistolet chalumeau de soudeur.....	24
Figure II.15 principe de soudage OA (Oxygène et acétylène)	25

Figure II.16 schéma de la flamme du chalumeau	26
Figure III.1 cercle.....	30
Figure III. 2 Longueur du cintrage.....	31
Figure III. 3 Retour élastique lors du cintrage d'un tube.....	33
Figure III. 4 Tube en retour élastique.....	34
Figure III.5 Evolution schématique de la caractéristique du retour élastique. (5).....	35
Figure III. 6 Plissement d'un tube.....	36
Figure III. 7 Rapports de force lors du cintrage.....	37
Figure III. 8 Limites techniques de la déformation par cintrage (7).....	38
Figure IV. 1 principe de fonctionnement de notre cintreuse, (a) avant la déformation, (b) après déformation.....	39
Figure IV.2 Socle de notre machine.....	40
Figure IV.3 Grand galet de diamètre 130mm.....	41
Figure IV.4 Petit galet de diamètre 80mm.....	41
Figure IV.5 Bras de la cintreuse de longueur 1m.....	42
Figure IV.6 Axe pivot du grand galet.....	43
Figure IV.7 Axe pivot du petit galet.....	44
Figure IV.8 Axe de la poignée	44
Figure IV.9 Plaque d'accompagnement de tube.....	45
Figure IV.10 Chemise guide tube à cintrer.....	46
Figure IV.11 Plaque d'appui de tube.....	47
Figure IV.12 Gousset d'appuis de 3mm d'épaisseur.....	47
Figure IV.13 cintreuse assemble sur solidworks 2016.....	48

Figure IV.14 modèle à simuler.....	49
Figure IV.15 Déplacement imposé.....	49
Figure IV.16 chargement externe.....	50
Figure IV.17 le maillage.....	50
Figure IV.18 les contrainte Von Mises	51
Figure IV.19 le déplacement.....	51
Figure IV.20 coefficient de sécurité.....	52
Figure IV.21 Fixation au niveau es alésages des axes pivots.....	53
Figure IV.22 Force de 490N, appliquée sur l'extrémité de la barre	53
Figure IV.23 maillage de bras de la cintreuse.....	53
Figure IV.24 le déplacement.....	54
Figure IV.25 coefficient de sécurité.....	54
Figure IV.26 Coefficient de sécurité	55
Figure IV.27 Coefficient de sécurité	56
Figure IV.28 déplacement.....	56
Figure IV.29 représentation des forces appliqué et le maillage.....	57
FigureIV.30 Déplacement	57
Figure IV.31 Coefficient de secrétéé.....	58
Figure IV.32 Maillage et effort externe.....	59
Figure IV.33 Déplacement.....	59
Figure IV.34 Coefficient de sécurité.....	60
Figure IV.35 maillage et charge externe.....	61
Figure IV.36 déplacement.....	61

Introduction

Introduction générale

Actuellement les deux roues motorisées constituent un moyen de transport de plus en plus important. En effet derrière ces performances se cache tout un travail de conception et de fabrication autour de ce véhicule, notamment celle liée à son châssis.

Le châssis d'un scooter joue un rôle capital dans les performances du véhicule. C'est pourquoi il est toujours le centre des recherches effectuées dans le domaine mécanique dans le but d'améliorer ces performances.

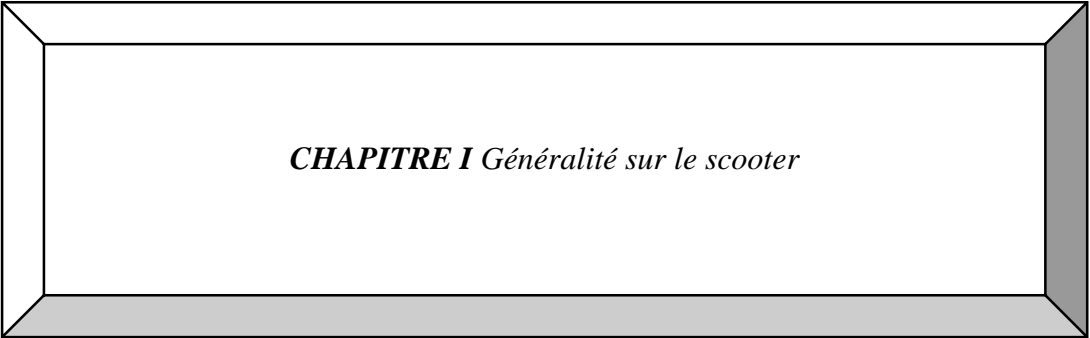
Notre recherche consiste à mettre un travail préliminaire du procédé de cintrage pour la fabrication du châssis de scooter de chez VMS industrie, entreprise spécialisée dans le montage de différents types de scooter à deux roues et à trois roues et de quads, les pièces sont importées de l'étranger, pour le moment, mais dans le cadre de l'intégration et de développement, l'entreprise envisage de créer un atelier de fabrication de son propre châssis pour l'un des modèles de ces scooter afin de pouvoir éliminer les problèmes d'importation de ce dernier tel que le coût et temps.

En 2016 l'entreprise a signé une convention avec l'université de Bejaia pour la réalisation et l'accompagnement de ce projet.

Notre travail consiste principalement de proposer une cintreuse de tubes de châssis du scooter type VMS Cuxi afin de le fabriquer au sein de l'entreprise VMS Industrie.

L'étude de ce projet se compose de quatre chapitres présentés comme suit :

Le chapitre 1 englobera des généralités sur le scooter CUXI afin de mieux situer notre travail, le chapitre 2 nous avons mis les procédés de fabrication du châssis à base de tubes puis le chapitre 3 traitera le procédé de cintrage du point de vue théorique pour passer en fin, dans le chapitre 4, à une conception et réalisation d'un modèle de cintreuse afin de faire des tests de cintrage et définir le comportement du tube en déformation plastique lors de cette opération.



***CHAPITRE I** Généralité sur le scooter*

Introduction

Pour cette année, notre travail consiste à étudier l'opération de cintrage des tubes du châssis.

L'objectif étant la production en grande série de ce modèle, la compréhension théorique et pratique de ce procédé est très importante ce qui nous a amené à étudier les paramètres et calculs théoriques de cintrage d'un tube en acier de diamètre et d'épaisseur connus, puis et afin de valider nos calculs nous avons conçu et fabriqué un modèle simple de cintrage de tube, ce qui permettra de mieux comprendre ce procédé et d'étudier de manière précise la fabrication du châssis suivant la disponibilité des tubes sur notre marché Algérien.

I.1 Présentation de l'entreprise

VMS industrie (Viva Motors Saigh) est un fabricant de motos en moyenne série sis à Ighzer Amokrane, La SARL familiale dénommée TRADER LINE a été créée en 2006. Son activité principale est l'importation et distribution de cycles, motos, tricycles et pièces de rechange automobile.

En juillet 2014, une deuxième société a été créée et spécialisée dans le montage de scooters, motos, vélos, quads et tricycles au nom de SARL VMS INDUSTRIE. Cette dernière est rentrée en production depuis Janvier 2015 provisoirement dans des locaux sis à Hellouane Ouzellaguene.

La SARL VMS INDUSTRIE représentée à l'échelle nationale par :

- 38 concessionnaires répondant aux normes de trois (03) S : Spart Part (pièces détachées), Showroom et Service Après-Vente, répartis sur les quatre régions du pays,
- Cinq (05) partenaires sous-traitants locaux (transports, mécano-soudure et fabricant de cellules isotherme...)
- Une convention de coopération avec l'université d'Abderrahmane Mira de Bejaia.

a. Objectifs et perspectives de l'entreprise

La SARL VMS INDUSTRIE a atteint ses objectifs pour l'année 2016 en produisant 2400 à 4800 unités en Septembre 2017, avec un taux d'intégration local progressif, en employant un effectif de plus de 120 salariés entre ingénieurs, techniciens et stagiaires.

L'objectif est d'atteindre les 8500 unités avec un complément de recrutement d'une cinquantaine de techniciens et agents de maîtrises pour l'année 2018, et 12 000 à 13 000 jusqu'à 20 000 unités pour l'année 2019 avec un effectif de plus de 2500 salariés.

La SARL VMS INDUSTRIE vise un changement et un renforcement durable des attitudes des clients en rentrant en collaboration avec des constructeurs internationaux **KEEWAY, BENELLI, et TVS MOTOR** en partageant leur savoir-faire dont :

- a- Accompagnement technique (Pré-montage, montage et maintenance...).
- b- Transfert de technologie (Formation continue).
- c- Accompagnement pour le taux d'intégration (Schémas, gabarits et moules de soudure).
- d- Accompagnement dans la stratégie marketing (Site web, page Facebook, Twitter...).
- e- Accompagnement techno-commercial.
- f- Organisation de séminaires et participations aux foires.

Présentation du site de production :

Cette unité de production pour le montage de cycles, motocycles, tricycles se compose de bureau, magasins, showrooms pour exposition et vente ainsi qu'un atelier de production.

Le processus de montage de cyclomoteurs se fait en trois phases comme suit

Le pré-montage :

- Montage de boîtier de lumière.
- Montage de faisceaux électriques et câbles.
- Montage de la fourche de suspension.

Montage sur chaîne :

- Montage de différents éléments sur châssis.
- Montage du carburateur, filtre à air et autres appareils électriques sur le moteur.
- Montage des roues et du système de freinage.

b. Contrôle et Test

C'est la phase finale qui à contrôler les qualités mécaniques et technique du produit à travers la vérification des différents éléments et pièces qui le compose tels que :

- Vérification de lumières.
- Système de freinage.

- Suspension et équilibrage.
- Contrôle de roue.
- Test de charge.
- Essais mécaniques sur piste.

Quelques produits de l'entreprise :

Parmi les différents produits de VMS industrie on distingue :

- ✓ Produits pour handicapé (scooter électrique, fauteuil électrique)
- ✓ ATV (Quads)
- ✓ Tricycles
- ✓ Scooter classique (CUKI technologie YAMAHA).



VMS Driver



VMS puma



Benelli TRk

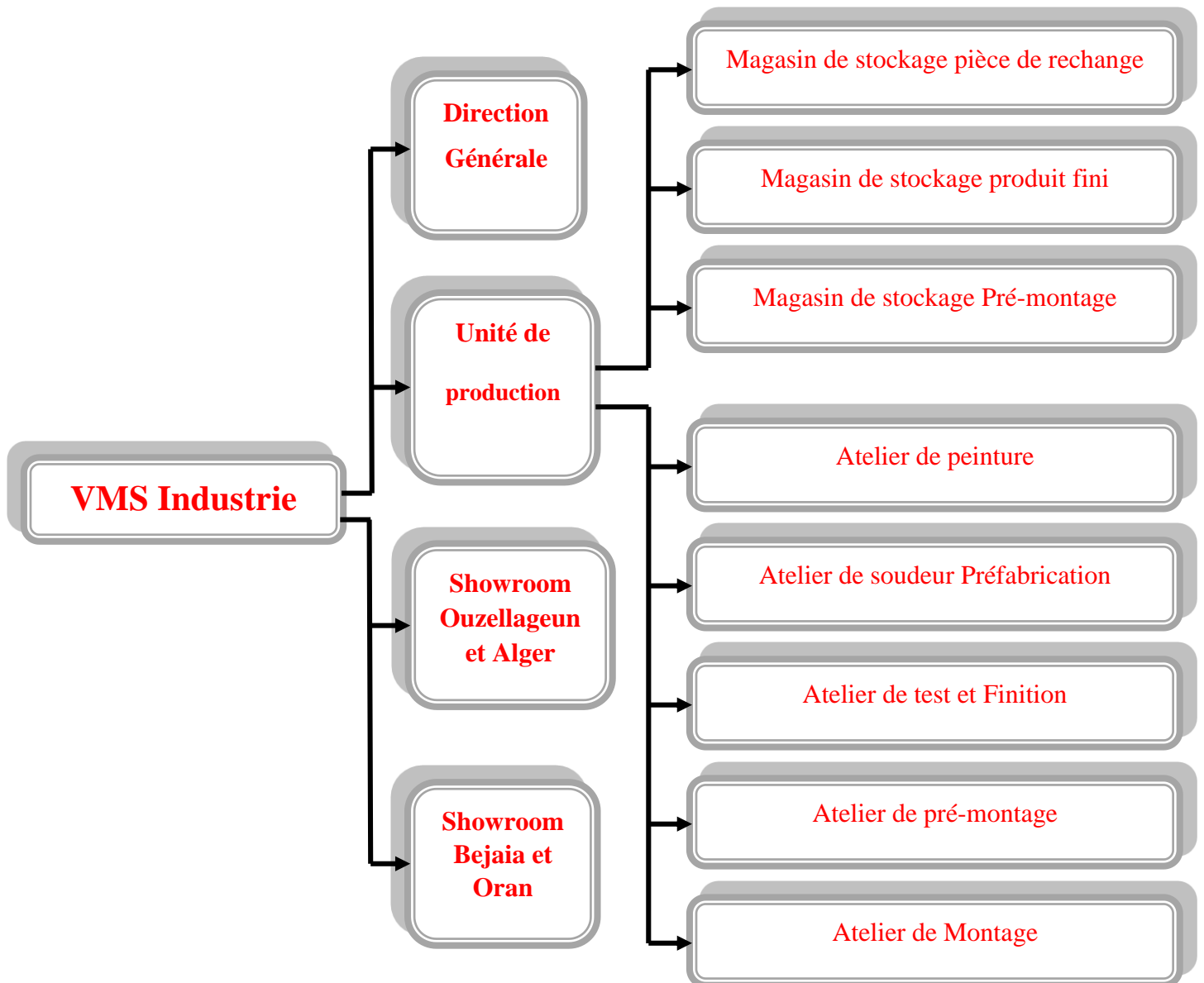


Quads different



VMS Cuxi Technologie YAMMAHA

I.2 Organisation de VMS industrie



Objet du travail

Notre travail est la suite d'un travail déjà entamé l'année passer (2016/2017) par les étudiants **ADJOUATI Sakina** et **BENYAHIA Amar** Dont le thème été **étude de résistance d'un chassis du scooter VMS Cuxi**.

Et un autre thème sur la production de son gabarit fait par les étudiants **BARACHE Redouane** et **NAIT MOHAND Adel** dont le titre de leur mémoire est **Intégration de la fabrication du châssis du scooter au niveau de VMS industrie.**

Le premier travail consistait à la vérification de la résistance du châssis du scooter sur deux logiciels SolidWorks et Ansyse, le résumé de leur étude été comme suit

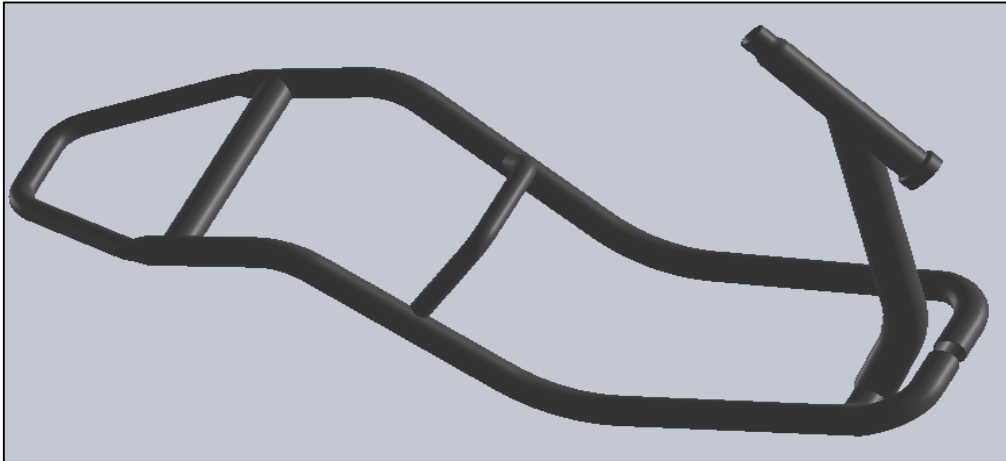


Figure I.1 Châssis du scooter Cuxi

La figure **I.1** montre les résultat du travail de nos collègue ou nous remarquons que suivant les deux logiciel le châssis présente le coefficient de sécurité assez appréciable , sachant que les deux logiciel utiliser des méthodes de calcul différents (poutre 3D de TIMOCHENKO, model surfacique Cage mince, méthode des éléments finie).

Ce constat nous permet de comprendre que la conception du châssis est très appréciable ne demande pas de correction mais plutôt une amélioration.

le second travail consiste a élaboré une méthode de fabrication du châssis.

Nos collègue en fait une étude du chassiss d'un scooter VMS Cuxi et les procédés de sa fabrication en commencante par une généralité des constituants d'un scooter et les procédés de fabrication du chassiss

Après la decoupe, les tubes le subissent l'opération de cintrage, puis l'assemblage de tous les constituants du chassiss par les procédés de soudage comme indique sur le shéma ci dessou :

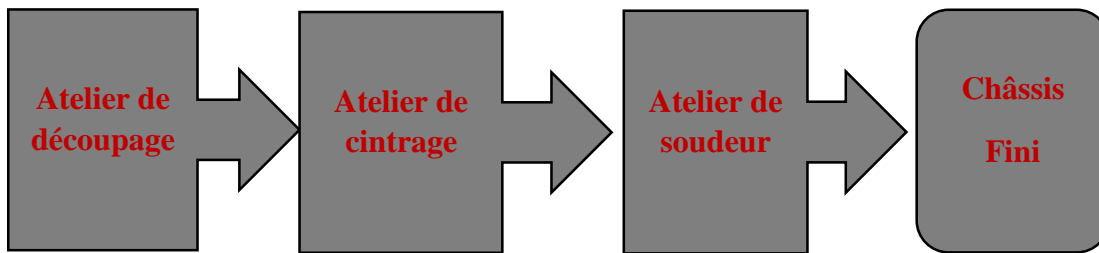


Figure I.2 Les étapes de fabrication d'un châssis

En terminant leurs travaux en construisant un gabarit de soudage qui nous permet d'assembler tous les pièces de ce châssis ce dernier est fixé sur terre avec des vis de béton . il est constitué d'emplacement des pièces à souder et de sauterelles de fixation des tubes , plaques de blocage et plaques de guidage .

D'une manière générale leurs travaux nous permettent d'assembler et de souder toutes les pièces d'un châssis VMS Cuxi dans une durée de temps courte grâce à ce gabarit .

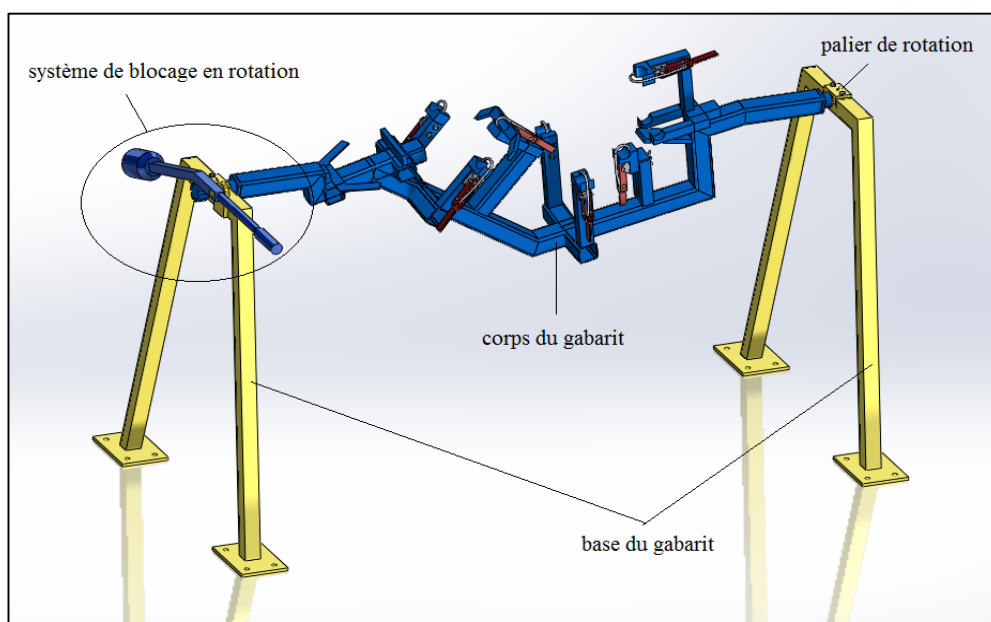


Figure I.3 Gabarit de soudure du châssis Cuxi

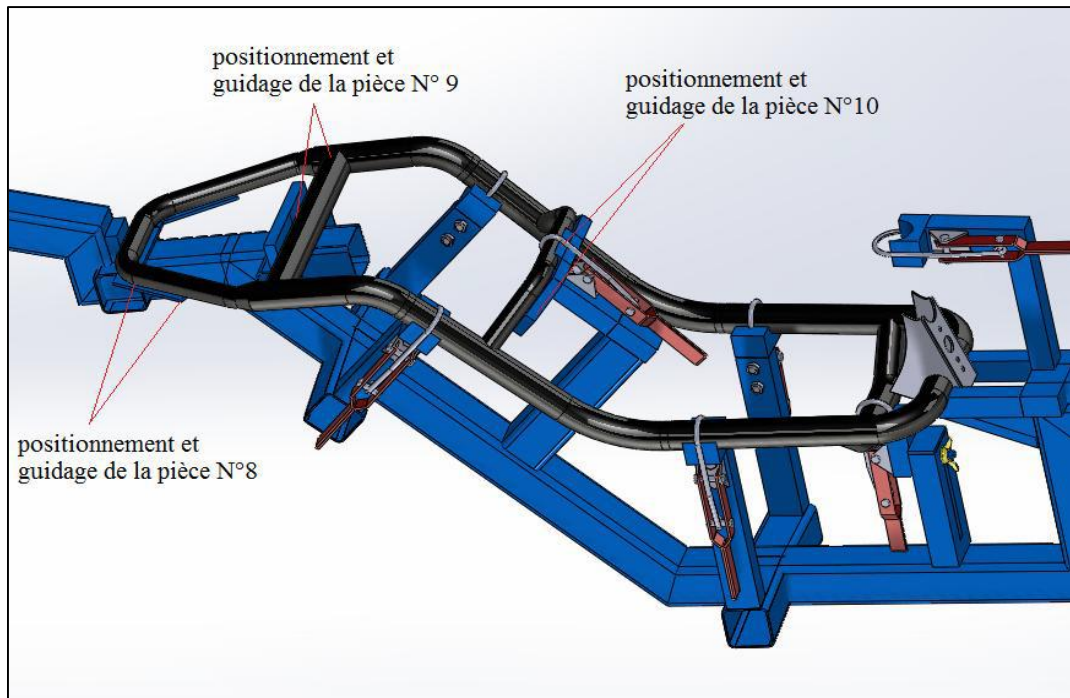


Figure I.4 Positionnement de châssis sur le gabarit

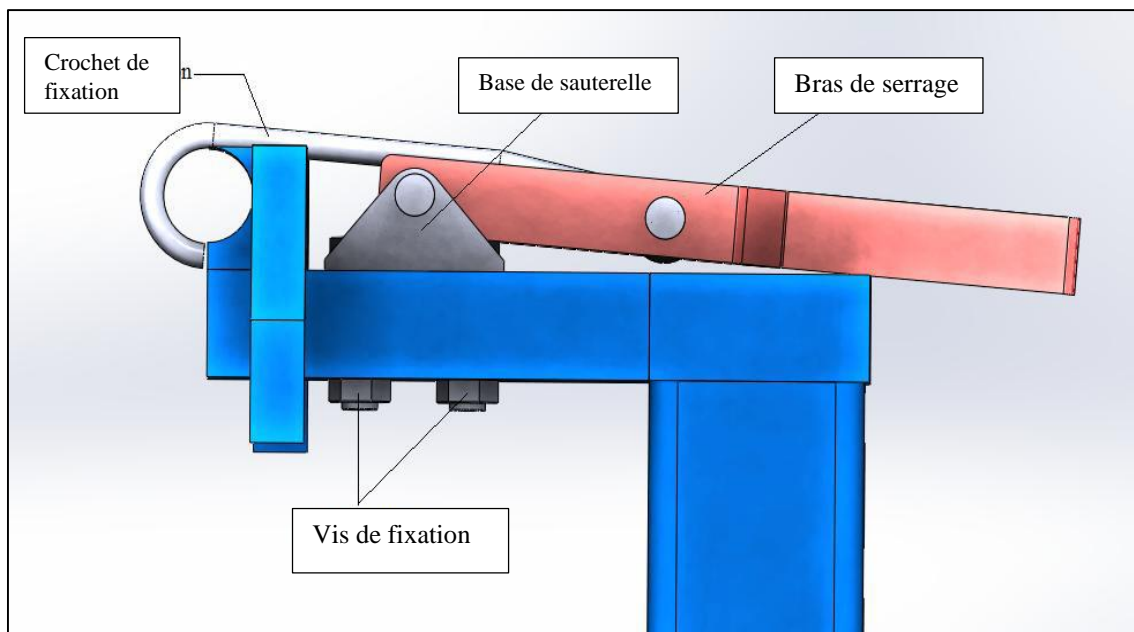


Figure I.5 Sauterelle de fixation des tubes

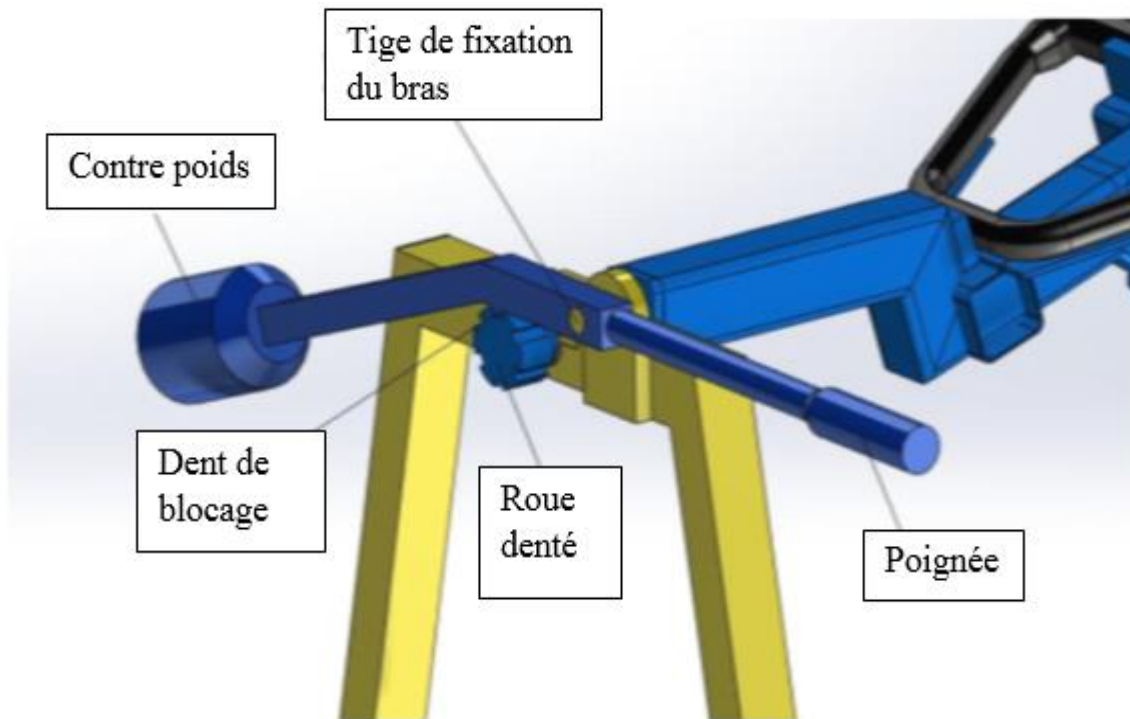


Figure I.6 Constituants système de blocage

I .5 Le scooter

Un scooter est un véhicule motorisé routier à deux ou trois roues caractérisées par des roues de faibles diamètres, un cadre ouvert formant le planché (un large espace entre les roues permet d'y placer les pieds et éventuellement des bagages) et, un carénage et d'un châssis. Selon sa cylindrée, le scooter entre dans la catégorie des cyclomoteurs, jusqu'à 50 cm^3 ou des motocyclettes au-delà de cette cylindrée.



Figure I.7 Différents constituants d'un scooter

I.6 Constituants d'un scooter

I.6.1 Le châssis

Le châssis est une structure rigide à laquelle tous les éléments constituant un véhicule sont fixés, (moteur, réservoir, selle, etc....) Le châssis désigne l'ensemble des structures participant à la fonction de roulage du scooter en prenant appui sur les roues par l'intermédiaire des suspensions.

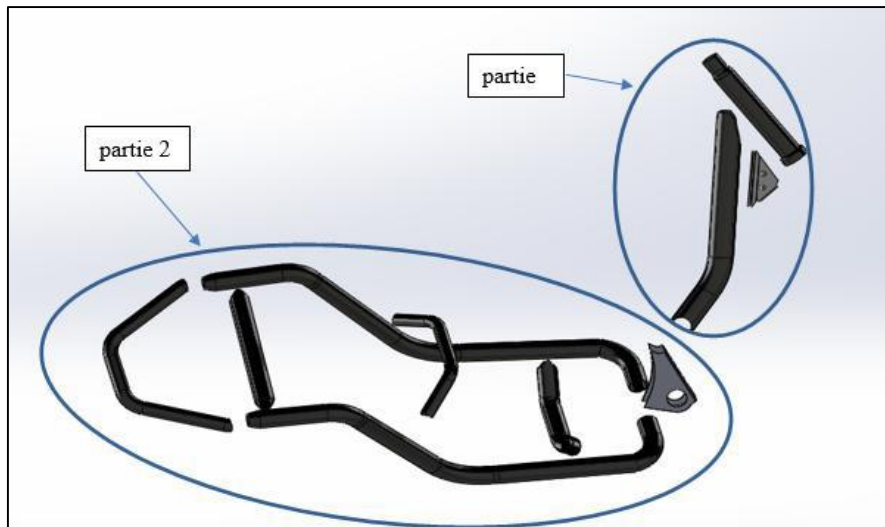


Figure I.8 Ensemble de pièce de châssis Vms Cuxi

I.6.2 Le guidon

Il sert à orienter la roue avant et par là même, à contrôler la trajectoire.

I.6.3 Les roues

Les roues, c'est la partie qui assure la relation entre le véhicule en mouvement et la terre. Les roues de scooter sont le plus souvent à rayons en acier, comme les motos « classiques ». Les roues sont équipées de pneus à surface ronde pour maintenir la motricité lorsque le scooter est penché. Les pneus avant et arrière doivent absolument avoir la même structure.

I.6.4 Le moteur

Les scooters généralement sont équipés d'un moteur dit (moteur à deux temps), son rôle consiste à donner de la puissance aux roues afin de déplacer le scooter d'un point à un autre, la consommation du carburant génère de la chaleur qui est ensuite transformé en énergie cinétique.

I.6.5 Le disque de frein

C'est un système de freinage performant pour les véhicules munis de roues en contact avec le sol, il sert à diminuer la vitesse du scooter par frottement entre le disque et les plaquettes de frein, et cela en transformant l'énergie cinétique du scooter en chaleur.

I.6.6 La selle

Une selle de scooter est la partie sur laquelle le conducteur, et son éventuel passager s'assoit. La selle peut être pour une seule personne ou bien double pour servir au conducteur et au passager.



CHAPITRE II PROCEDES DE FABRICATION DU CHASSIS

II Procédés de fabrication

Introduction

La fabrication d'un châssis de scooter passe par plusieurs procédés, la matière première est constituée essentiellement de profilés tubulaires en acier. La première étape consiste à la découpe des tubes. Deuxièmement, les tubes subissent l'opération de cintrage. A la fin tous les constituants du châssis seront assemblés par le procédé de soudage.

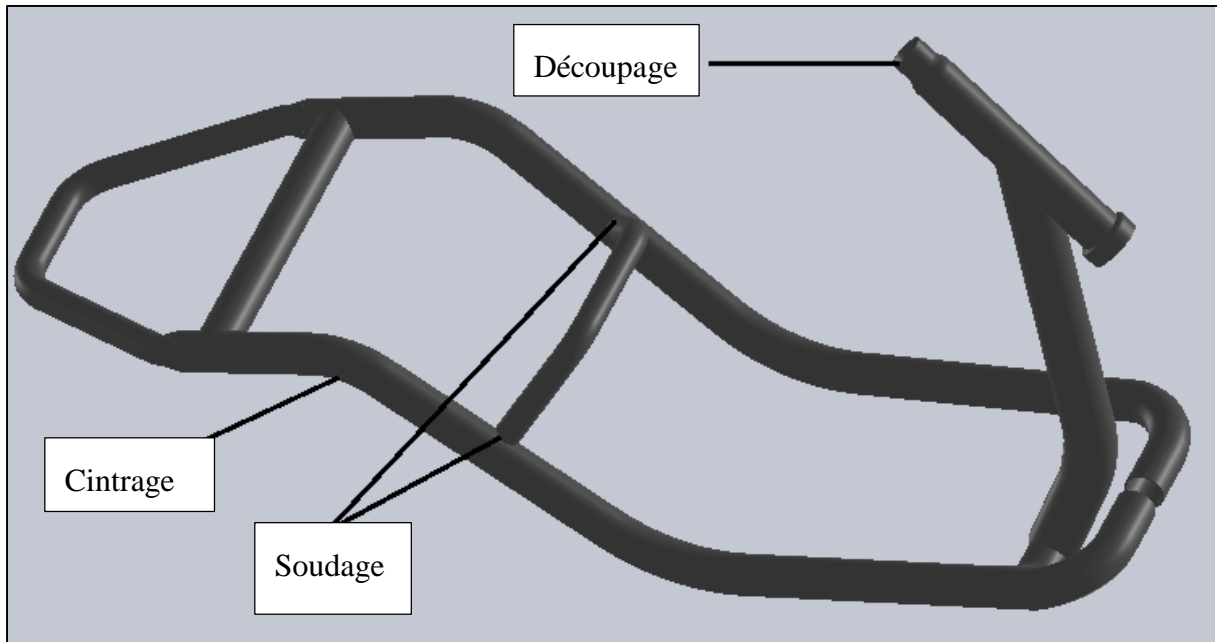


Figure II.1 Procéder faisant partie de la fabrication du châssis de scooter

II .1 Le découpage

II. 1.1 La découpe laser

Le découpage laser est un procédé de fabrication qui utilise un laser pour découper la matière (métal, bois...) grâce à la grande quantité d'énergie concentrée sur une très faible surface. Aujourd'hui, les lasers à source CO2 sont les plus utilisées, permettant de découper bien plus de matériaux et une vitesse plus élevée.

Une installation de découpe laser peut-être séparée en deux parties distinctes, une source laser et une tête de découpe. La source laser est elle-même constituée de trois éléments présentés sur la figure II. 2, un milieu actif, un mécanisme de pompage et un résonateur optique. Les lasers permettent d'obtenir une lumière monochromatique et unidirectionnelle en faisceau fin [1].

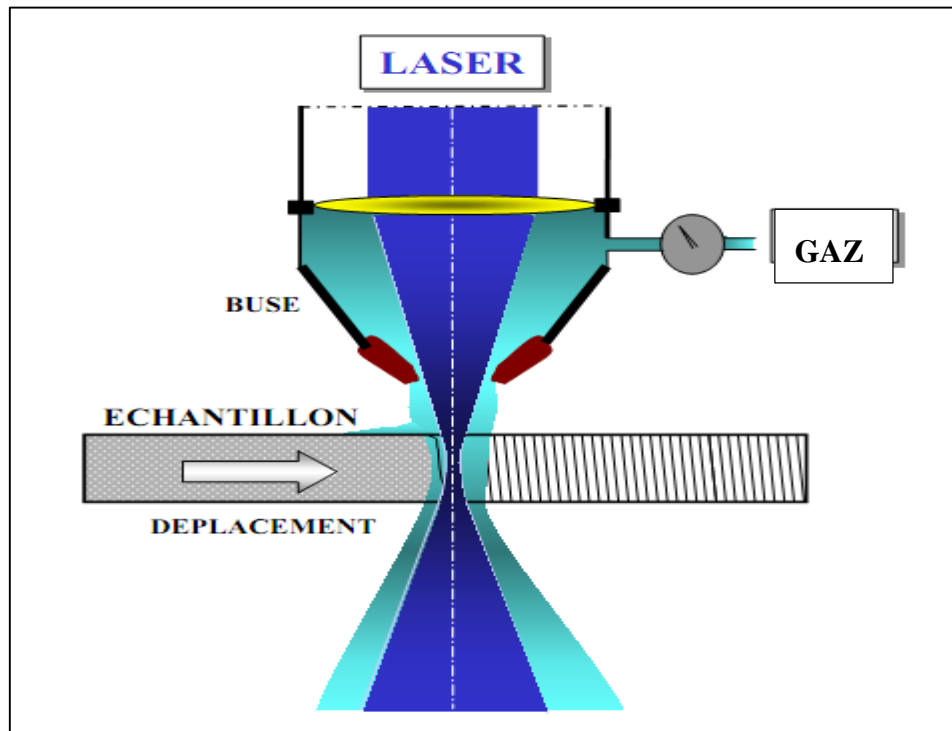


Figure II.2 Principe d'une découpe laser

II .1.2 Avantage de la découpe laser

- Grande précision des composants dans le secteur des épaisseurs de tôle fines.
- Découpage de très petits trous, d'étroits supports, de géométries aux angles aigus, réalisation de contours de composants complexes.
- Arêtes de coupe rectangulaires.
- Très faible largeur de la rainure de coupe (0,2 mm à 0,4 mm).
- Grande vitesse de découpage dans le secteur des tôles fines.

II .2 La découpe plasma

Le découpage plasma s'apparente au soudage par l'aspect de la torche, le découpage plasma diffère par les mélanges gazeux utilisés. Le jet de plasma est généré par l'arc électrique qui s'établit entre une électrode intérieure à la torche de coupage et la pièce.

Le mélange gazeux ionisé à la sortie de la tuyère forme le plasma. Le pouvoir calorifique du jet provoque une fusion quasi instantanée qui se propage dans toute l'épaisseur de la pièce.

Le découpage plasma est principalement utilisé par les entreprises du secteur de la métallurgie. Il permet la découpe de tôles en métal sur des épaisseurs de 0 à 70 mm avec une précision de plus ou moins 0,2 mm sur une machine de découpe plasma, la température est

extrêmement élevée faisant fondre instantanément le métal. Tandis que le gaz sous pression chasse au fur et à mesure les gouttelettes de métal en fusion. L'usage de la torche de découpe au plasma doit se faire impérativement dans des locaux spécialement ventilés ou en plein air à cause de dégagement de gaz toxiques généré par les très hautes températures de travail. Certains systèmes de découpe au plasma comprennent un apport d'eau sous forme d'un jet calibré qui, jaillissant de la torche plasma, permet de refroidir le métal sitôt après sa découpe plasma, évitant également le dégagement de ces gaz toxiques.

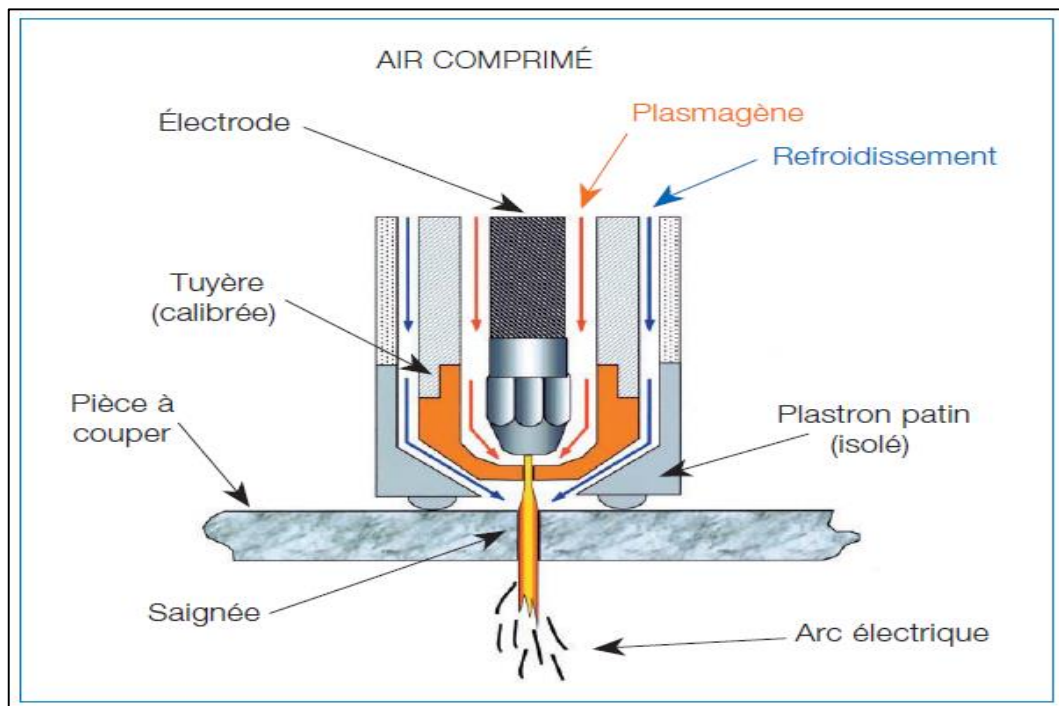


Figure II.3 Principe d'une découpe plasma

II .2.1 Avantage de la découpe plasma

- Exigences minimales en matière de nature du matériau et d'environnement de travail.
- Grandes vitesses de découpage dans le secteur des épaisseurs de tôle fines à moyennes
- Vitesses de découpage plus importantes dans le secteur des épaisseurs de tôle moyennes à grandes qu'avec le procédé laser.
- Matériaux coupables quasiment sans retouches (sans bavures).
- Excellente aptitude dans le secteur de l'acier de construction d'épaisseur fine à moyenne (jusqu'à 30 mm).
- Découpage d'aciers de construction très résistants avec faible apport thermique

II .3 Cintrage des tubes

Le cintrage est un façonnage sans enlèvement de copeaux, à l'aide ou sans l'aide de chaleur, dans lequel une partie de la matière d'œuvre est définitivement portée, tout en conservant autant que possible sa section, de sa position originelle dans un autre sens.

II .3.1 Procédé de travail

Dans le cintrage, une partie plus ou moins large de la matière est portée dans une autre direction par l'intervention d'une force manuelle ou mécanique (force de flexion) appliquée sur un point déterminé (pliage) ou appliquée continuellement sur plusieurs points tout près, l'un de l'autre, (cintrer et torsader).

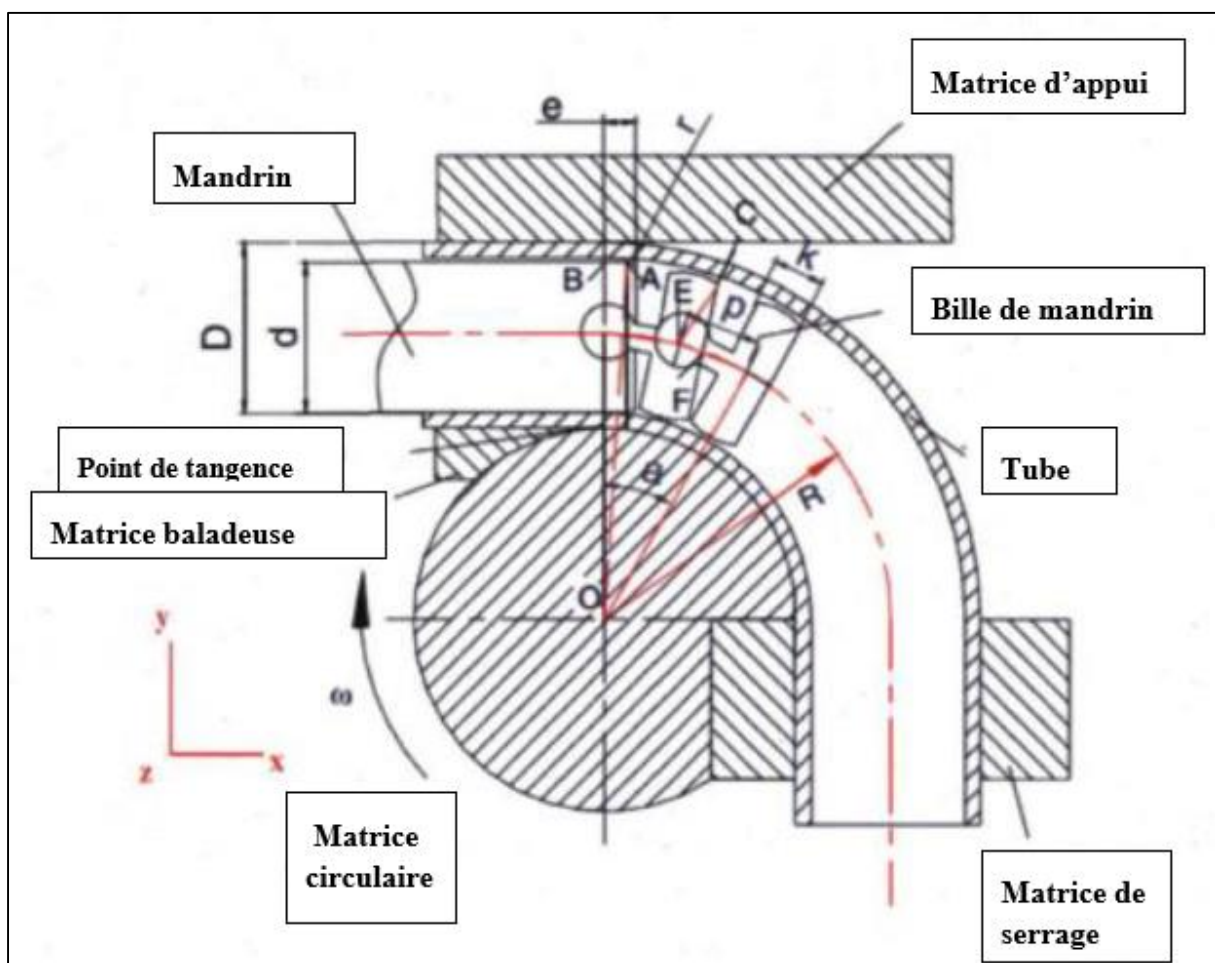


Figure II. 4 Cintrage d'un tube avec utilisation d'un mandrin interne

Le mandrin est constitué de billes qui sont jointes les unes aux autres par des rotules. Cette caractéristique permet au mandrin d'être légèrement courbé lors du procédé. Ces billes sont fixées à la tige d'un vérin qui permet le déplacement du mandrin.

Si la forme désirée est circulaire, l'utilisation d'un mandrin interne peut être nécessaire.

II .3.2 Techniques de cintrage

Il existe plusieurs techniques de cintrage de tube chacune présente un fonctionnement différent qui induit des déformations au tube en fonction des dimensions de celui-ci ou du matériau utilisé.

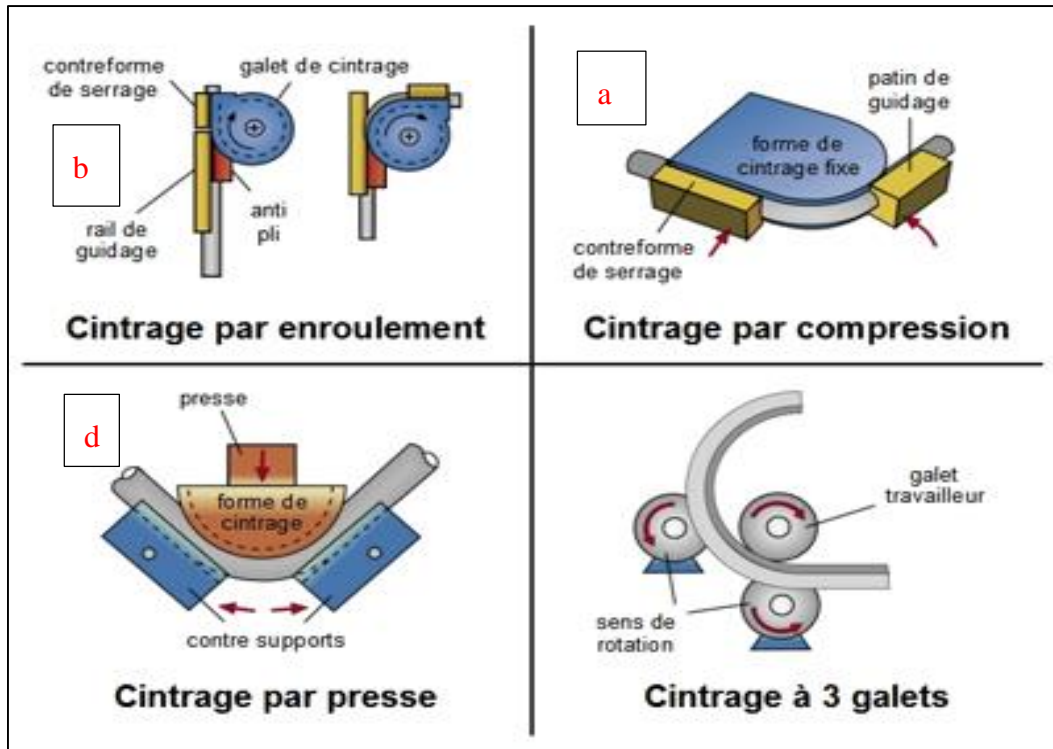


Figure II.5 Types de cintrage

a- Cintrage par compression

Le cintrage par compression est la méthode la plus utilisée. Cette technique utilise une matrice circulaire qui se déplace linéairement et deux supports sur pivot.

Lors de l'activation de la cintreuse, la matrice circulaire pousse sur le tube à l'endroit où le pli doit être formé. Les supports sur pivot effectuent un mouvement qui cause la déformation du tube. L'utilisation du mandrin interne est impossible dans le cas du cintrage par compression car la propagation de la déformation s'effectue à partir du centre du pli.

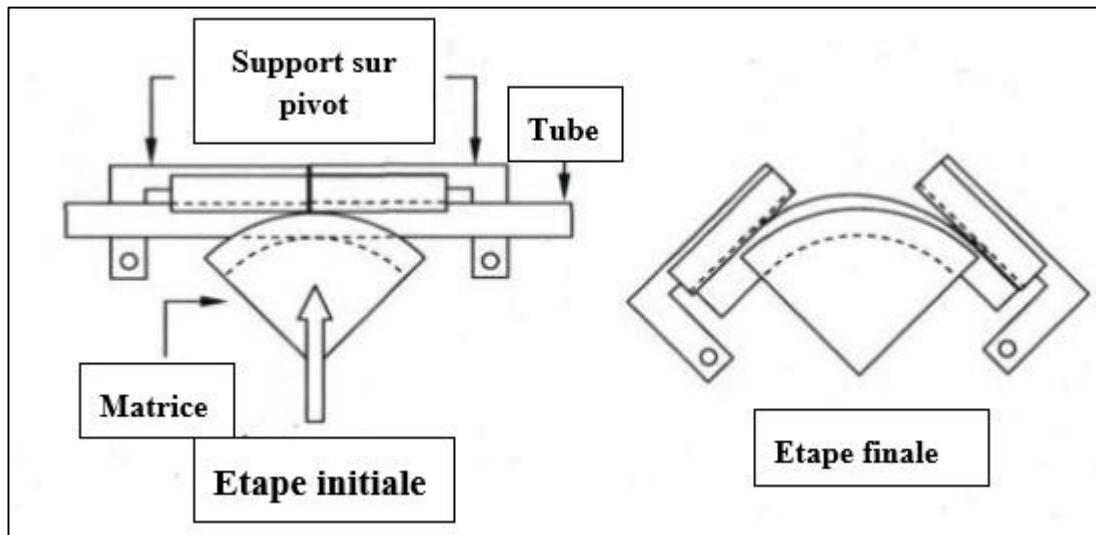


Figure II. 6 Schématisation du cintrage par compression

b-Cintrage par enroulement

Le cintrage par enroulement consiste à balayer le tube le long d'une forme circulaire à l'aide d'une matrice baladeuse. La Figure II. 7 présente un schéma de la machine utilisée pour ce procédé.

Le tube est coincé entre la matrice circulaire et la matrice de serrage. Par la suite, la matrice baladeuse contourne la section circulaire, ce qui a pour effet de plier le tube selon le rayon de courbure désiré. Dans le cas de ce type de cintrage, le pli est formé à partir de la fin, en comparaison avec le cintrage par compression, où le pli est produit à partir du centre. Cette caractéristique limite grandement l'utilisation d'un mandrin interne. En effet, un petit rayon de courbure et un grand angle de pliage demanderait un mandrin long et très flexible.

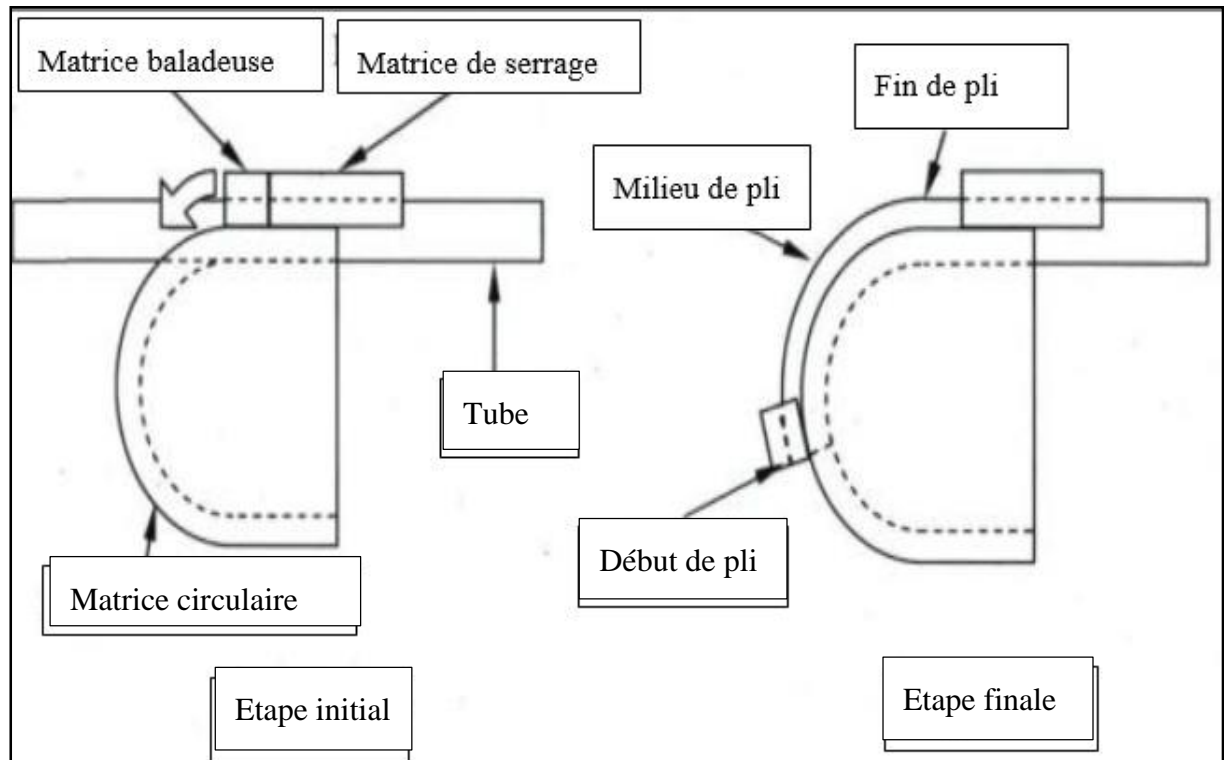


Figure II. 7 Schématisation du cintrage par enroulement

c- Cintrage par tension-rotation

La cintreuse par tension-rotation utilise principalement une matrice circulaire, une matrice d'appui, une matrice de serrage. La figure II. 8 présente les composants principaux d'une cintreuse par tension-rotation.

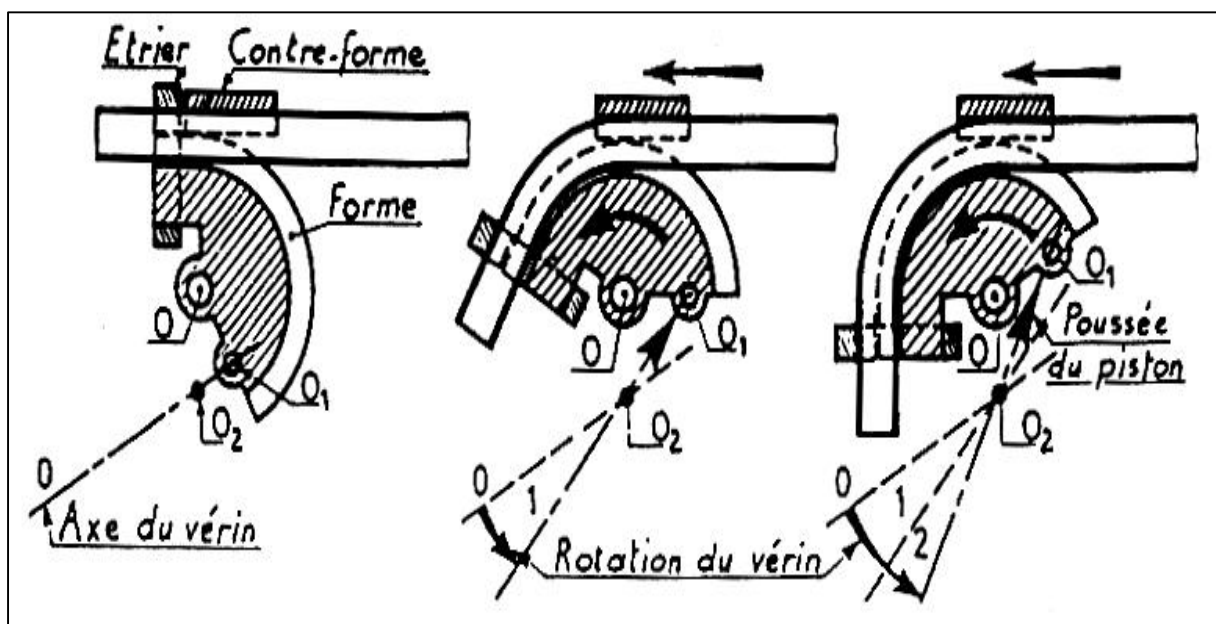


Figure II. 8 Schématisation de cintrage tension rotation

d- Cintrage par pousser

Le tube est maintenu par deux appuis fixes, en son centre par la pression d'une forme mobile, entraînée par un vérin hydraulique.

Les dernières générations de cintruses permettent de cintrer le tube par poussée. Cette technique permet de combiner sur une même pièce des rayons courts ($RM < 5xD$) et des grands rayons ($RM > 5xD$).

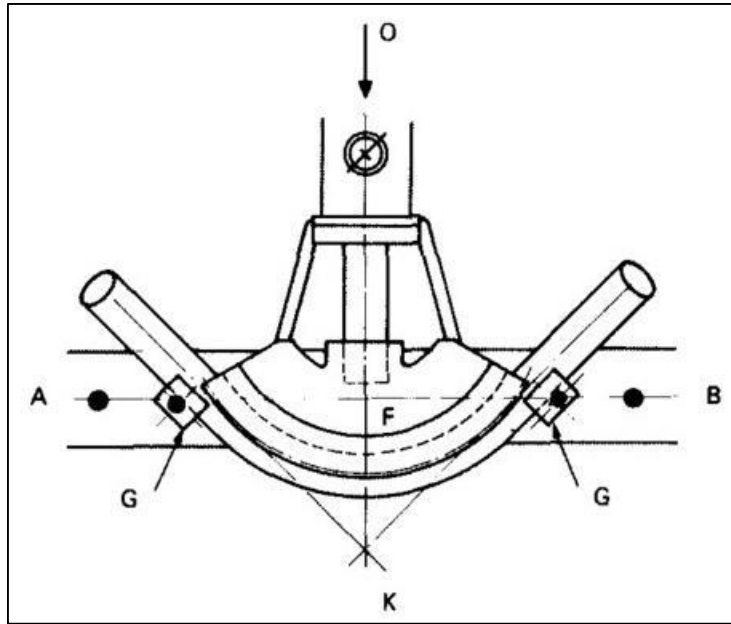


Figure II.9 schématisation de cintrage par pousser

Remarque :

Pour éviter l'aplatissement durant l'opération de cintrage des tubes, on remplit ces derniers soit :

- Par du sable
- La résine
- Ou bien par les alliages à bas point de fusion

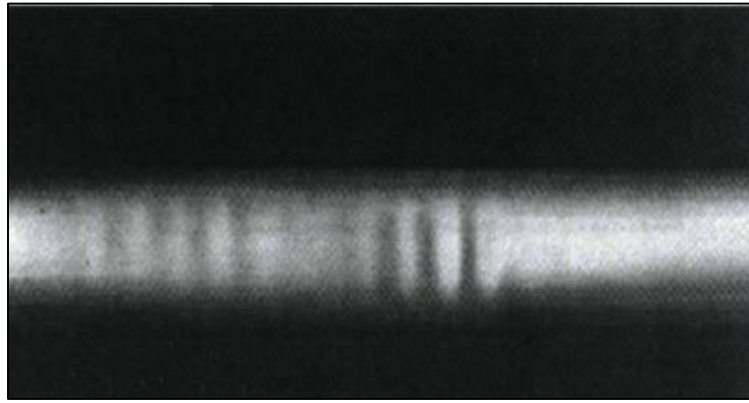


Figure II.10 plissement d'un tube pendant le cintrage

d-Cintrage par cisaillement

Pour obtenir un tube ayant un rayon de courbure très petit, il est nécessaire d'utiliser un procédé appelé cintrage par cisaillement. La machine utilisée comporte une matrice fixe, une matrice mobile et deux mandrins internes. La figure II.11 présente les différents composants, ainsi que le principe de fonctionnement du cintrage par cisaillement.

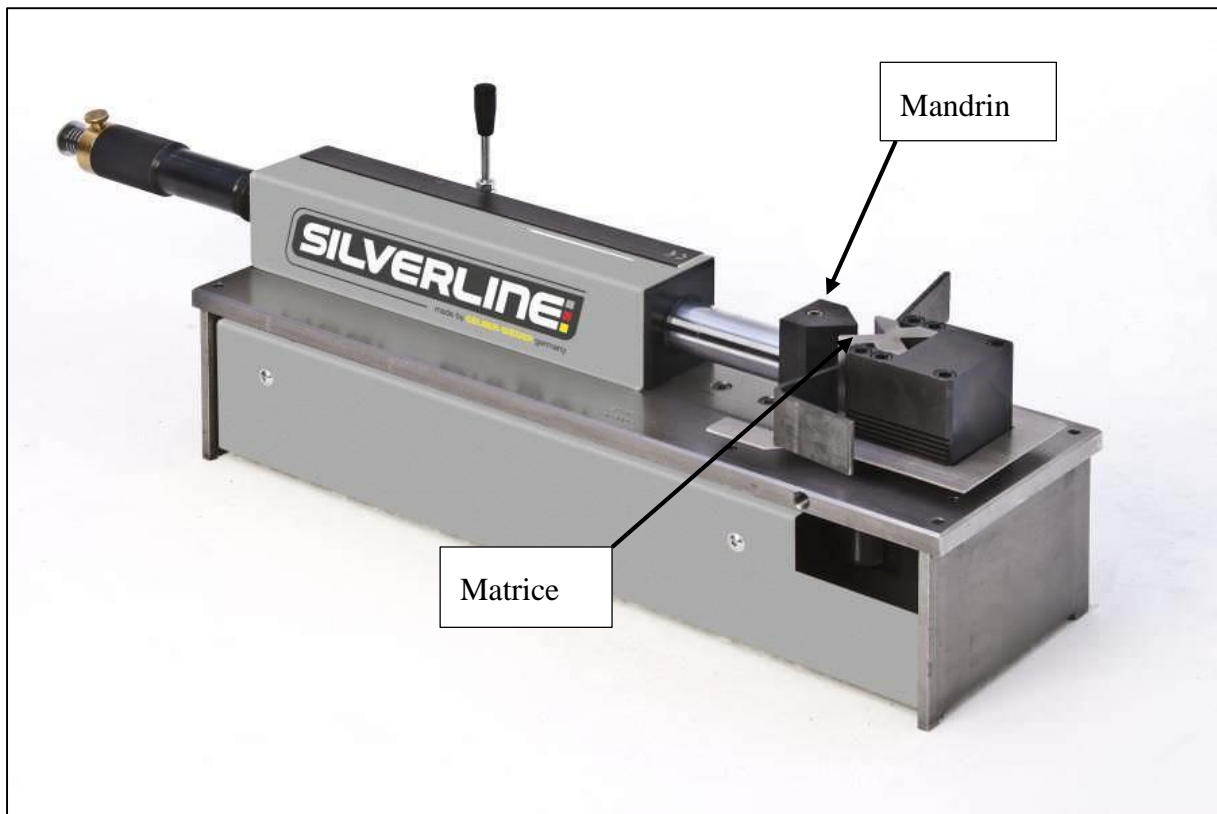


Figure II.11 Cintreuse par cisaillement

II .4 Le soudage des tubes

II .4.1 Définition du procédé de soudage

Le soudage est un moyen d'assemblage permanent. Il a pour objet d'assurer à l'échelle atomique la continuité (**liaison métallique**) de la matière à assembler.

II .4.2 Conditions d'installation de la liaison métallique

Cela consiste, théoriquement, à unir les surfaces de telle sorte que les atomes superficiels parviennent à des distances de l'ordre de grandeur des distances entre ceux de leur système cristallin propre. Ce qui nécessite, donc, d'activer les surfaces à unir tout en éliminant les corps étrangers susceptibles de gêner l'installation de cette liaison [2].



Figure II.12 Soudage des tubes



Figure II.13 Deux tubes soudés sous forme de T

II .4.3 Activation des surfaces

Le moyen le plus efficace pour activer les surfaces est la fusion, qui assure également leur nettoyage. D'autre part, les surfaces peuvent être activées par échauffement sans fusion et par une action mécanique sans échauffement (frottement).

II .4.4 Procédés industriels de soudage

On peut alors regrouper les principaux procédés industriels de soudage selon les critères d'activation cités ci-dessus :

- Les procédés faisant intervenir la fusion sans action mécanique (ex. soudage à l'arc) ;
- Les procédés faisant intervenir la fusion avec une action mécanique (ex. soudage par résistance)
- Les procédés faisant intervenir un chauffage sans fusion mais avec une action mécanique (ex. soudage par diffusion)
- Les procédés faisant intervenir une action mécanique sans chauffage (ex. soudage par ultrasons ou par explosion).

II .5 Définition de soudage OA, au soudage Oxyacétylénique, au soudage chalumeau

Le soudage OA (Oxygène et acétylène) est un procédé d'assemblage thermique qui s'applique aux tôles et aux tubes de même matière dont l'épaisseur reste inférieure ou égale à 2 mm [3].

II .5.1 Principe du soudage OA

- On mélange deux gaz, l'oxygène et l'acétylène.
- On enflamme le mélange.
- On obtient alors, après réglage une flamme nous permettant de souder.

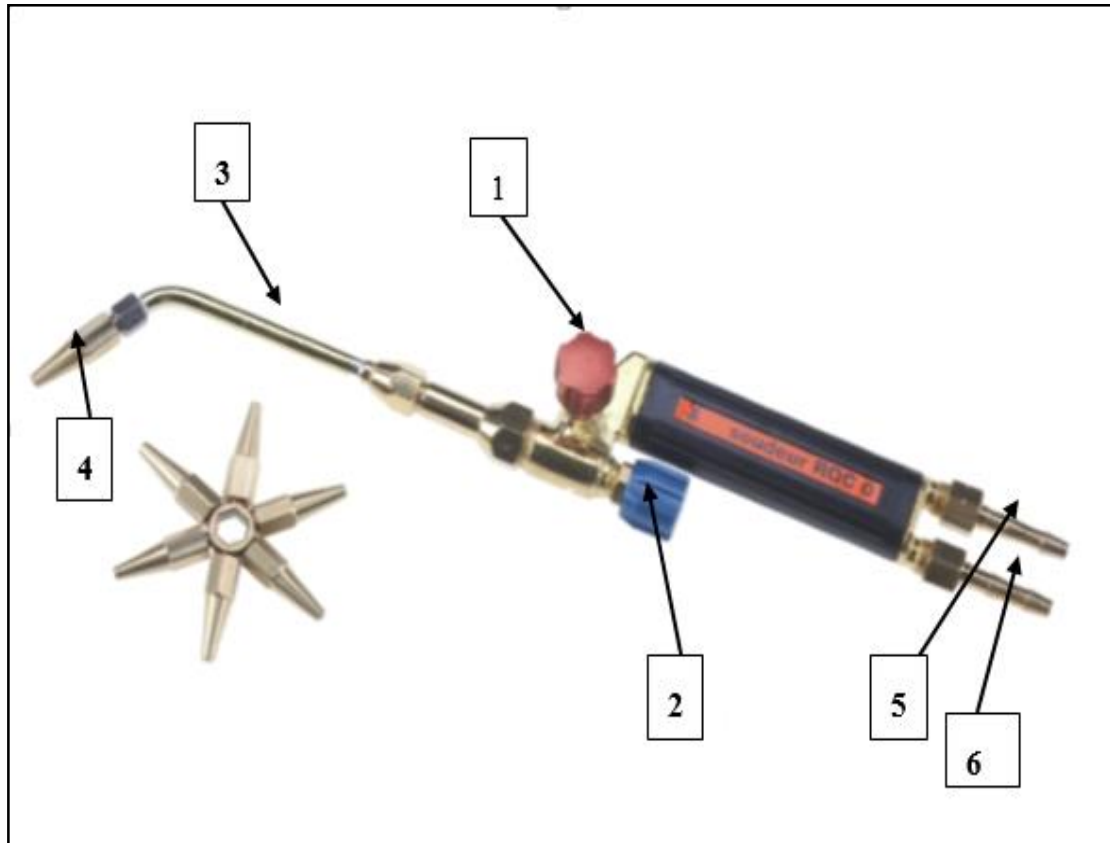


Figure II.14 Torche chalumeau de soudeur

- 1-Bouton permettant le réglage de l'acétylène (0,5 Bars)
- 2-Bouton permettant le réglage de l'oxygène (1,5 Bars)
- 3-La lance
- 4-La buse
- 5-Raccord acétylène (tuyau rouge)
- 6-Raccord oxygène (tuyau bleu)

II .5.2 Description de soudage OA

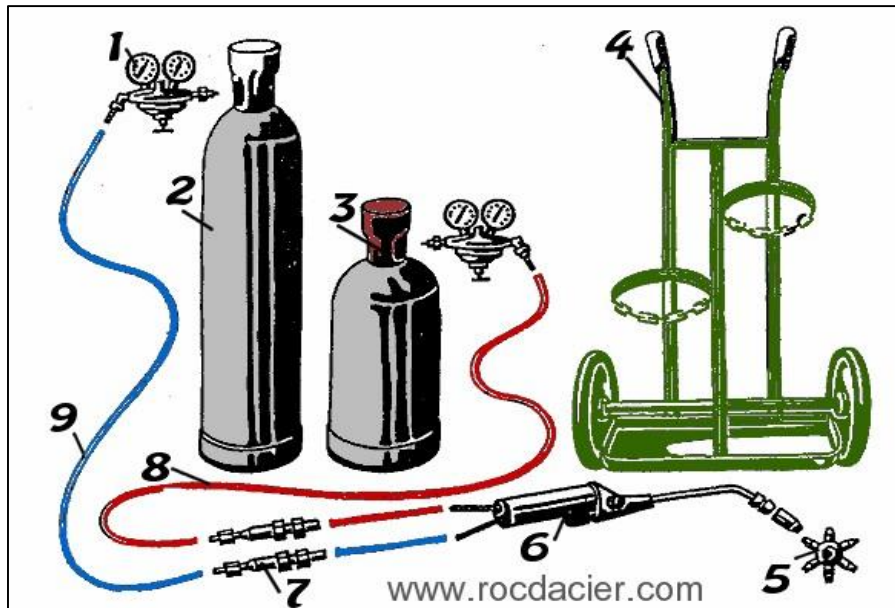


Figure II.15 Principe de soudage OA (Oxygène et acétylène)

- ✓ 1-Manomètre
- ✓ 2-Bouteille d'oxygène
- ✓ 3-Bouteille d'acétylène
- ✓ 4-Chariot de transport
- ✓ 5-Buses
- ✓ 6-Chalumeau
- ✓ 7-Raccord anti-retour
- ✓ 8-Tuyau Acétylène de couleur rouge
- ✓ 9-Tuyau Oxygène de couleur bleue

II .5.3 Le choix de la buse

La buse est interchangeable, elle est choisie en fonction de l'épaisseur de la pièce à souder.

Pour un soudage à plat, on considère 100 L/h/mm C'est-à-dire, une buse de 100L pour une épaisseur de 1 mm à souder.

II .5.4 Mode opératoire

- 1-Ouvrir les vannes d'acétylène et d'oxygène
- 2-Régler la pression sur le manomètre : Oxygène 1,5 bars et Acétylène 0,5 bars
- 3-Ouvrir le robinet d'acétylène d'1/8 de tour sur le chalumeau
- 4-Allumer le chalumeau
- 5-Ouvrir l'oxygène et régler suivant la flamme désirée

II.5.5 Réglages et différents types de flammes

Les flammes peuvent avoir un aspect différent en fonction qu'il s'agisse d'une flamme présentant trop d'oxygène ou alors trop d'acétylène. Par exemple, une flamme ayant une proportion trop élevée en oxygène (oxydante) ne s'enflammera pas ou mal. Une flamme présentant une proportion trop grande d'acétylène (comburante) sera jaune, fumera, mais ne sera pas assez chaude pour fondre les pièces à souder. La proportion optimale permet un soudage de qualité.

Description de la flamme Températures dans la flamme :

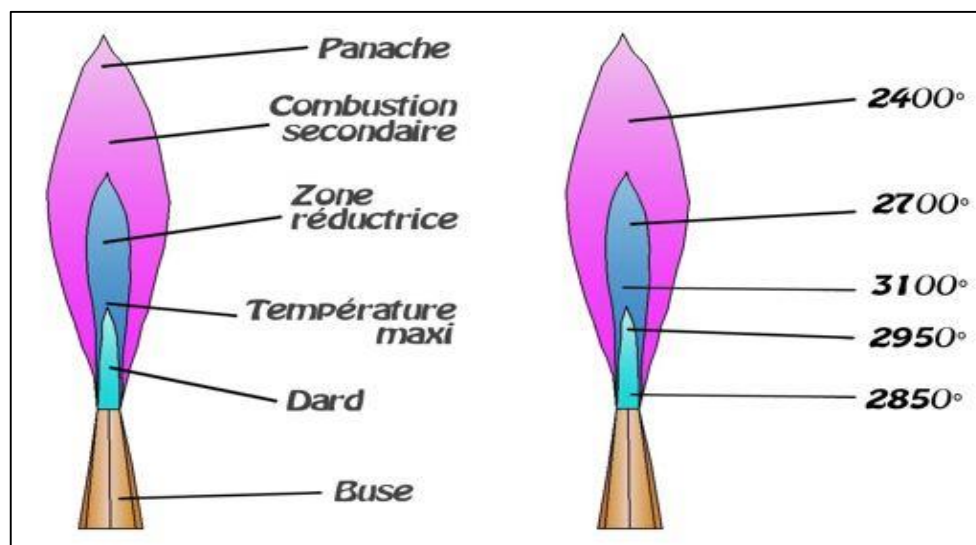


Figure II.16 Schéma de la flamme du chalumeau

La flamme est composée de 3 zones :

- Le dard
- La zone réductrice
- Le panache

- La température de la flamme n'est pas identique dans ces 3 zones.
- La température maxi atteint 3100°C environ.

II.5.6 L'oxygène et l'acétylène

L'oxygène O_2 est un gaz comburant incolore et inodore. Il est obtenu par liquéfaction de l'air et par distillation pour le séparer de l'Azote. Les proportions d'oxygène dans l'air sont d'environ 21% pour 79% d'azote (sans compter les autres gaz). L'oxygène est utilisé pour amplifier les énergies calorifiques dégagées par des gaz combustibles. On a alors des combustions très fortes, et une inflammation des matières en état d'ignition. (L'ignition est l'état de la matière juste avant sa fusion).

L'oxygène doit respecter des règles de sécurité qui sont définies dans le paragraphe 10-12.

L'acétylène C_2H_2 est un gaz combustible incolore mais dont l'odeur particulière peut trahir sa présence. La flamme produite par l'acétylène a un pouvoir calorifique élevé.

Tout comme pour l'oxygène, l'acétylène doit respecter des règles de sécurité strictes développées ci-après.

II.5.7 Sécurité autour du soudage OA

Les différents éléments de sécurité obligatoires pour pouvoir souder dans des conditions idéales de sécurité sont :

- Le bleu de travail en coton
 - Les chaussures de sécurité
 - Une pince pour prendre les pièces chaudes
 - Des gants
 - Des lunettes de soudage OA, pour se protéger des projections et mieux voir le(s) dard(s).
 - Concernant les bouteilles d'acétylène, comme celui-ci produit de l'acétone : il ne faut jamais coucher les bouteilles pour éviter que celui-ci ne s'écoule.
 - Des débits excessifs (supérieurs à 1000 l/h) sont dangereux.
 - Ne pas exposer la bouteille au soleil ou à des chaleurs trop importantes.
- Pour l'oxygène :
- ne jamais huiler ou graisser les filetages des robinets des bouteilles, car il y a un fort risque d'explosion.

Ne pas démonter les robinets des bouteilles.

-Les bouteilles doivent toujours être fixées sérieusement car des chutes pourraient être dramatiques. Les bouteilles sont lourdes et doivent être portées avec précaution.



CHAPITRE III Théorie sur le cintrage

Afin de réaliser les différents types de profilés sur un châssis de scooter, il nécessite un cintrage précis avec un rayon et un angle précis et une connaissance sur le comportement des matériaux a cintrée et avec le moyen de cintrage.

III.1 Géométries et calcul mathématiques

La partie courbée d'une pièce métallique initialement droite peut être décomposée en éléments géométriques simples (arcs de cercle interconnectés). En général, on spécifie un arc de cercle connecté ou non à une section droite. L'outillage le plus simple est d'ailleurs conçu pour imposer une courbure de rayon constant (un arc de cercle).

Durent ce chapitre on a appliqué le calcul sur un tube d'acier non allier S335 de caractéristiques suivantes :

Matériaux	Acier S335
Module d'élasticité	20500 MPa
Coefficient de Poisson	0.3
Résistance à la rupture	490
Résistance à la traction	490
Limite élastique à la traction	335

Et des dimensions suivantes :

Diamètre Ø	38mm
Epaisseur e	4mm
Rayon de cintrage a la fibre neutre R	84mm
Rayon de cintrage a l'intrados R1	65mm
Angle de cintrage	90° et 130°

III.2 Calcul de la longueur de cintrage (LC) d'un angle quelconque

Le cercle est un angle de 360°, son périmètre correspond la longueur de cintrage (LC)

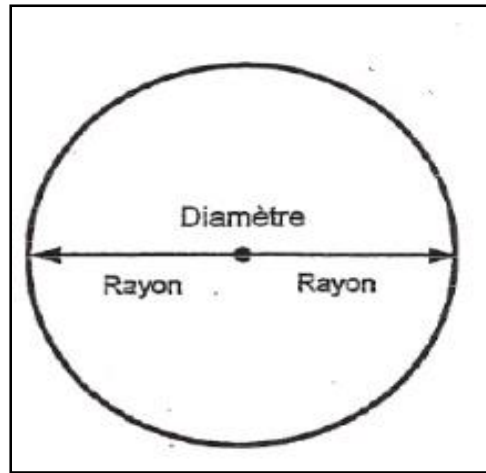


Figure III.1 Cercle

Quand nous réalisons un cintrage ou un coude sur un tube, ce coude représente une partie de cercle.

La longueur du cintrage(LC) qui nous permettra d'obtenir les mesures désirées une fois la courbure effectuée. [04]

Formule de calcul de LC d'un angle quelconque à partir du périmètre du cercle :

Périmètre $=\pi \times \emptyset = 2 \times \pi \times RC = LC$ pour un angle de 360°

$$LC = \frac{(RC \times 2) \times \pi}{360^\circ} \times AC \dots (1)$$

Avec : $\pi = 3.14$

\emptyset : diamètre

RC : rayon du cercle ou rayon du cintrage à l'axe neutre

AC : l'angle de cintrage

Exemple : pour $RC=R=84\text{mm}$ et $AC=130$

$$LC = \frac{(84 \times 2) \times \pi}{360^\circ} \times 130$$

$$LC = 190.58\text{mm}$$

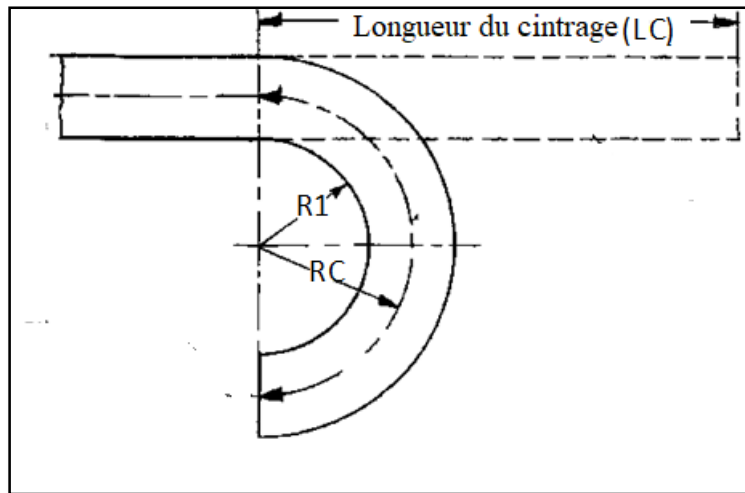


Figure III.2 Longueur du cintrage

Calcul de la longueur de cintrage (LC) pour un angle de 90° :

$$LC = \frac{(RC \times 2) \times \pi}{360^\circ} \times 90$$

$$\iff LC = \frac{(RC) \times \pi}{180} \times 90$$

$$\iff LC = \frac{RC \times \pi}{2} \dots (2)$$

La formule à retenir pour des cintres à 90° est :

$$LC = RC \times 1.57 \dots (3)$$

Exemple : pour $RC = R = 84\text{mm}$ et $AC = 90^\circ$

$$LC = 84 \times 1.57$$

$$LC = 131.88\text{mm}$$

III.3 calcul de l'allongement au cintrage

A. À l'axe neutre

Au cintrage des tubes L'extrados est soumis à une contrainte d'extension, alors que l'intrados est comprimé. Cette combinaison crée des forces qui tendent à ovaliser la section du tube. [5]

Le calcul de l'allongement totale après cintrage et donne par :

$$\text{allongement} = \frac{\text{Longueur d'arc à l'extrado} - \text{Longueur d'arc à l'axe neutre}}{\text{Longueur d'arc à l'axe neutre}} \dots (4)$$

Le calcul approximatif de l'allongement (ε) d'un tube de diamètre D_0 cintré à un rayon à l'axe neutre (R) est obtenu par :

$$\varepsilon = \frac{\varnothing}{2RC} \dots (5)$$

Exemple : tube $\varnothing=38\text{mm}$ et $RC=84$

$$\varepsilon = \frac{38}{2 \times 84}$$

$$\varepsilon = 0.226$$

B. À L'intrados

Le rayon de cintrage à l'intrados est souvent la valeur d'intérêt, que ce soit pour le designer ou le cintreur qui voudra déterminer le rayon de son outil. Les relations mentionnées précédemment permettent aussi bien de calculer le rayon intérieur en soustrayant la demi-hauteur du tube au rayon à l'axe neutre. À titre d'information complémentaire, les relations qui suivent utilisent le rayon intérieur (à l'intrados) au lieu du rayon à l'axe neutre :

$$\text{Allongement} = \frac{D_0}{2 R_i + D_0} \dots (6)$$

$$R_i \text{ critique} = \frac{D_0}{2} \times \left(\frac{1 - A\%}{A\%} \right)$$

-Où A% est l'allongement à la rupture du matériau

III.4 Problème due au cintrage des tube

III.4.1 Le retour élastique

III.4.1.1 Définition

Le pliage est obtenu par déformation plastique de la tôle donc il y a forcément une déformation élastique qui l'accompagne parce que dans les processus de pliages, la valeur d'élasticité du matériel peut être dépassée mais les limites de force élastique ne peuvent pas. Pour cette raison, le matériau garde toujours une partie de son élasticité originale. Quand la charge est enlevée du matériau, il essaye de retourner à sa forme originale et coudée partiellement.

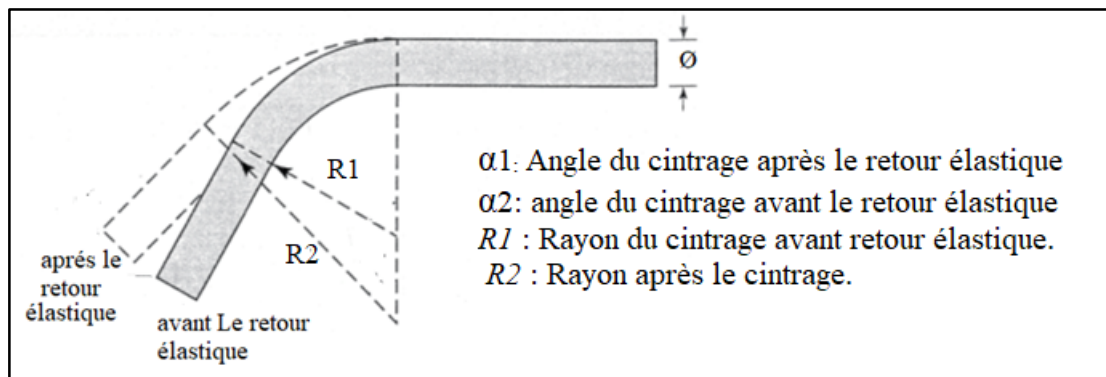


Figure III. 3 Retour élastique lors du cintrage d'un tube

III.4.1.2 Calcul du retour élastique

L'élasticité est la cause du retour élastique du tube au terme du processus de cintrage Figure III. 4. Tandis que l'énergie de déformation dans le domaine de validité de la loi de Hooke (domaine élastique) est, après retrait de la charge extérieure, complètement restituée sous forme de retour élastique, elle est partiellement dissipée sous forme de travail de ramollissement en cas de déformation élastoplastique.

L'ampleur du retour élastique est dans ce cas engendrée uniquement par la composante élastique (réversible) du travail de déformation, lequel est emmagasiné dans le tube sous forme d'énergie potentielle lors du processus de cintrage. Le retour élastique est un phénomène inévitable du cintrage et ne peut être compensé que par sur cintrage de la pièce d'œuvre.

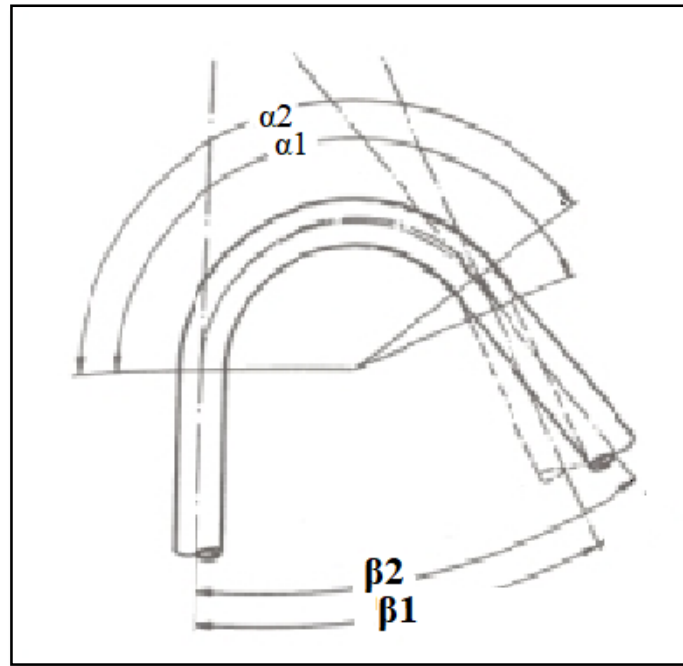


Figure III. 4 Tube en retour élastique

En prend H c'est l'Angle de retour élastique

Donc :
$$H = \alpha_1 - \alpha_2 = \beta_2 - \beta_1$$

La ratio retour élastique au cintrage (K) c'est le coefficient de retour élastique, il diffère d'un matériau a un autre.

$$K = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

Avec :

- α_1 et β_2 : angle du cintrage avant le retour élastique
- α_2 et β_1 : angle du cintrage après le retour élastique

III.4.1.3 Calcul d'angle de retour élastique avant le cintrage

La longueur LC de la fibre neutre est constante, on peut calculer α_1 et α_2 à partir de l'équation suivant :

$$LC = \left(R_1 + \frac{\varnothing}{2}\right) \cdot \alpha_1 = \left(R_2 + \frac{\varnothing}{2}\right) \cdot \alpha_2 \quad \text{si } \frac{R}{\varnothing} > 3$$

III.4.1.4 Le rapporte entre l'angle de cintrage et le retour élastique

Dans la courbe de cintrage voir Figure III.5, 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.

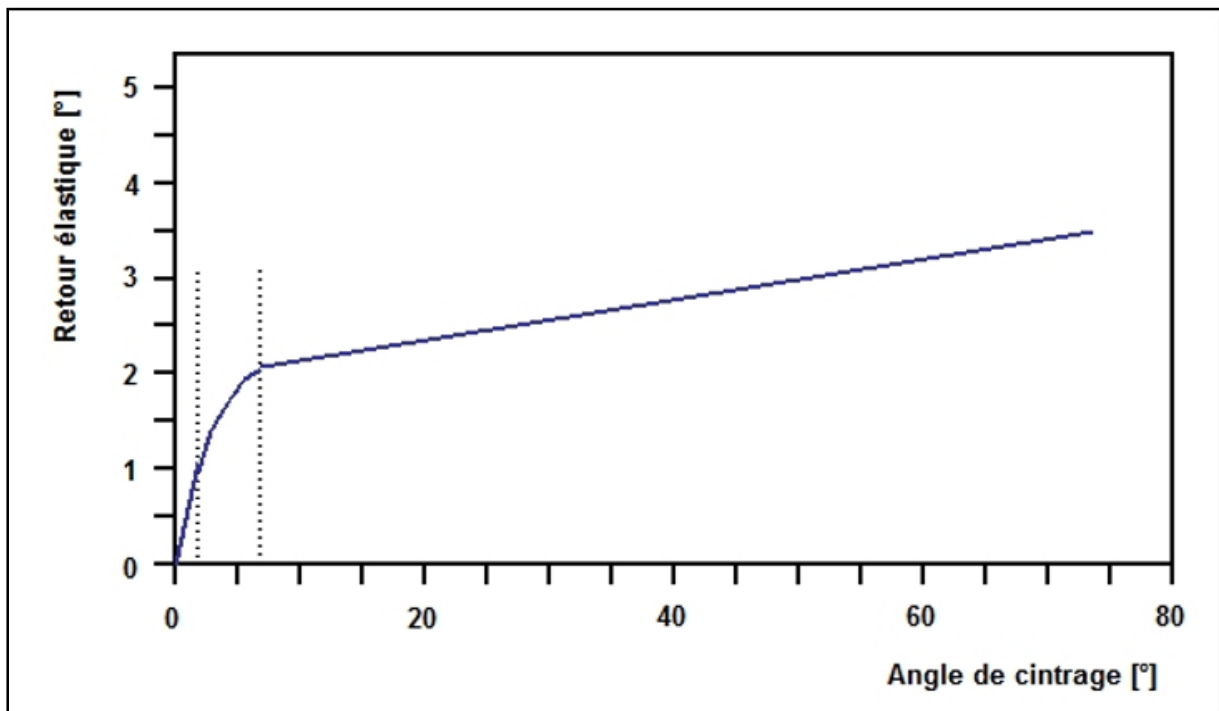


Figure III.5 Evolution schématique de la caractéristique du retour élastique [5].

III.4.2 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. [5]

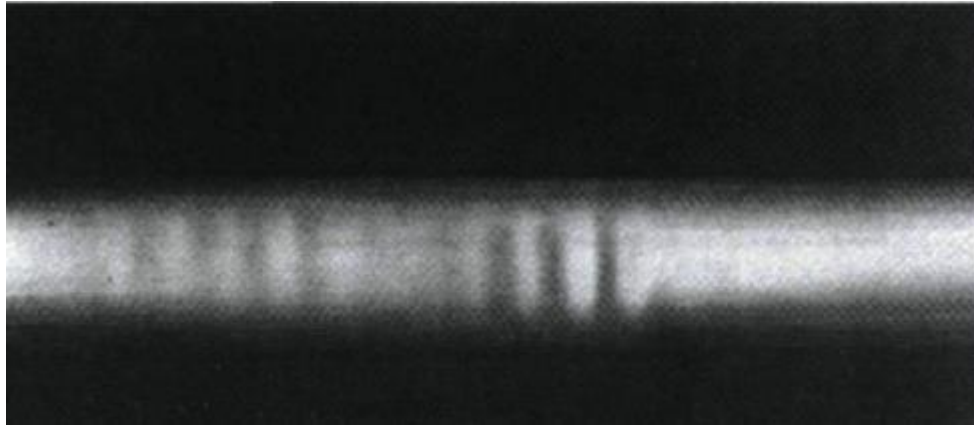


Figure III. 6 Plissement d'un tube

III.4.3 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 Figure III.7, 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.

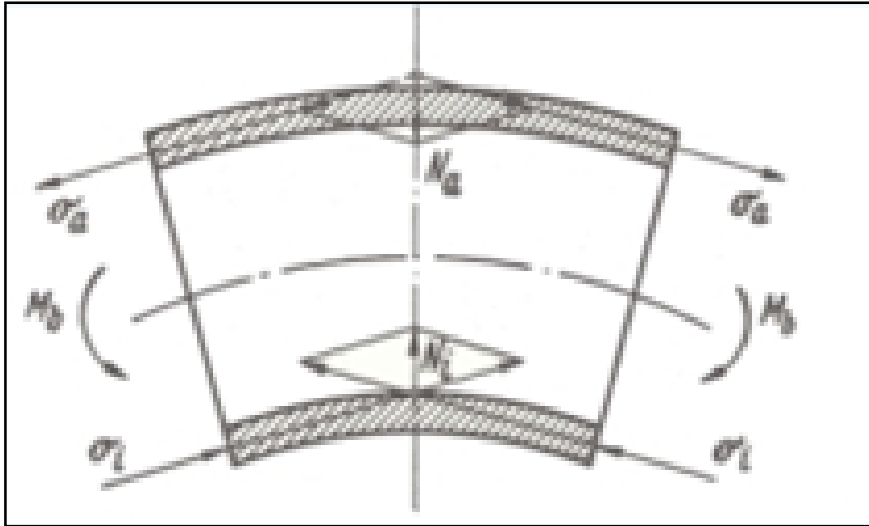


Figure III. 7 Rapports de force lors du cintrage

On peut cependant exprimer l'ovalisation par :

$$U = \frac{-2 \times (D_{max} - D_{min})}{D_{max} + D_{min}} \times 100\%$$

Avec : U = Ovalisation

D_{max} = diamètre maximal du tube après déformation

D_{min} = diamètre minimal du tube après déformation

III.5 Pronostic du cintrage

Un premier pronostic si on peut cintrer un tube aux dimensions définies (diamètre extérieur et épaisseur) peut être effectué à l'aide des graphiques de matériaux selon la Figure III.7.

En dessous de la limite de cintrage conditionnée par l'allongement, le cintrage est impossible, la pièce d'œuvre cède. La limite de cintrage avant plissement sépare le domaine dans lequel le cintrage est possible avec mandrin, du domaine dans lequel les tubes peuvent être également cintrés sans utiliser de mandrin interne. Plus le rapport entre le diamètre extérieur et l'épaisseur de paroi du tube est grand et plus le rayon de cintrage est faible, plus le tube tendra à former des plis au cintrage [6].

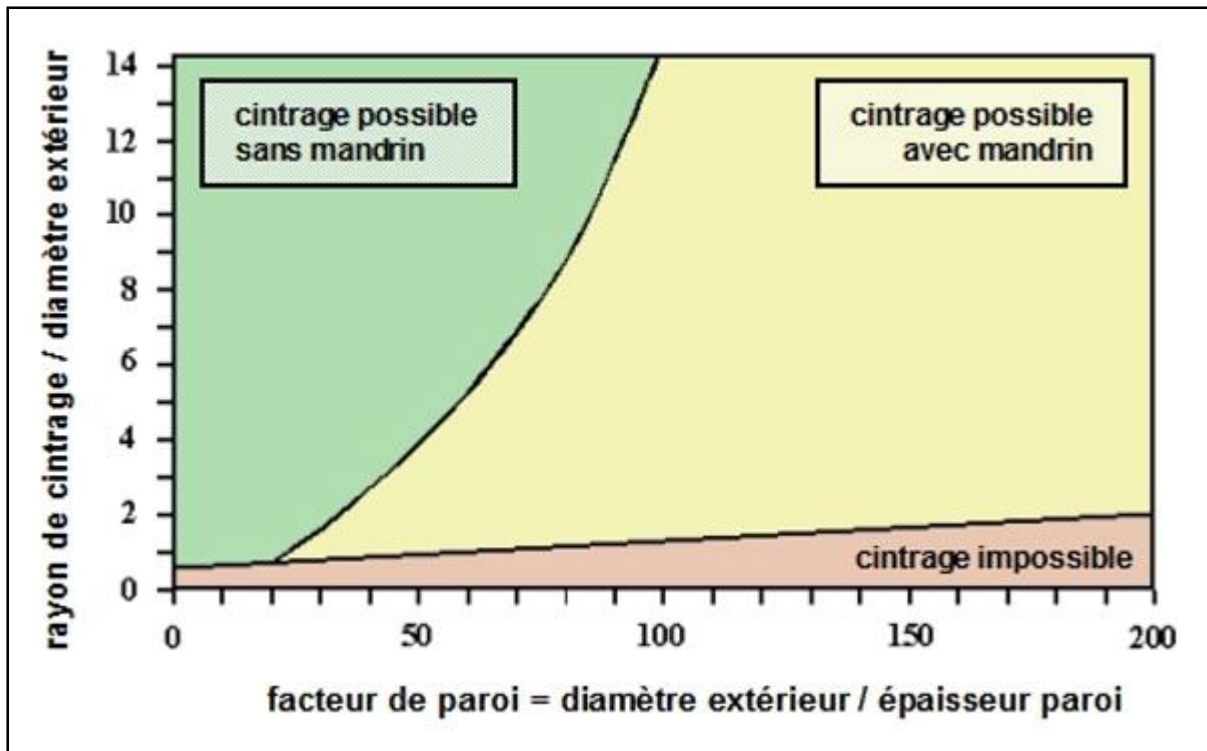
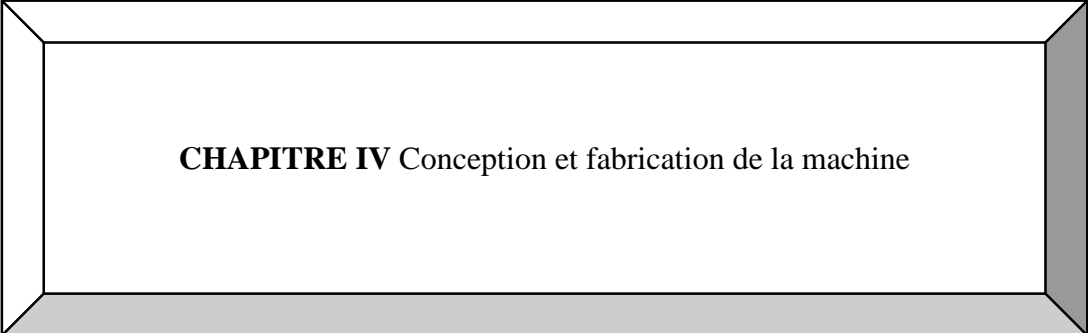


Figure III. 8 Limites techniques de la déformation par cintrage



CHAPITRE IV Conception et fabrication de la machine

Le 2^{ème} procédé de fabrication du châssis du scooter (Cuxi) après le découpage est le cintrage des tubes, et ce procédé nécessite une centreuse de tube d'acier, dans ce chapitre nous avons fait la modélisation et la fabrication des différentes pièces de notre centreuse manuelle.

Pour la conception des différentes pièces de la centreuse on va utiliser l'outil de conception SolidWorks 2016 en suivant les étapes de la modélisation des pièces les plus importantes de notre machine, et pour la fabrication des pièces on a utilisé les différentes machines de fabrication et moyens de mesure disponibles au niveau du halle de technologie au sein de notre université.

IV .1 Aperçu sur la machine

Cintreuse manuelle à deux galets qui permet le cintrage des tubes rend d'un diamètre maximal de 50mm et d'épaisseur 5mm.

IV.1.1 Conception de notre machine

Pour notre travail nous avons choisis la centreuse de type tension rotation (figure II.8, chapitre 2, page 21) en mettant un galet à la place de la pièce dite contre forme figure IV.1.

IV.1.2 Principe de fonctionnement

Le tube est bloqué entre les deux galets, un moment de flexion autour du centre du grand galet (o), est appliqué via une force agissant sur le l'extrémité du bras de la centreuse, d'une longueur de 1m afin de maximiser le moment.

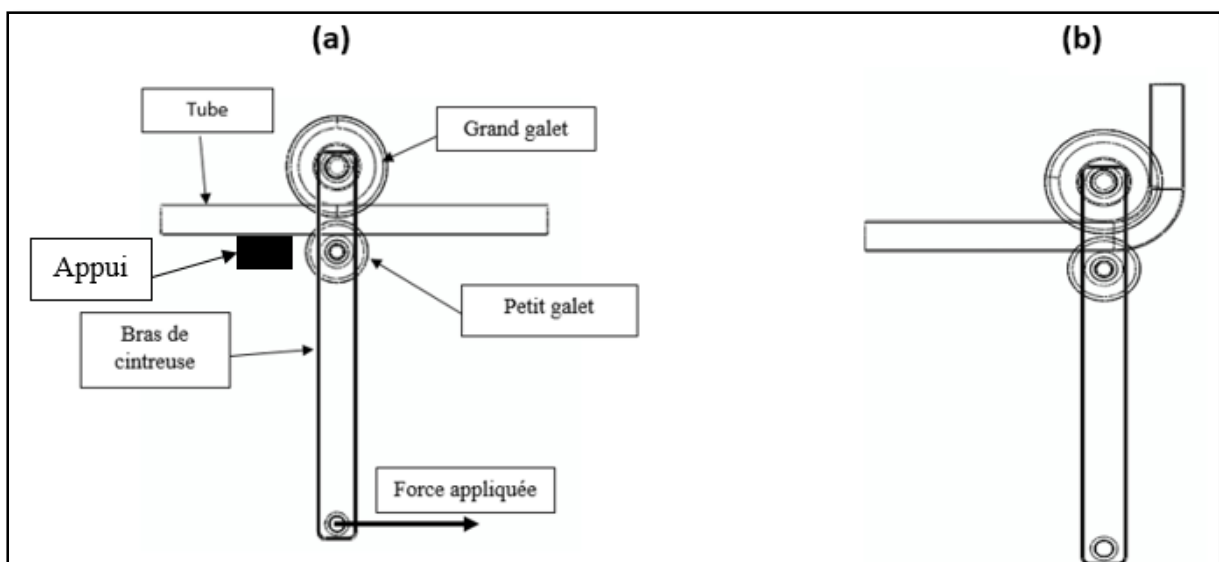


Figure IV. 1 principe de fonctionnement de notre centreuse, (a) avant la déformation, (b) après déformation.

IV .2 Modélisation

Pour la conception assistée par ordinateur de l'ensemble des pièces de notre machine nous avons utilisé l'outil de la CAO SolidWorks 2016.

IV.2.1 Aperçu sur SolidWorks 2016

Le logiciel de CAO SolidWorks est une application de conception mécanique 3D paramétrique qui permet aux concepteurs d'esquisser rapidement des idées, d'expérimenter des fonctions et des cotes afin de produire des modèles et des mises en plan précises [7].

IV.2.2 La CAO

La conception assistée par ordinateur, ou CAO, rassemble des outils informatiques (logiciels et matériels) qui permettent de réaliser une modélisation géométrique d'un objet afin de pouvoir simuler des tests en vue d'une fabrication [8].

IV.2.3 Modélisation des différentes pièces de notre cintreuse manuelle

Dans ce qui suit nous montrons les pièces que nous avons conçu de manière simple et réalisable suivant les moyens disponible au niveau du hall de technologie.

- **Pièce 1 : le socle de la machine**

La figure IV.2 suivant nous montre le socle de notre cintreuse, c'est une base sur laquelle se fixent les autres pièces.

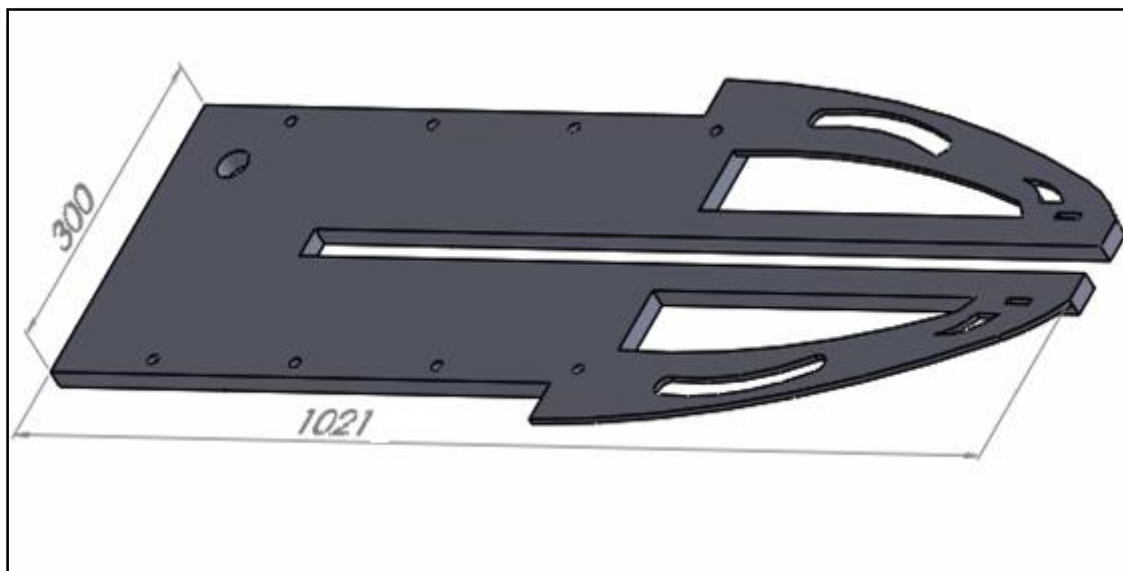


Figure IV.2 Socle de notre machine

- **Pièce 2 : Le grand galet**

La figure IV.3 présente le grand galet, sert à donner le rayon de cintrage et la forme du tube coudé.

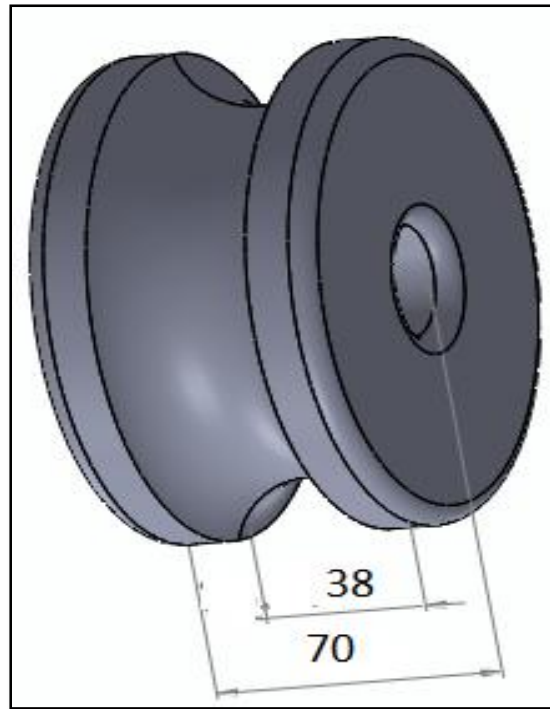


Figure IV.3 Grand galet de diamètre 130mm.

- **Pièce 3** : Le petit galet

La figure IV.4 présente le petit galet pour l'appui du tube sur le grand galet lors de l'opération de cintrage, il est actionné par le bras de la cintreuse figure IV.5.

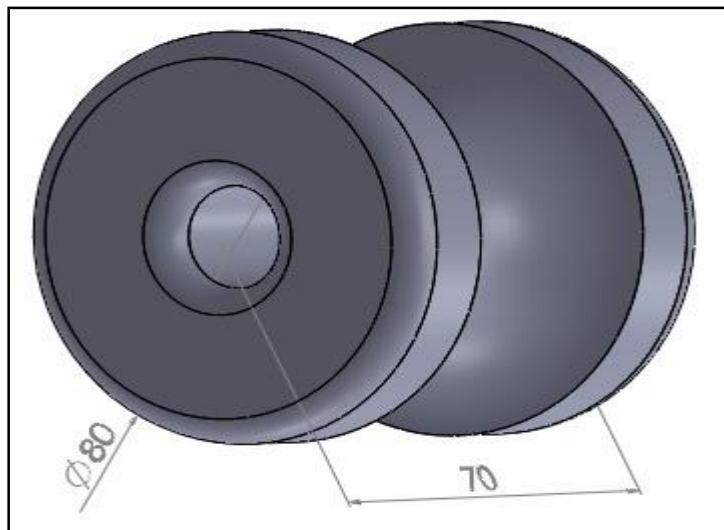


Figure IV.4 Petit galet de diamètre 80mm

- **Pièce 4** : bras de la cintreuse

La figure IV.5 présente le dessin en 3D du bras que nous avons conçu pour notre machine, nous avons mis une conception très simple afin de passer aux essais et de valider les calculs théoriques, il sert à actionner le petit galet Figure IV.4.

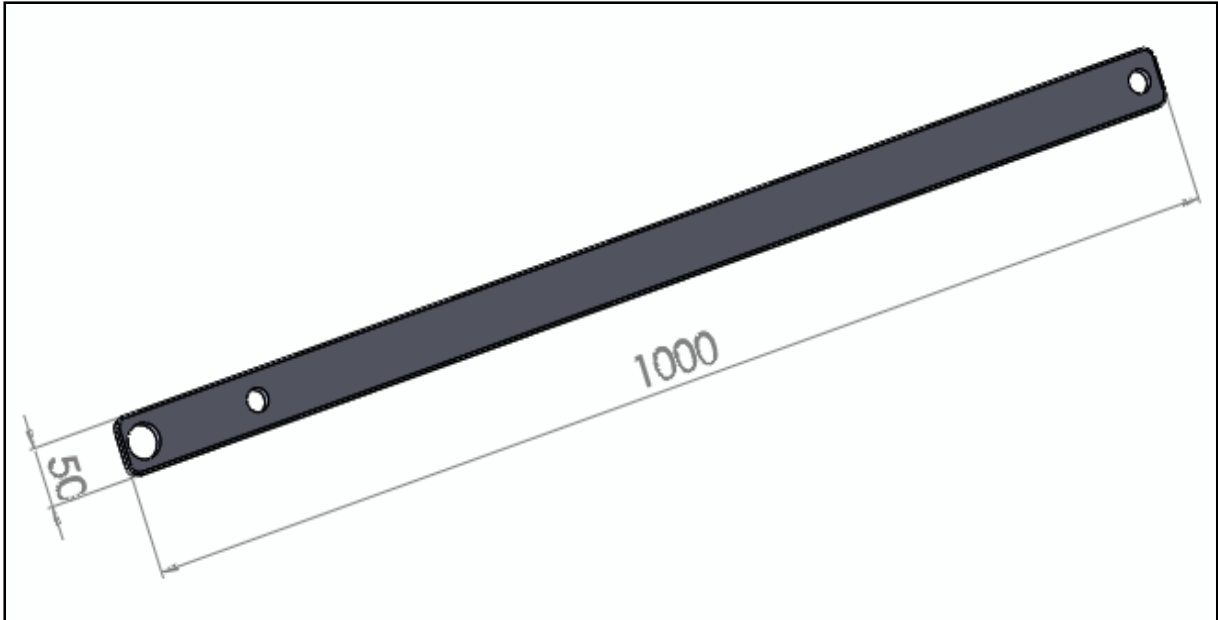


Figure IV.5 Bras de la cintreuse de longueur 1m

- **Pièce 5** : Axe pivot du grand galet

La figure IV.6 présente l'axe pivot du grand galet servant à assembler les bras de cintrage et le galet, avec un seul degré de liberté qui est la rotation par rapport à cet axe, noté point « o » sur la figure IV.1

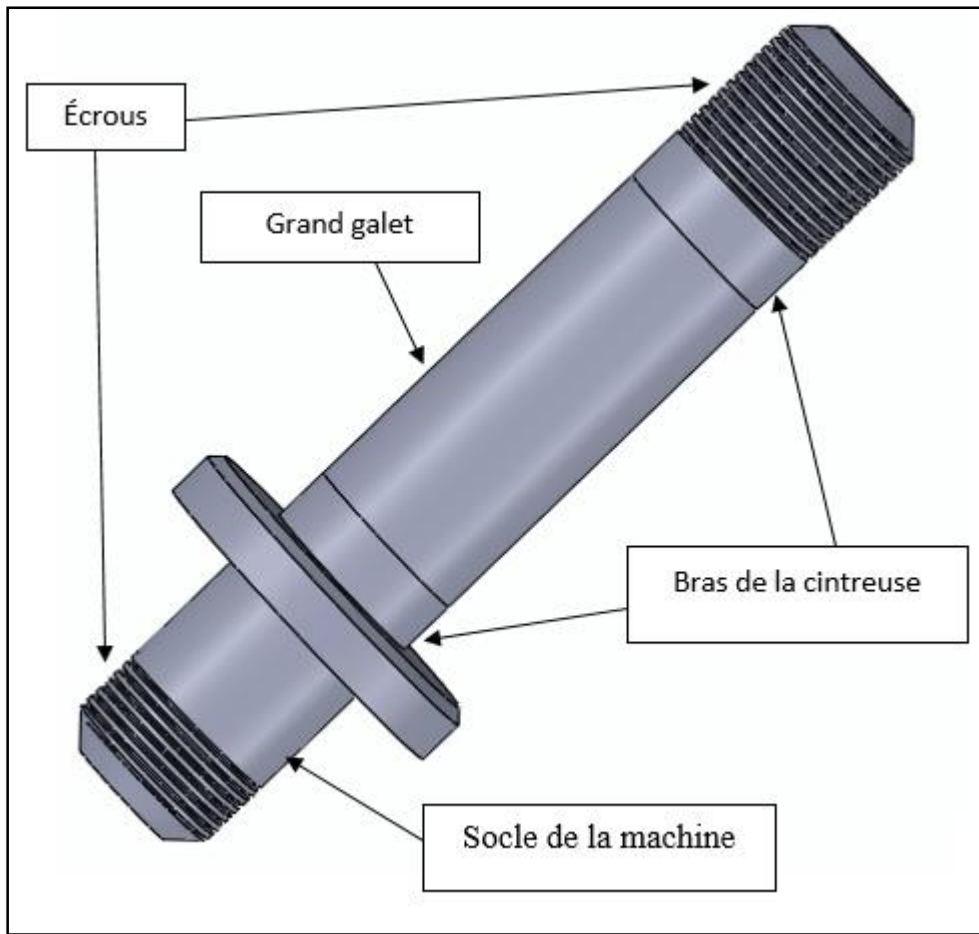


Figure IV.6 Axe pivot du grand galet

- **Pièce 6 : Axe pivot du petit galet**

Figure IV.7 présente l'axe du petit galet qui sert à assembler ce dernier entre les deux bras de cintrage.



Figure IV.7 Axe pivot du petit galet.

- **Pièce 7** : Axe de la poignée

Figure IV.8 nous présente l'axe de la poignée qui nous permet à assembler les deux bras et au même temps la poignée ou exercé la force de cintrage figure IV.1.

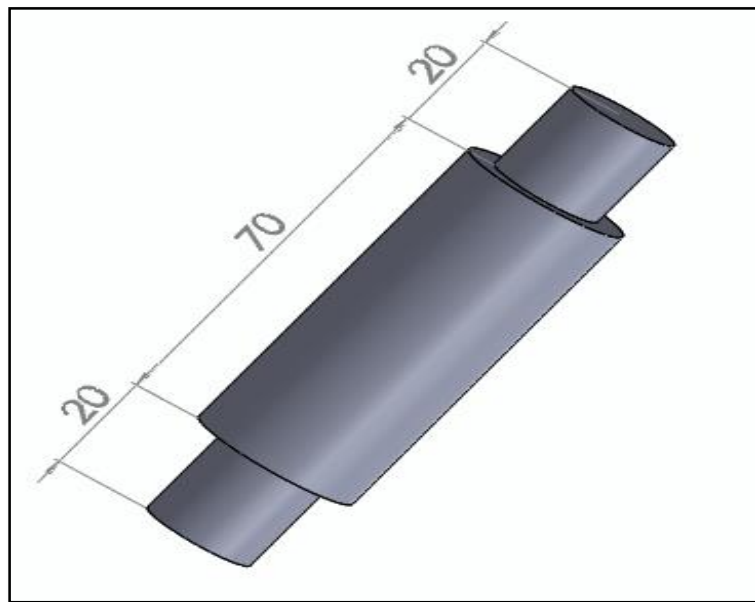


Figure IV.8 Axe de la poignée

- **Pièce 8** : Plaque d'accompagnement de tube

La figure IV.9 montre plaque d'accompagnement de tube qui sert à fixer la chemise guide tube en éliminant la rotation sans éliminer la translation de ce dernier lors du cintrage.

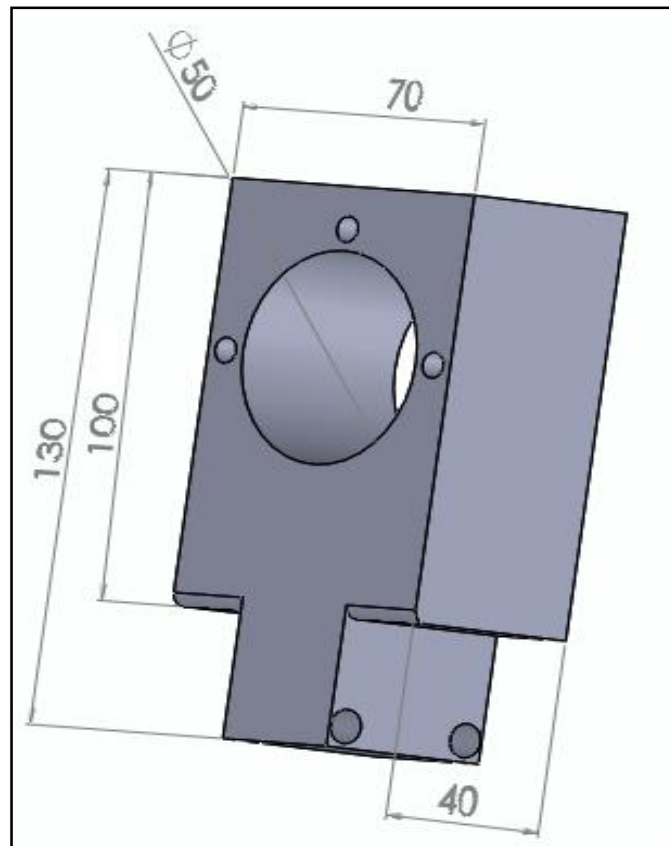


Figure IV.9 Plaque d'accompagnement de tube

- **Pièce 9** : Chemise guide tube

La figure IV.10 présente la chemise guide du tube à cintrer qui sert de fixation sur un plan de cintrage désiré.

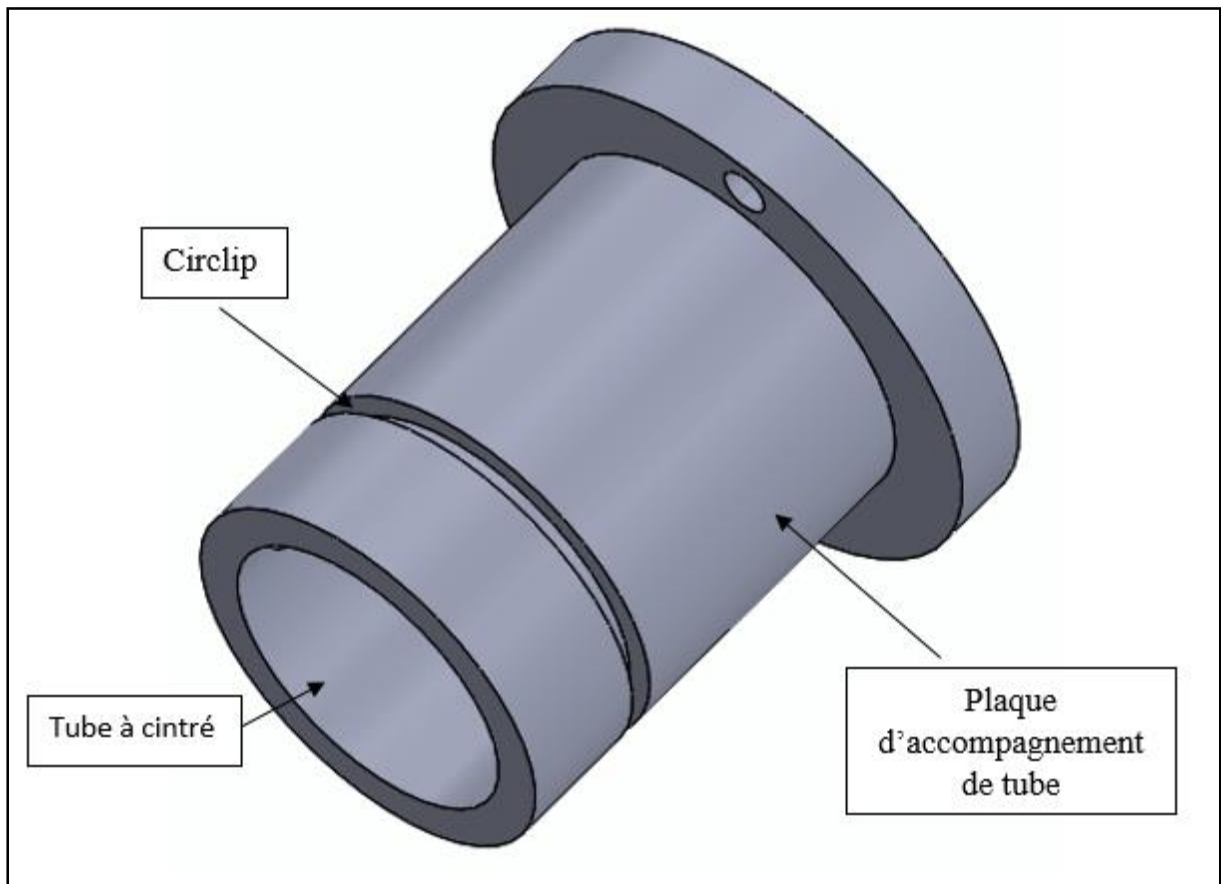


Figure IV.10 Chemise guide tube à cintrer

- **Pièce 10** : Plaque d'appui de tube

Figure IV. 11 représente la plaque d'appui du tube (indiquée sur la figure IV.1) qui donne une force de réaction à la force du cintrage du tube.

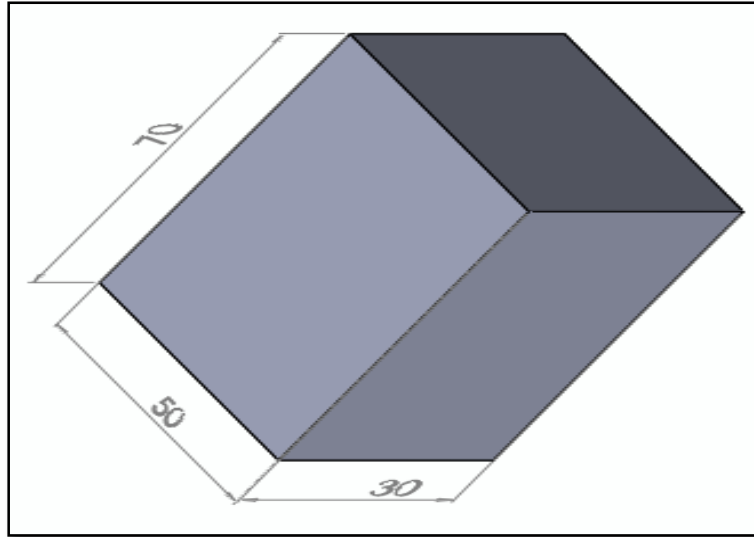


Figure IV.11 Plaque d'appui de tube

- **Pièce 11 : Gousset**

La figure IV.12 nous montre le gousset, est un élément de forme triangulaire, destiné à renforcer la plaque d'appuis.

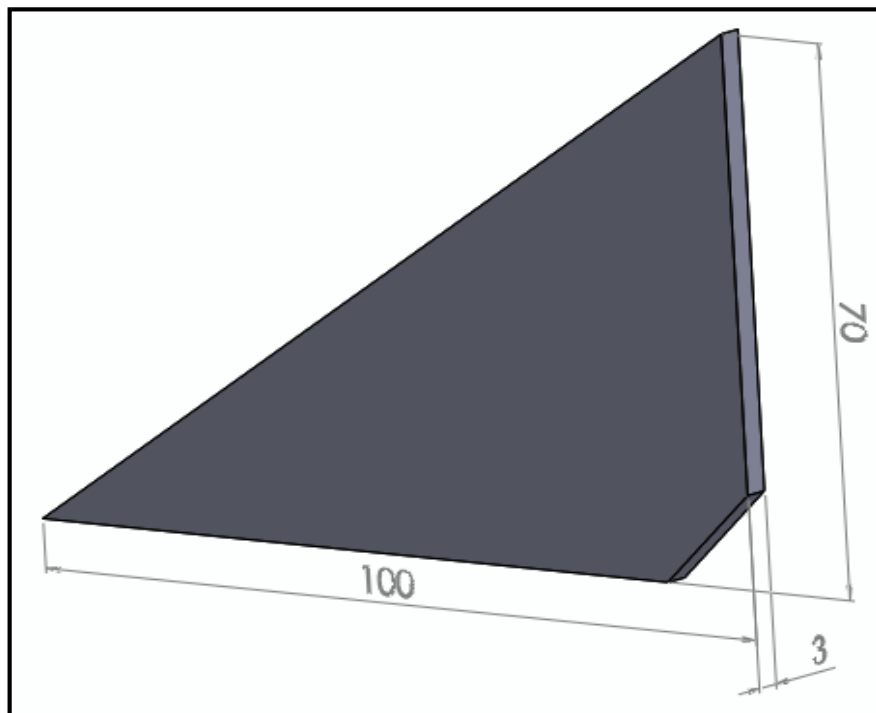


Figure IV.12 Gousset d'appuis de 3mm d'épaisseur.

IV.3 Assemblage des différentes pièces de notre cintreuse manuelle

L'assemblage des différentes pièces de notre cintreuse est fait à l'aide de logiciel de CAO (SolidWorks 2016) avec conception ascendante.

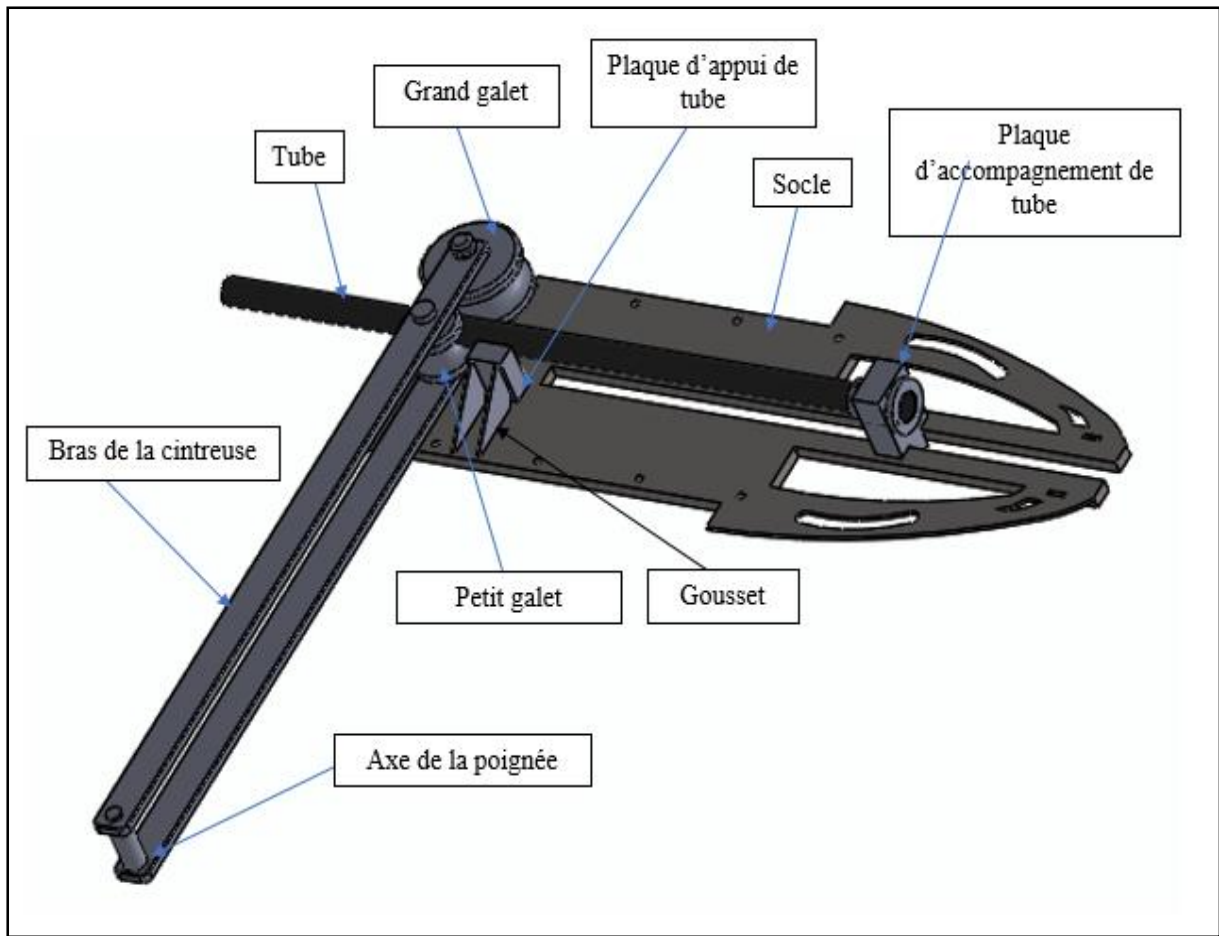


Figure IV.13 Cintreuse assemble sur SolidWorks 2016

IV.4 Simulation du comportement des principales pièces

IV.4.1 Principe de base de l'analyse

Le logiciel SolidWorks utilise la Méthode des éléments finis. Cette méthode est une technique numérique d'analyse de conception. Elle est considérée comme la méthode standard d'analyse, du fait de sa généralité et de sa capacité à être traitée par l'informatique.

La méthode des éléments finis divise un modèle en un grand nombre de petites entités de formes simples appelées éléments, et remplace ainsi un problème complexe par un ensemble de problèmes simples qui vont être résolus simultanément [9].

IV.4.2 Conditions aux limites et simulation

Les conditions aux limites consistent à mettre en place les fixations et les chargements appliqués, tirés à partir des conditions de travail de la pièce à étudier.

IV.4.3 Les étapes de simulation (simulation statique)

- A. Importer le model : tube diamètre 50mm et 300mm de longueur et un galet de 130mm de diamètre a l'axe neutre et une épaisseur de 70mm

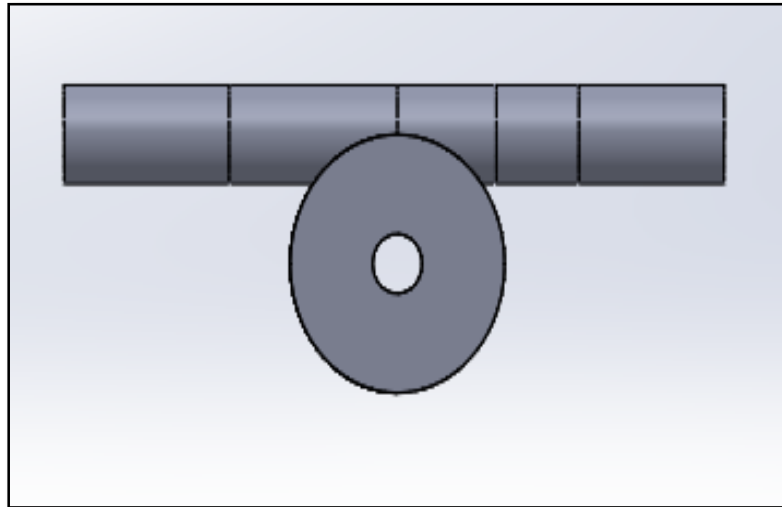


Figure IV.14 Modèle à simuler

- B. Appliquer un matériau : acier non allier ($R_e=235$ MPa)
- C. Déplacement imposé : géométrie fixe sur l'une des extrémités de tube et les deux faces planes de galet comme le montre la figure IV.15.

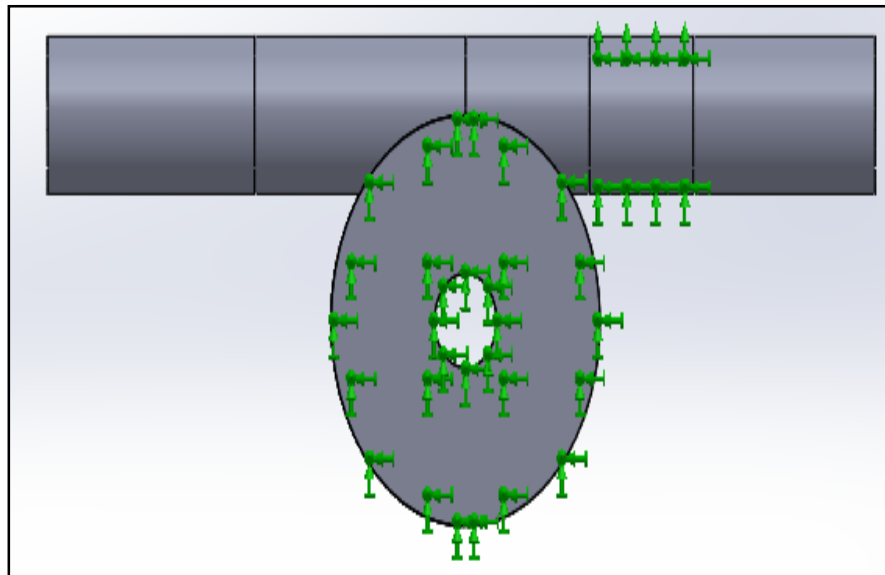


Figure IV.15 Déplacement imposé

- D. Appliquer un chargement externe : un moment d'inerties 255000 MPa sure la longueur de cintrage comme le montre la figure IV.16.

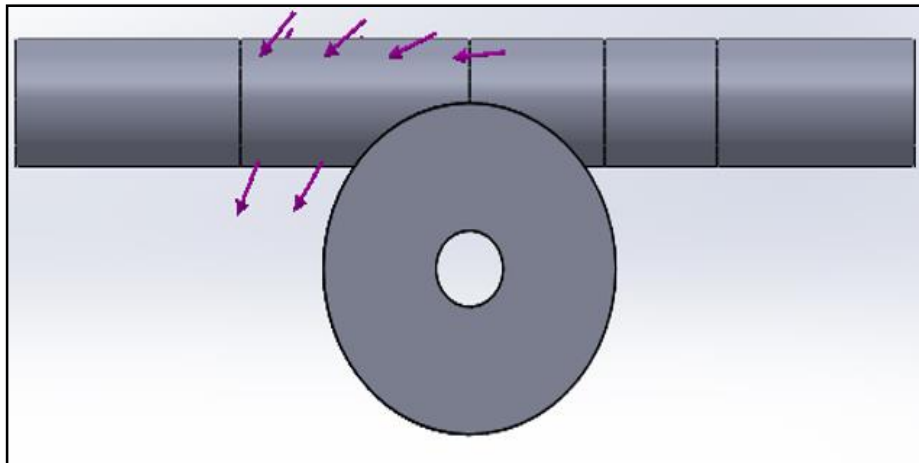


Figure IV.16 Chargement externe

- E.** Contacte entre composants : pas de pénétration
- F.** Création de maillage : maillage standard (taille globale est 8.7mm et une tolérance de 4.3mm).

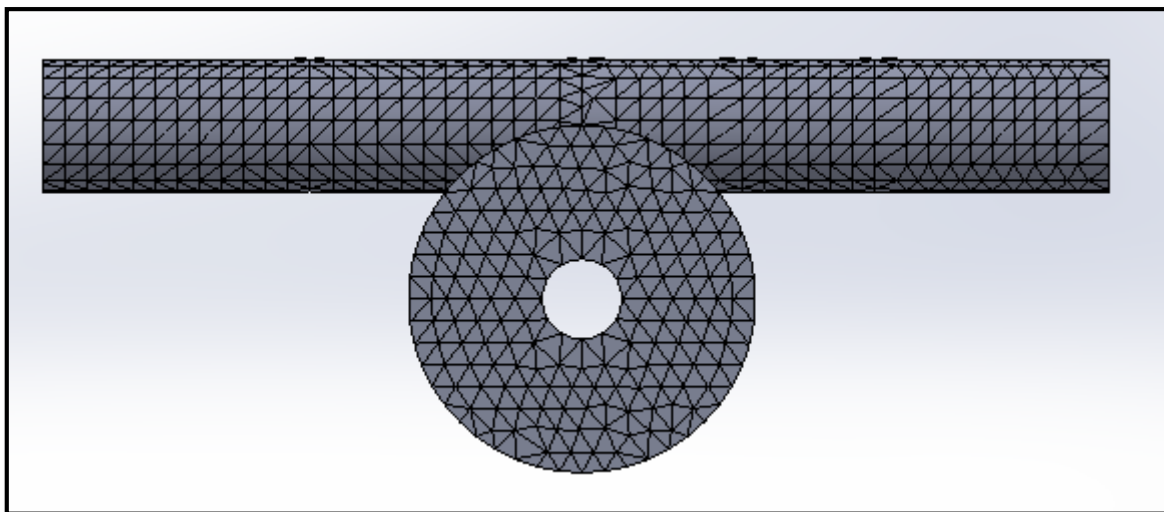


Figure IV.17 Le maillage

- I.** Exécuter cette étude

Après l'exécution de l'analyse on a eu les résultats suivants :

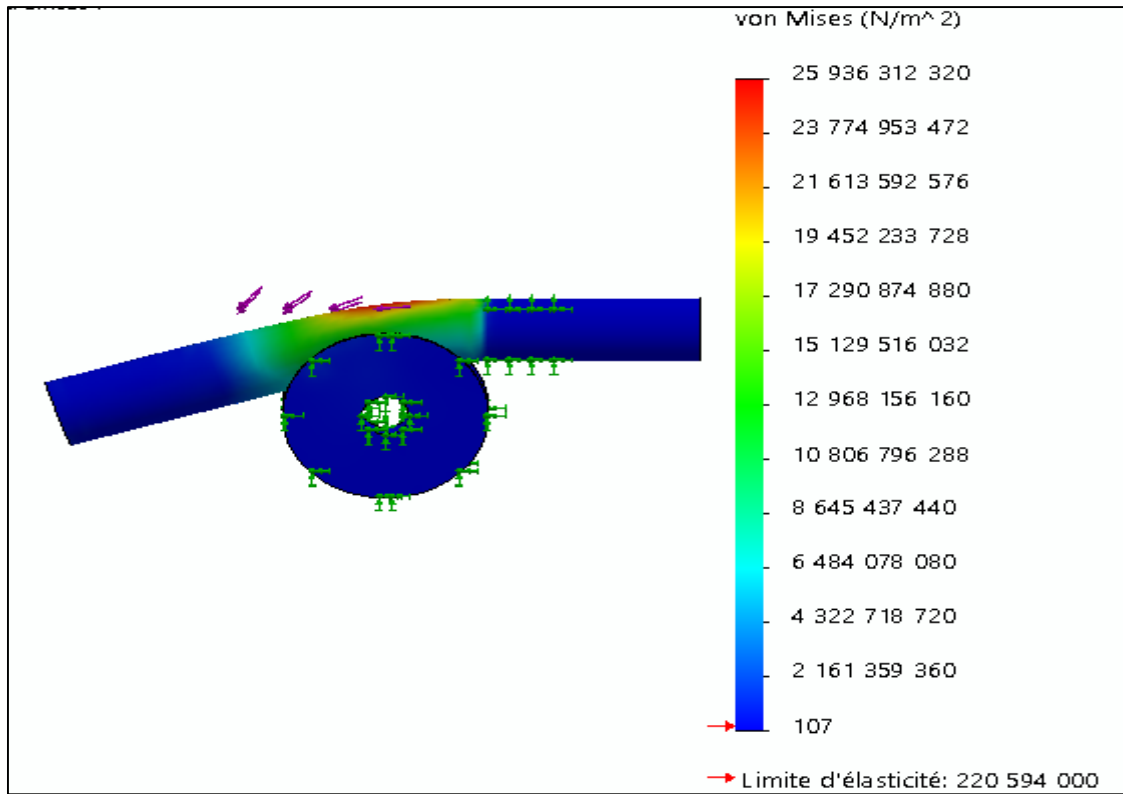


Figure IV.18 Les contrainte Von Mises

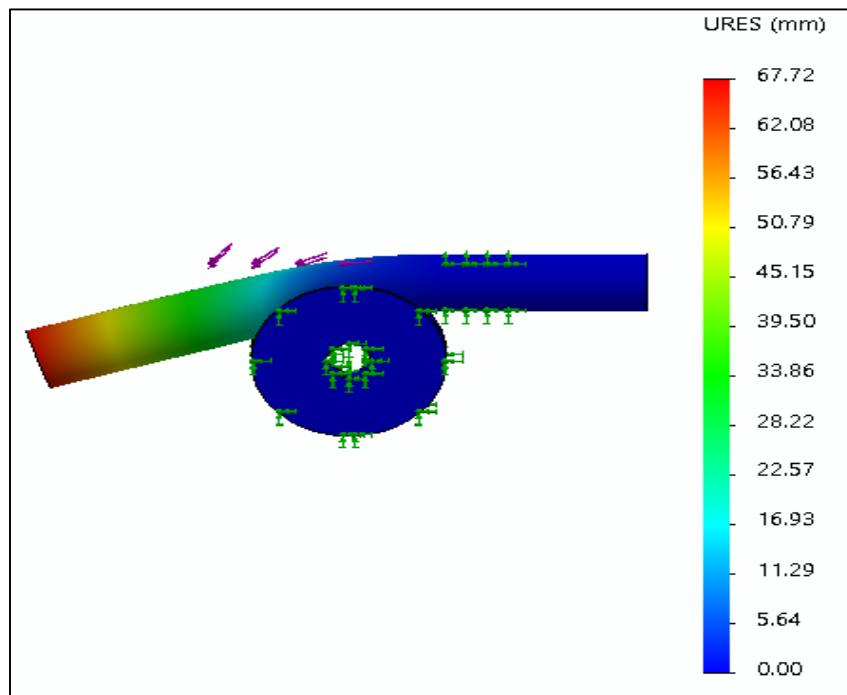


Figure IV.19 Le déplacement

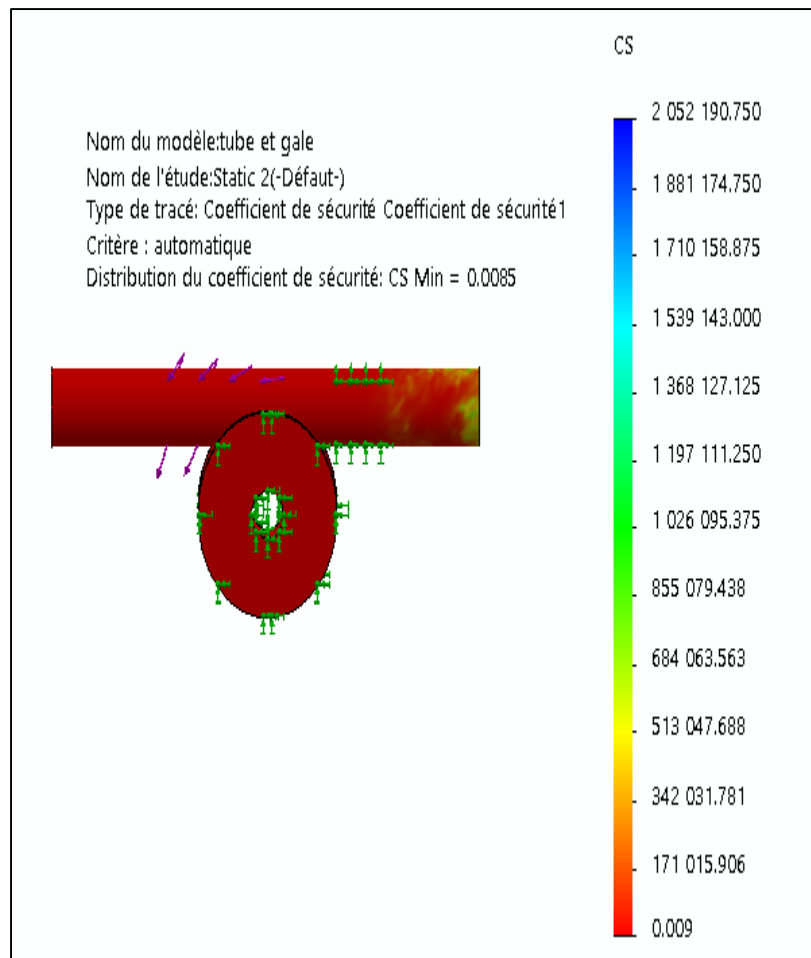


Figure IV.20 Coefficient de sécurité

La figure IV.18 montre la zone la plus sollicitée au contrainte maximale qui est donnée en rouge, et on remarque qu'en réalité la pièce s'est cintré pratiquement à cet endroit précis.

La figure IV.19 montre déplacement de 67 mm, et la Figure IV.20 nous donne le coefficient de sécurité qui est 0.0085.

Nous constatant d'après ces résultats que la force de 30 Kg est largement suffisante pour le cintrage d'un tube de dimensions précédente.

IV.5 Simulation du comportement des différentes pièces principales de notre cintreuse

A. Simulation statique du bras de cintrage

- Matériau choisi sur le logiciel : acier non allié (limite d'élasticité 235 MPa)
- Fixations : Fixation au niveau des alésages des axes pivots du grand et du petit galet, comme le montre la figure IV.21



Figure IV.21 Fixation au niveau des alésages des axes pivots

- Chargements appliqués : force de 490 N à l'extrémité de la barre, indiquée sur la figure IV.22.

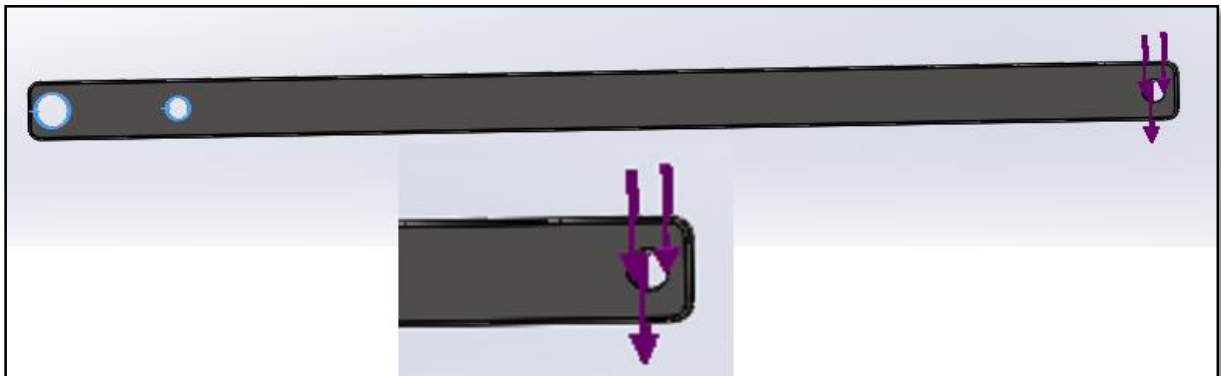


Figure IV.22 Force de 490N, appliquée sur l'extrémité de la barre

- Création du maillage : maillage standard, taille globale est 5.6mm et une tolérance de 0.28mm.

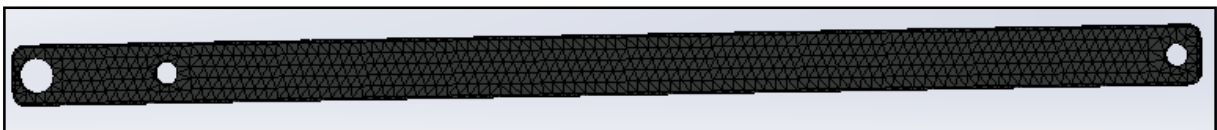


Figure IV.23 Maillage de bras de la cintreuse.

- Exécution de l'étude.

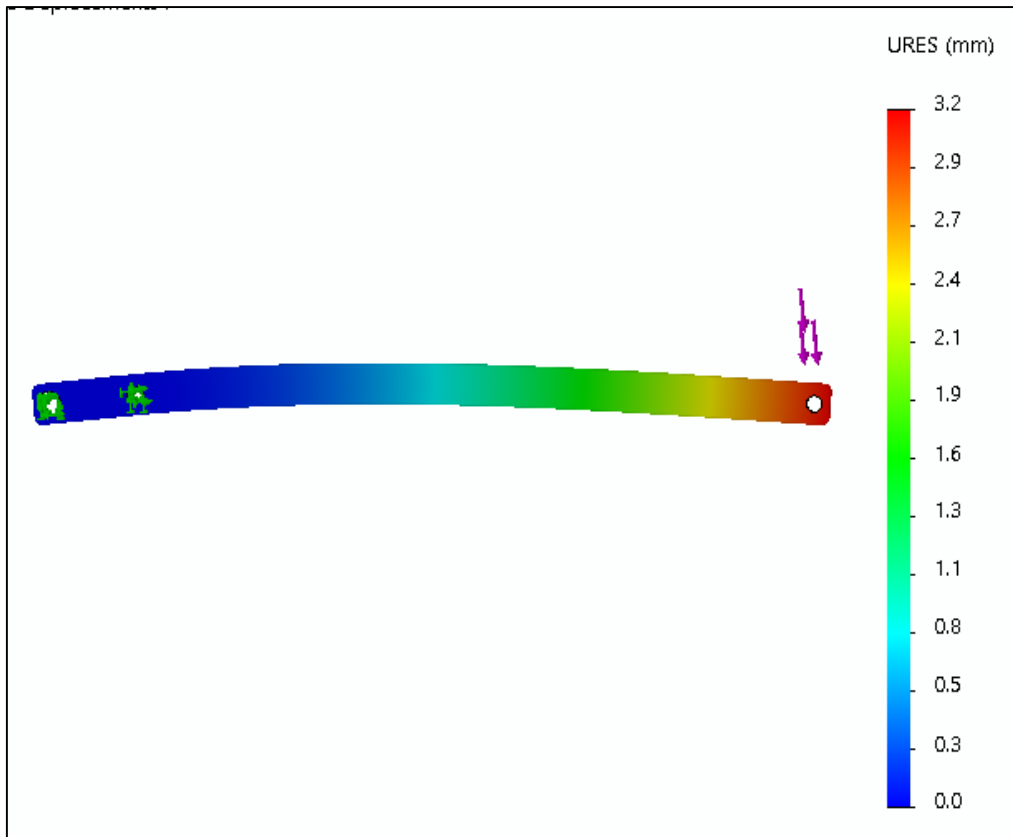


Figure IV.24 Le déplacement

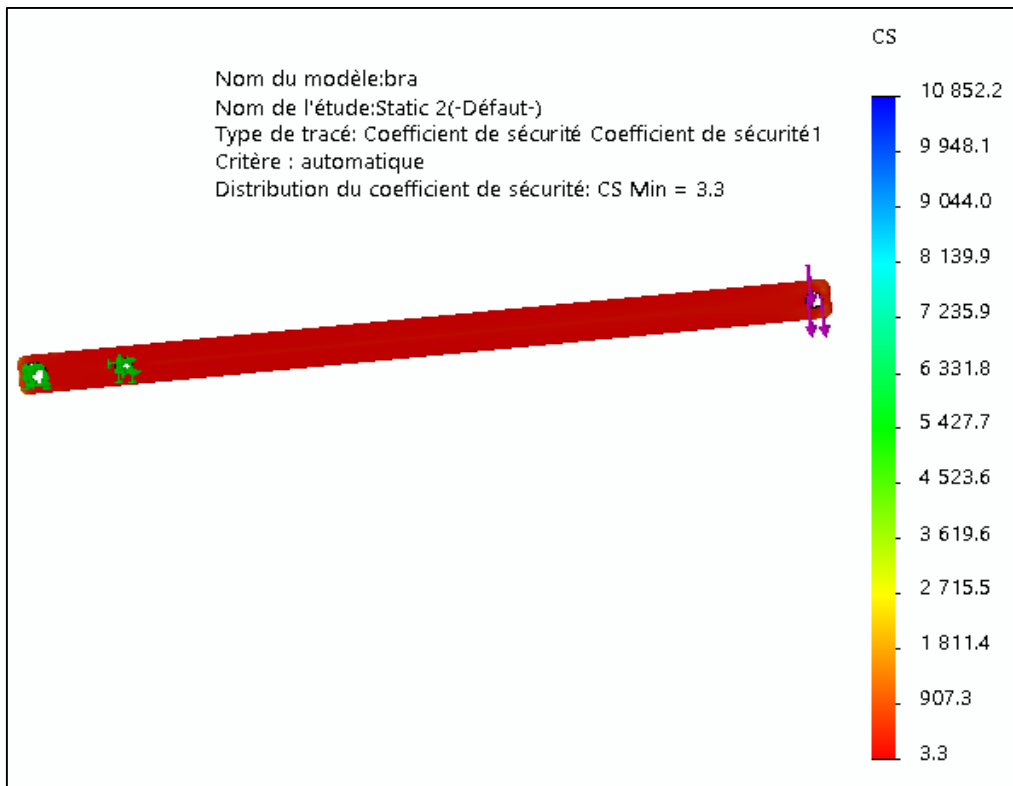


Figure IV.25 Coefficient de sécurité

Sur la figure IV.25 nous présentons la distribution du coefficient de sécurité qui est le rapport entre la limite d'élasticité du matériau choisi et la contrainte équivalente de Von Mises. La valeur de 3.3 nous indique que le bras est sollicité à une contrainte inférieure de 3 fois sa limite élastique, l'extrémité du bras se déplacera d'une valeur de 3.2mm qui reste faible vue la longueur de 1m du bras.

B. Axe 1

Le matériau utilisé pour notre pièce est un acier non allié ($Re=235$ MPa), on a appliqué le déplacement imposé aux points de fixation de notre mécanisme. Pour simuler le comportement de ce dernier, on a appliqué l'effort normal de 2900 N. avec un Maillage standard, taille globale est 4mm et une tolérance de 0.2mm.

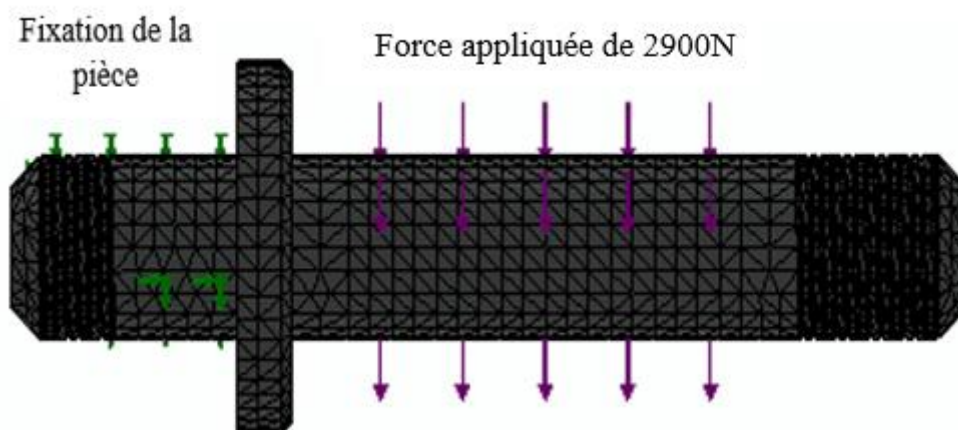


Figure IV.26 Coefficient de sécurité

Après exécution, le logiciel nous donne la possibilité de visualiser et de quantifier les résultats suivants :

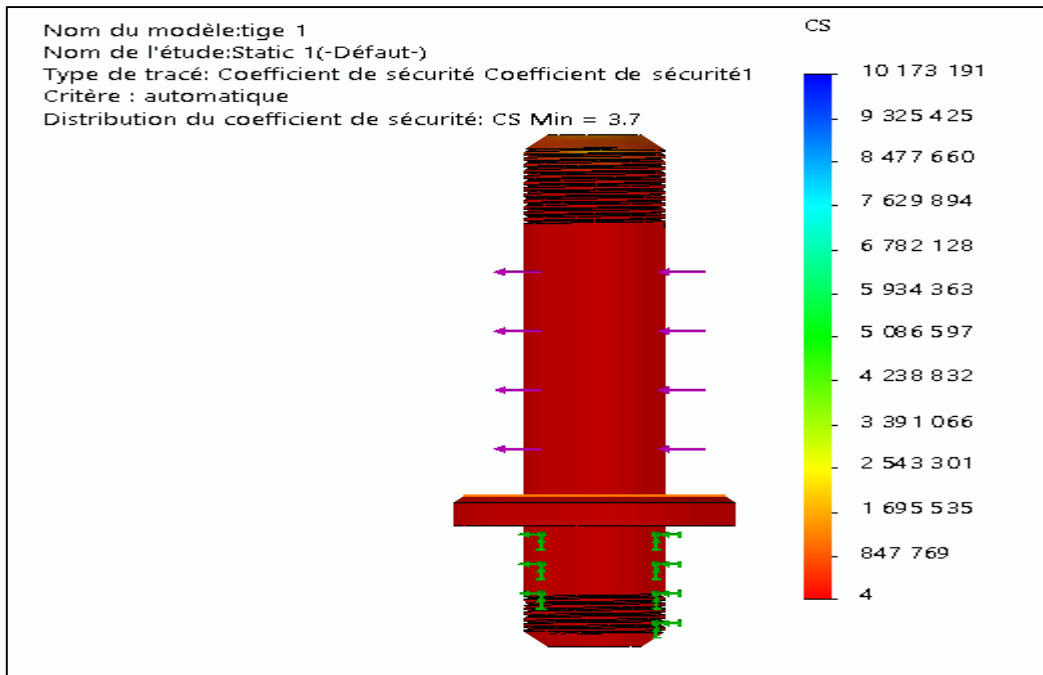


Figure IV.27 Coefficient de sécurité

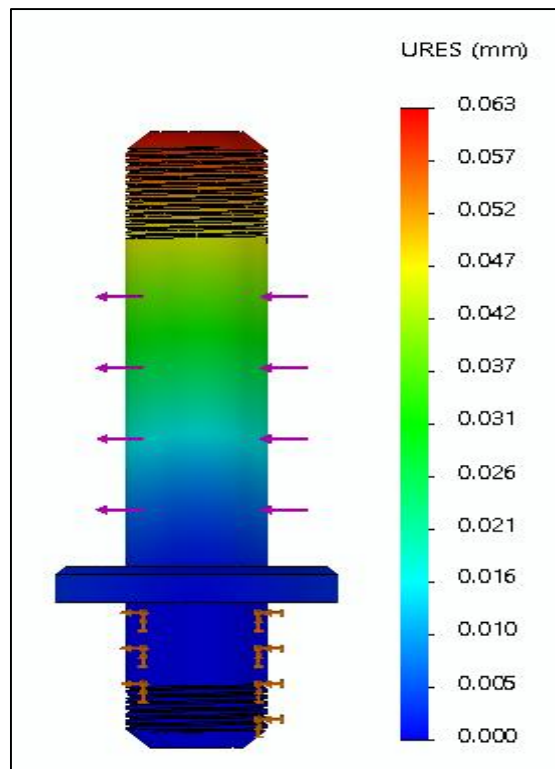


Figure IV.28 Déplacement

Globalement cette pièce présente une sécurité de 3.5 qui est d'un ordre supérieur à 3, donnant un indice de bonne résistance, avec un déplacement très faible de l'ordre de 0.063 mm.

C. Axe 2

Le matériau utilisé pour la pièce c'est un acier non allié ($Re=235$ MPa), on a appliqué le déplacement imposé aux faces de fixation des bras de cintrage, et on a appliqué un effort normal de 500 N, avec un Maillage standard, taille globale est 4mm et une tolérance de 0.2mm comme le montre la figure ci-dessous.

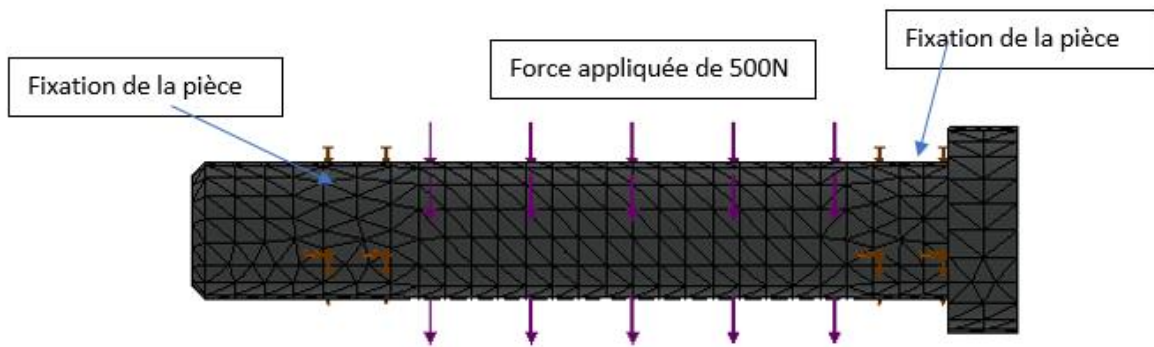


Figure IV.29 Représentation des forces appliquées et le maillage

Après exécution, le logiciel nous donne la possibilité de visualiser et de quantifier les résultats suivants :

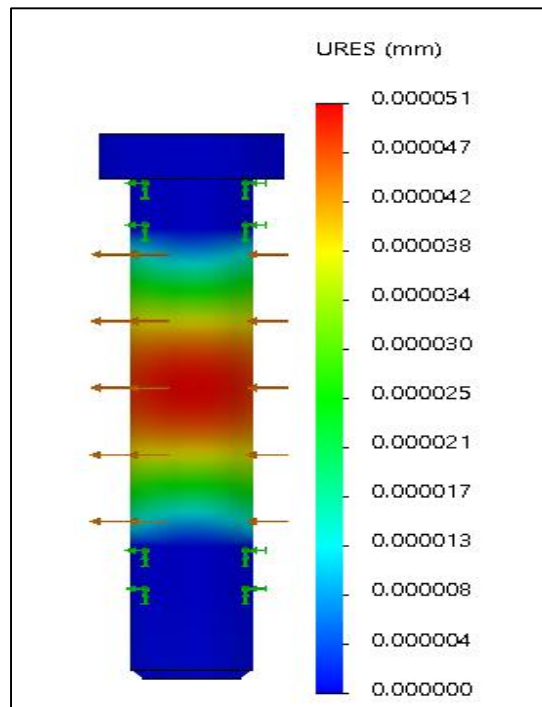


Figure IV.30 Déplacement

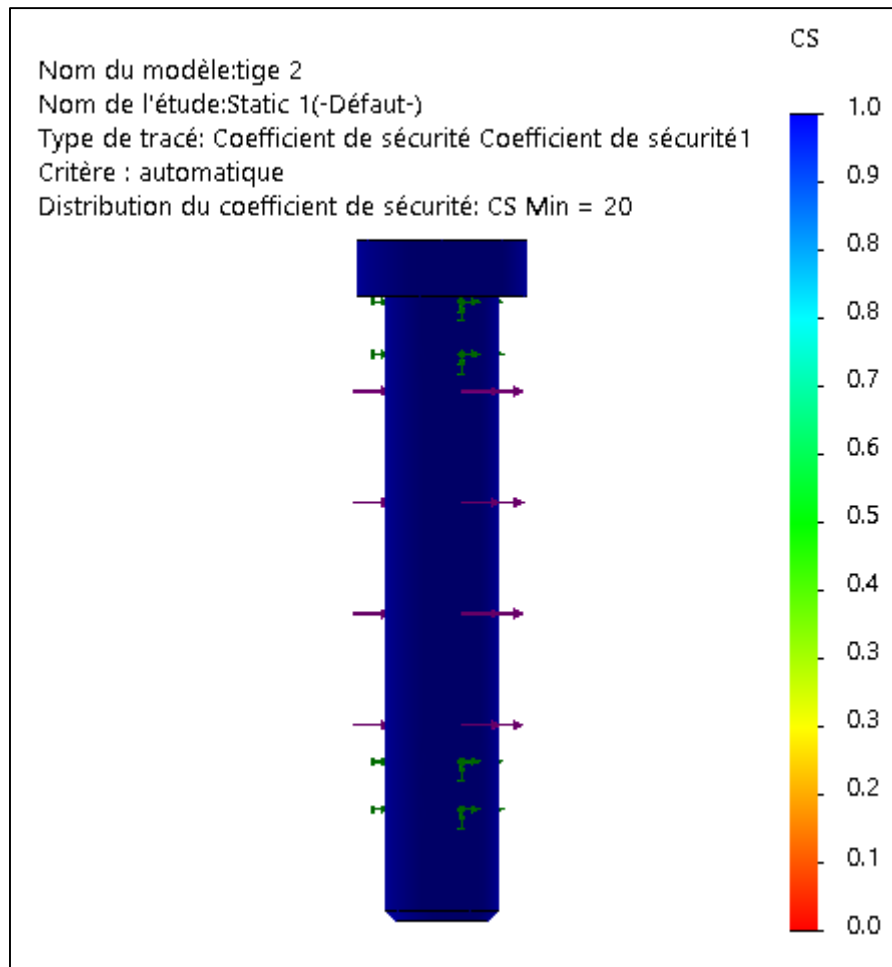


Figure IV.31 Coefficient de sécurité

A partir des figures IV.30 et IV.31 en constat que cette pièce présente une sécurité de 20 qui est d'un ordre supérieur à 3, donnant un indice de bonne résistance, avec un déplacement très faible de l'ordre de 0.000051 mm

D. Simulation de l'axe de la poignée

Pour la simulation statique de notre pièce on a appliqué un acier non allier ($Re=235\text{MPa}$), et un déplacement imposé à la face du contact avec la table, et un effort de 500N sur la face du contact de la poignée, avec un Maillage standard, taille globale est 4mm et une tolérance de 0.2mm comme le montre la Figure IV.32.

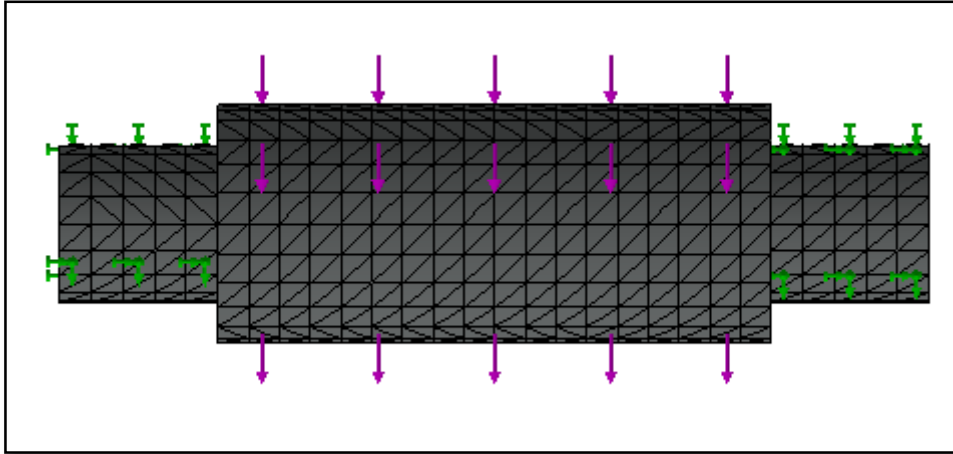


Figure IV.32 Maillage et effort externe

Après exécution, on a eu les résultats suivants :

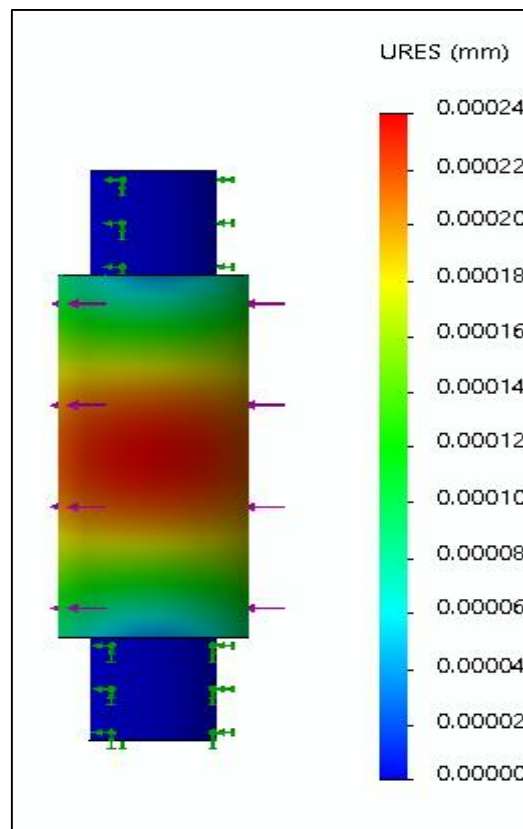


Figure IV.33 Déplacement

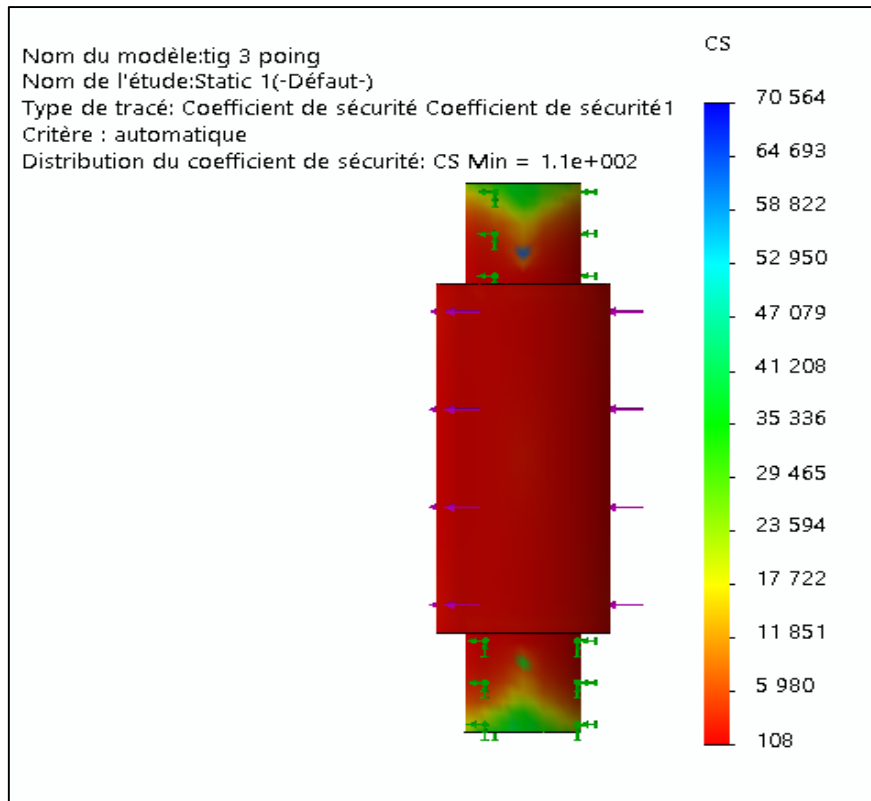


Figure IV.34 Coefficient de sécurité

D'après la figure IV.33 nous constatant que la pièce présente une sécurité de 8 qui en ordre supérieure à 1. Ce qui signifié que la pièce va résister aux charges externes. Avec un déplacement de 0.00024.

E. Simulation statique du Gousset

Pour la simulation statique du gousset nous avons choisi un acier d'usage générale ($Re=235\text{MPa}$), et une fixation sur la face de la face du contact avec les bras du cintrage, et un effort de 4600 N sur la face du contact du plaque d'appui, avec un Maillage standard, taille globale est 4mm et une tolérance de 0.2mm comme le montre la figure IV.35.

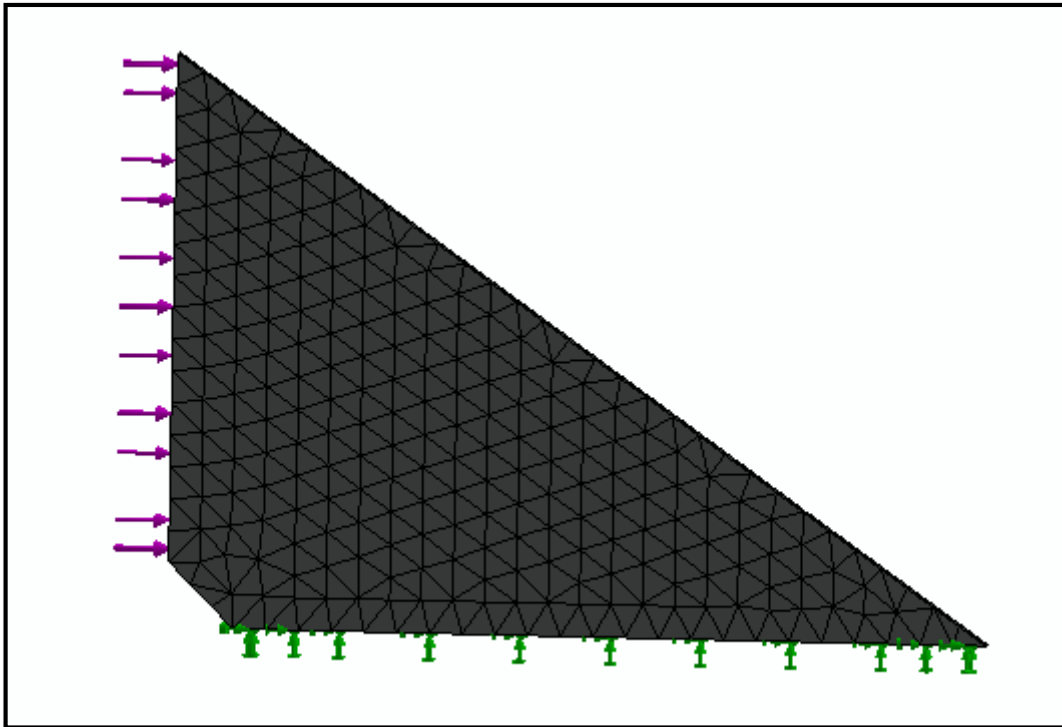


Figure IV.35 Maillage et charge externe

Les figures suivantes illustre le résultat d'analyse après l'exécution :

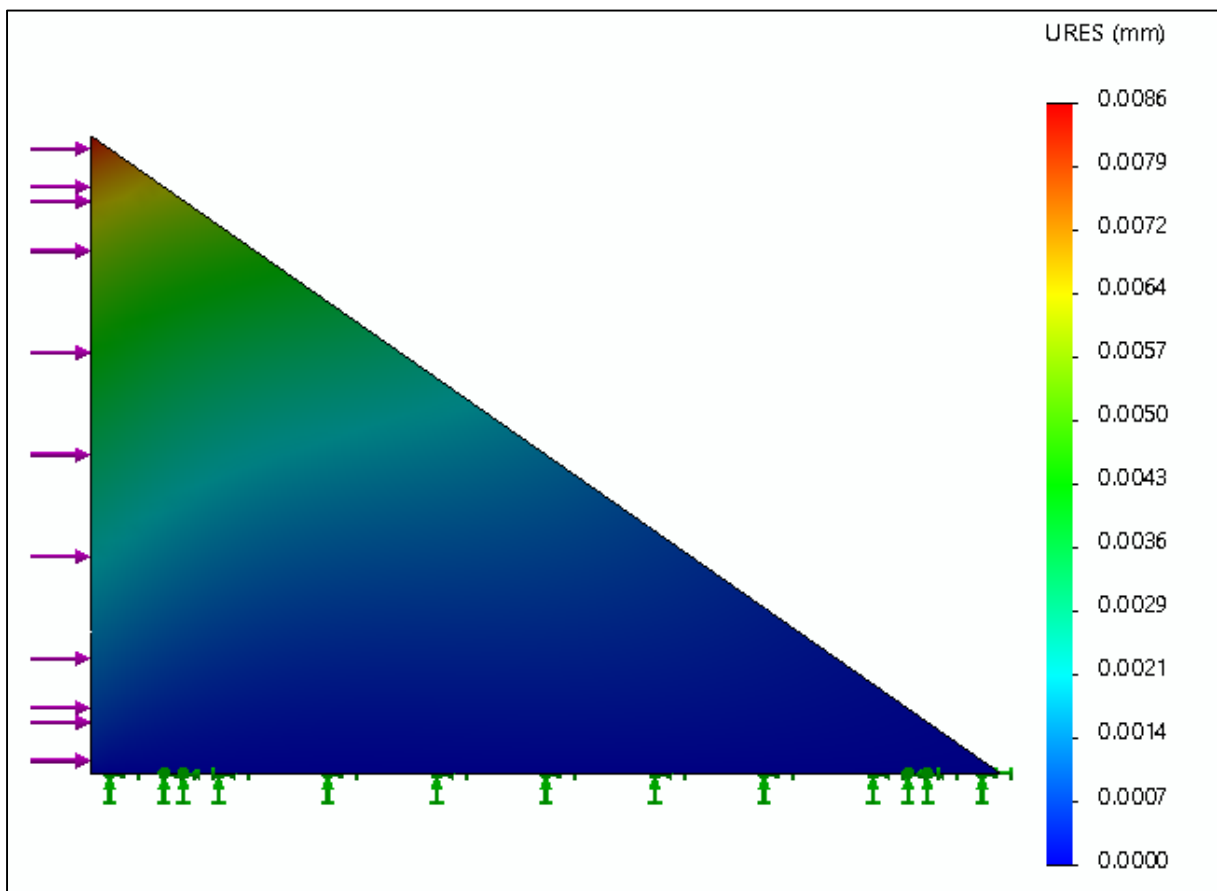


Figure IV.36 Déplacement

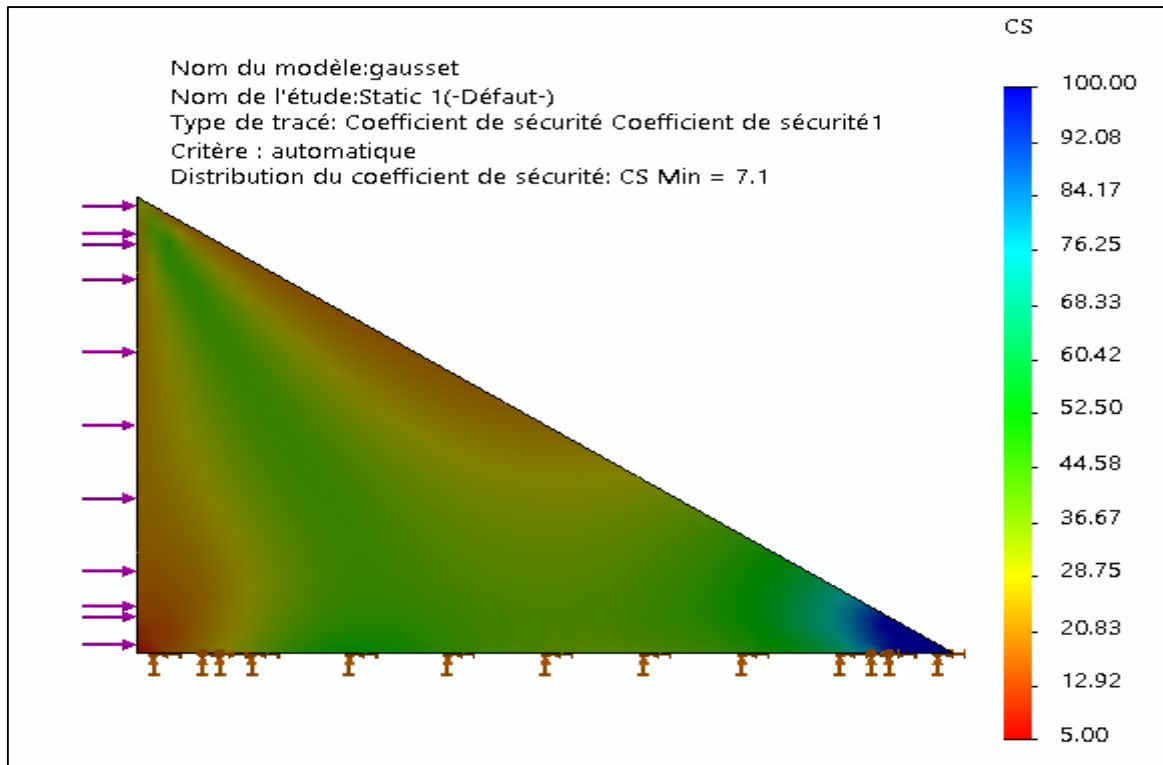


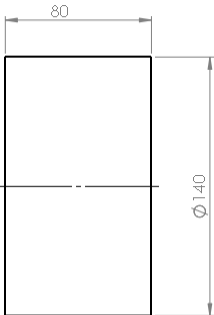
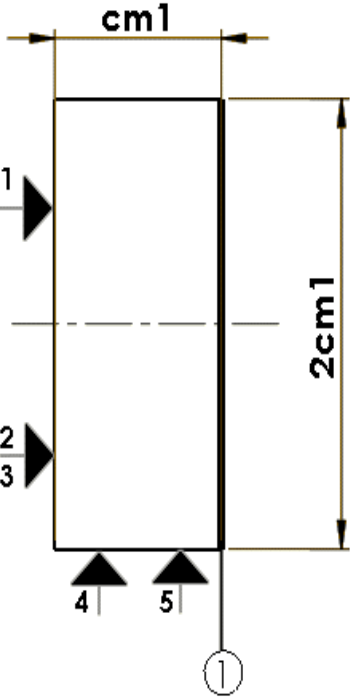
Figure IV.37 Coefficient de sécurité

En analysant les figures IV.36 et IV.37 on constate que le gousset présente une bonne résistance de l'ordre de 7 Et un déplacement maximum de 0.0086 mm qui est une valeur très faible, nous pouvons dire que globalement le gousset présente de bonnes dimensions pour faire face à l'appui du la tube lors du cintrage.

IV.6 Usinage des galets de notre cintreuse

La gamme d'usinage est la suite des opérations à réaliser pour passer de la pièce brute à la pièce finie. Une surface finie est rarement obtenue en une seule opération. Généralement, on effectue trois, voire quatre passes l'obtenir. Par ordre chronologique, ces opérations sont :

- L'ébauche (appelée aussi dégrossissage),
- la semi-finition,
- la finition,
- la superfinition.

GAMME D'USINAGE					
	Ensemble : Centreuse Elément : Grand galet	Nombre : 1 Matière : Acier non allié		N° : Pièce 2 1	
N°	Désignation des phases/ phase opération	Machine	Appareils et outillages	Contrôle	
100	Contrôle du Brut : Vérifier les Dimensions du Brut			Pieds à Coulisse	
200	Tournage : Référentiel de mise en position défini par : - Centrage court (4,5) - Butée (1,2et3) 201 : Dressage de 1 en finition Cm1=75 2cm1=140	Tour Conventionnel	Outil à dresser	Pieds à coulisse	

<p>300</p>	<p>Tournage : Référentiel de mise en position</p> <p>301 : Dressage de 2 en finition Cm2=70 2cm2=105</p>	<p>Tour Conventionnel</p>	<p>Outil à dresser</p>	<p>Pieds à coulisse</p>	
<p>400</p>	<p>Tournage : Référentiel de mise en position défini par : - entre pointes</p> <p>401 : Chariotage de 3 En finition Cm3=130 2cm3=37</p>	<p>Tour Conventionnel</p>	<p>Outil à Centré</p>	<p>Pieds à coulisse</p>	
<p>500</p>	<p>Tournage : Référentiel de mise en position défini</p> <p>501 : perçage de 4 en finition Cm4=Ø30</p>	<p>Tour Conventionnel</p>	<p>Foret</p>	<p>Pieds à Coulisse</p>	

<p>600</p>	<p>Tournage : Référentiel de mise en position défini Usinage de la surface 9 cm 5=39</p>	<p>Tour Conventionnel</p>	<p>Outil de forme circulaire</p>	<p>Pieds à Coulisse</p>	
-------------------	---	---------------------------	----------------------------------	-------------------------	--

Conclusion Générale

La réalisation et la compréhension de ce travail a nécessité un stage pratique au sein de l'entreprise VMS industrie sis à Ighzer Amokrane wilaya de Bejaia. Ce stage nous a été d'un grand bénéfice vue que nous avons vécu l'ambiance d'une entreprise de production de matériels roulant, nous avons suivi plusieurs étapes de fabrication des produits de cette entreprise allant du service du commerciale au simple ouvrier charger de montage ou de contrôle du scooter.

Nous avons aussi pris connaissance de l'organisation normalisée des entreprises à travers une longue recherche bibliographique, nous avons résumé le plus important de ces organisations que nous allons proposer à cette entreprise afin d'améliorer les conditions de travaux de ces ouvriers et de la qualité et quantité de production.

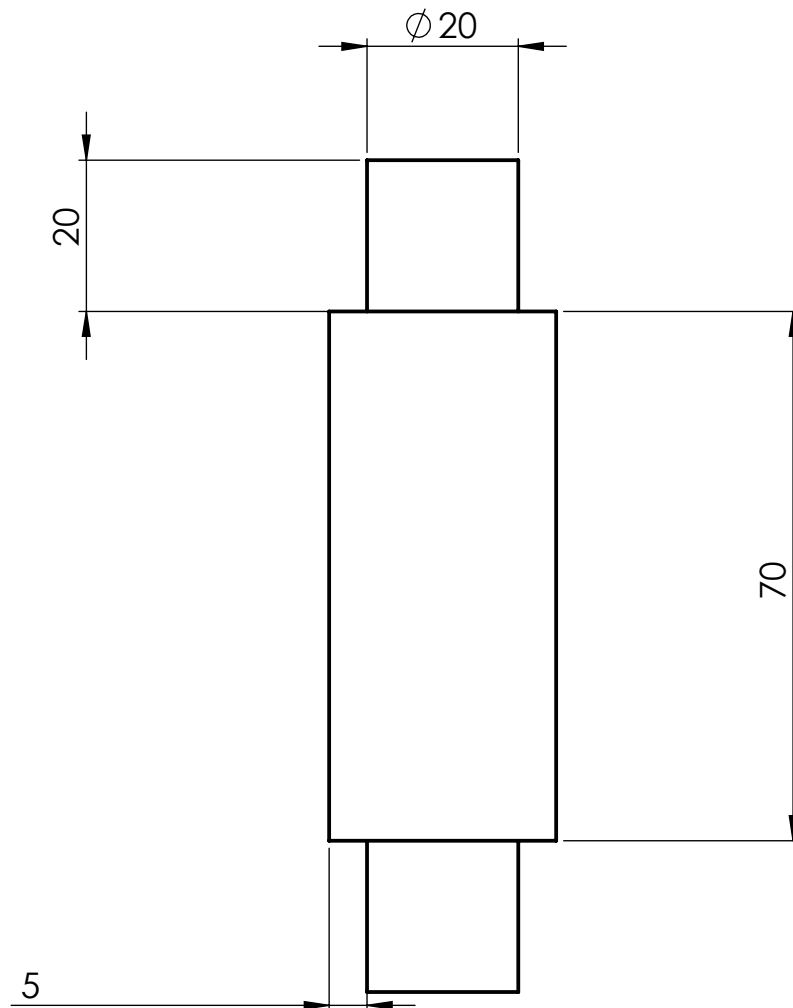
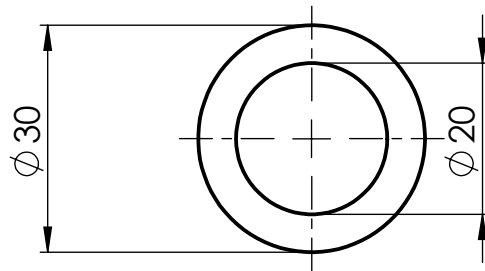
En dernier lieu nous avons apporté un plus très important à la fabrication du châssis du scooter à l'échelle local, en étudiant de manière judicieuse la conception et fabrication d'une centreuse des tubes au niveau du hall de technologie de l'université A-MIRA de BEJAIA, qui nous permet de cintrer les tubes de ce châssis, puis proposition d'une structure, qui nous assure un travail plus conviviale.

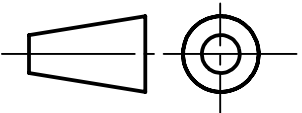
Enfin une étude de résistance faite avec le logiciel de conception assistée par ordinateur SolidWorks version 2016, Pour analyser le comportement de notre structure. Apres avoir entamé une simulation numérique des pièces importantes de cette machine en utilisent le même logiciel de CAO, nous sommes passé à la réalisation de cette machine, que nous avons présenté à la fin de ce travail.

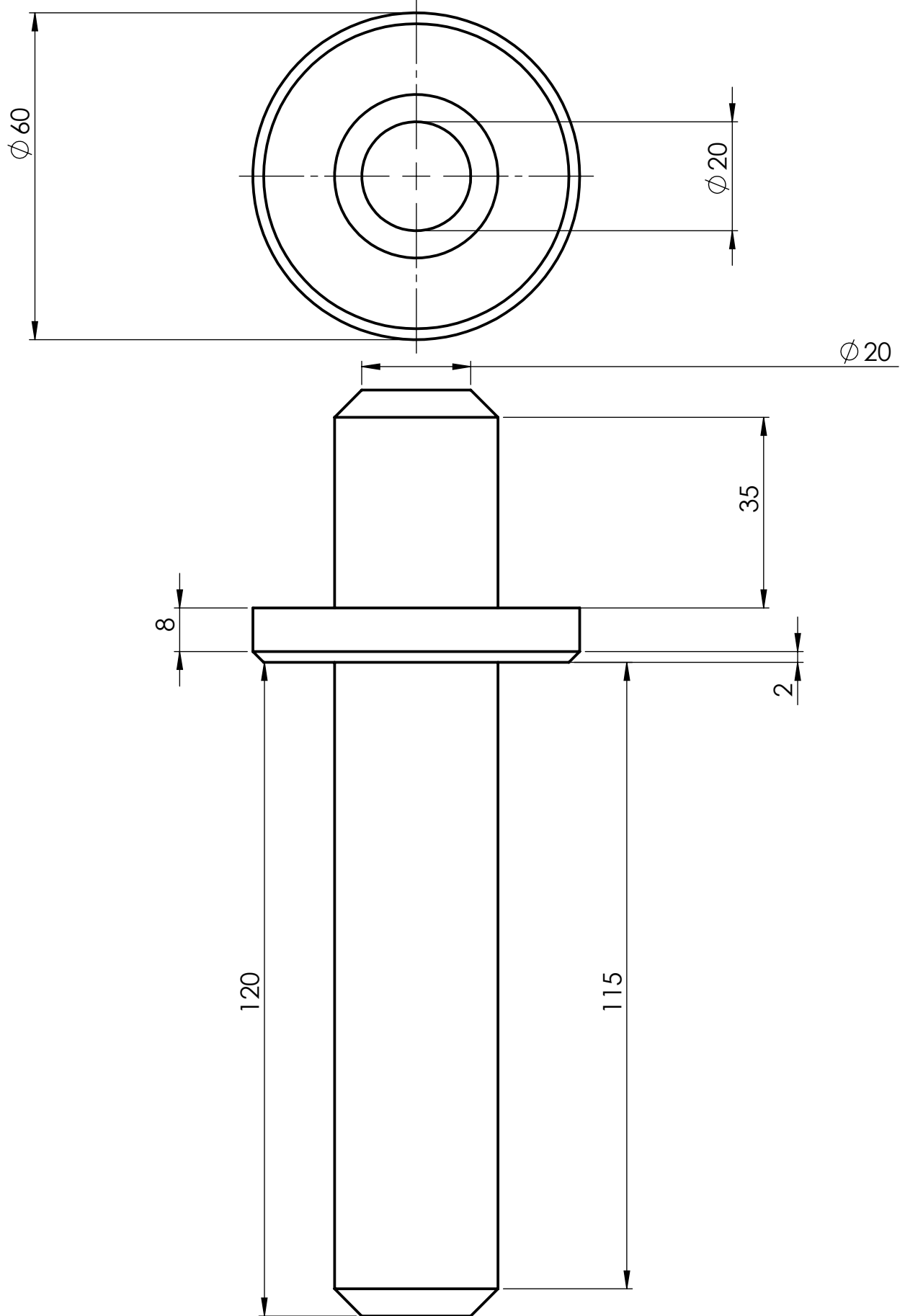
Références Bibliographiques

- [1] LAURENT WEISS, **Thèse de Doctorat** de l'université de lorraine sous thème : Contribution au développement d'un procédé de découpe laser haute-énergie/ jet d'eau haute-pression couplés, application à la découpe d'alliages métalliques, 5 juillet 2013.
- [2] KLAS WEMAN, procédé de soudage, Edition DUNOD 2012
- [3] site partenaire, **SODEURS.Com**, soudage au chalumeau, consulté MAIS 2018
- [4] Technologie en ouvrage métallique tome 2 - Jean Bassino 1987
- [5]CQRDA-Le Feuillard technique -le pliage et le cintrage de l'alluminium P (2-11)
- [6][Lee et al., 05] Lee, M.-G., Kim, D., Kim, C., Wenner, M.L., Wagoner, R.H., Chung,k;“Springbackevaluation of automotive sheets based on isotropic-kinematic hardening laws and nonquadraticanisotropic yield functions”. Part II: Characterization of material properties. Int. J. ofPlasticity 21, 883-914. 2005.
- [7](INTRODUCTION A SOLIDWORKS page 9)
- [8]<https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-cao-4453/>
- [9]Prise en main de SolidWorks PDF (Académie d'Orléans-Tours)

Les annexes



UNIVESITE A-MIRA BEJAIA		Le 18/06/2018
Echelle	1:1	Axe de la poignée
		acier doux
HAMITRI-Y et AIT OUKLI-A		Master 2 FMP



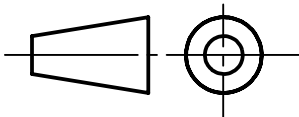
UNIVESITE A-MIRA BEJAIA

Le 18/06/2018

Echelle 1:1

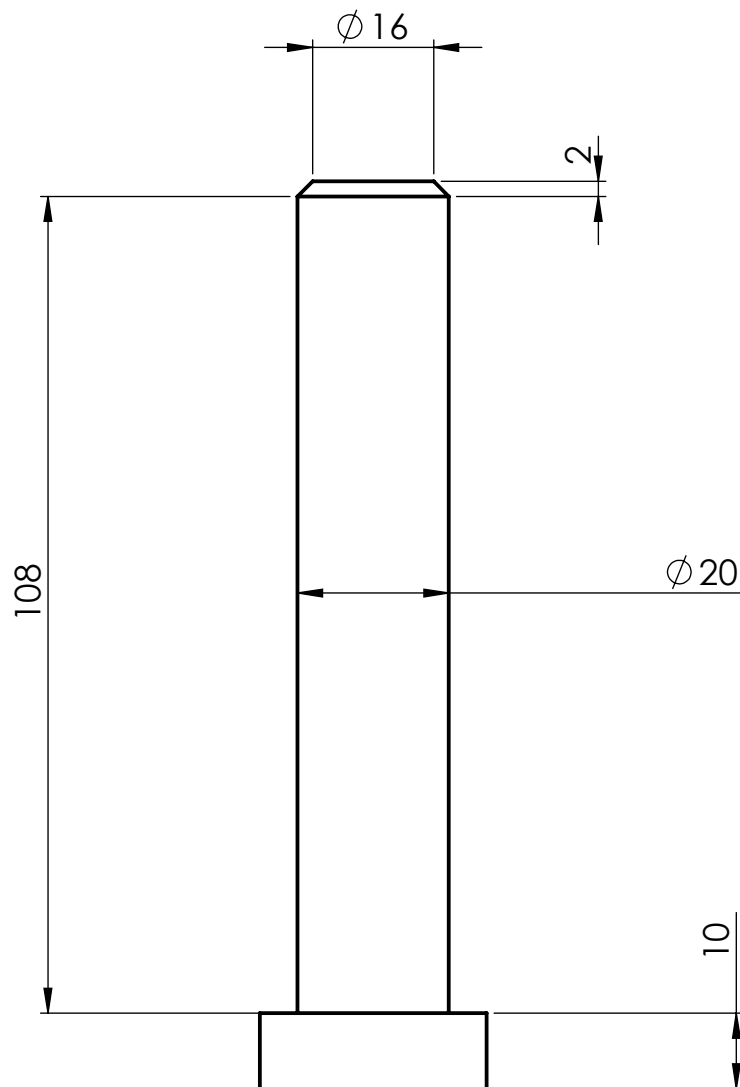
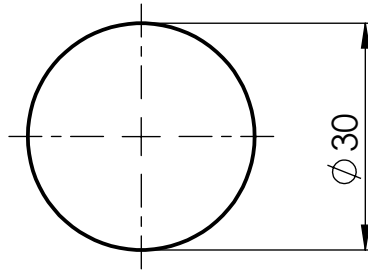
Axe pivot de grand galet

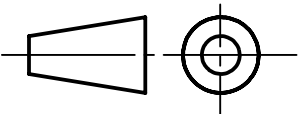
acier doux

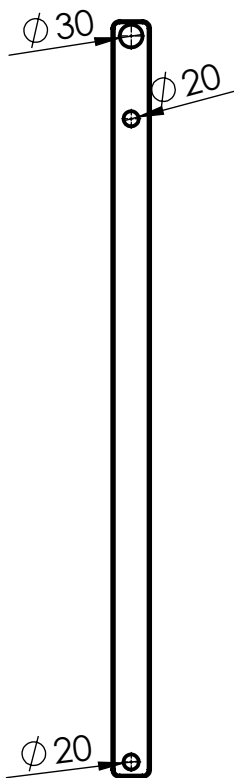
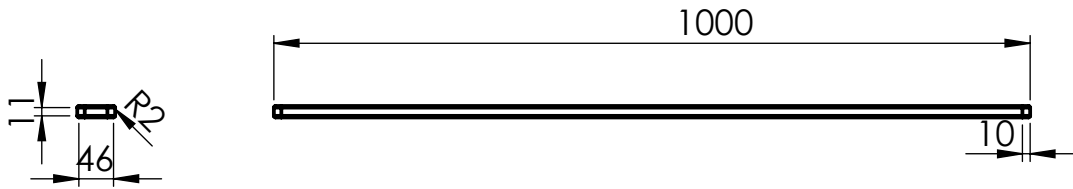


HAMITRI-Y et AIT OUAKLI-A

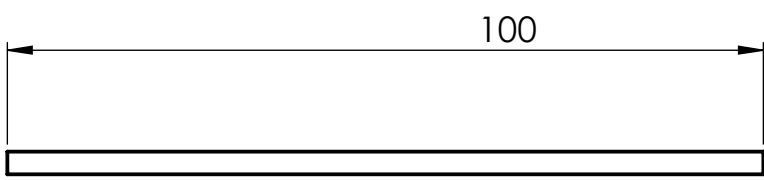
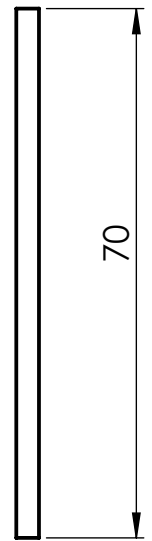
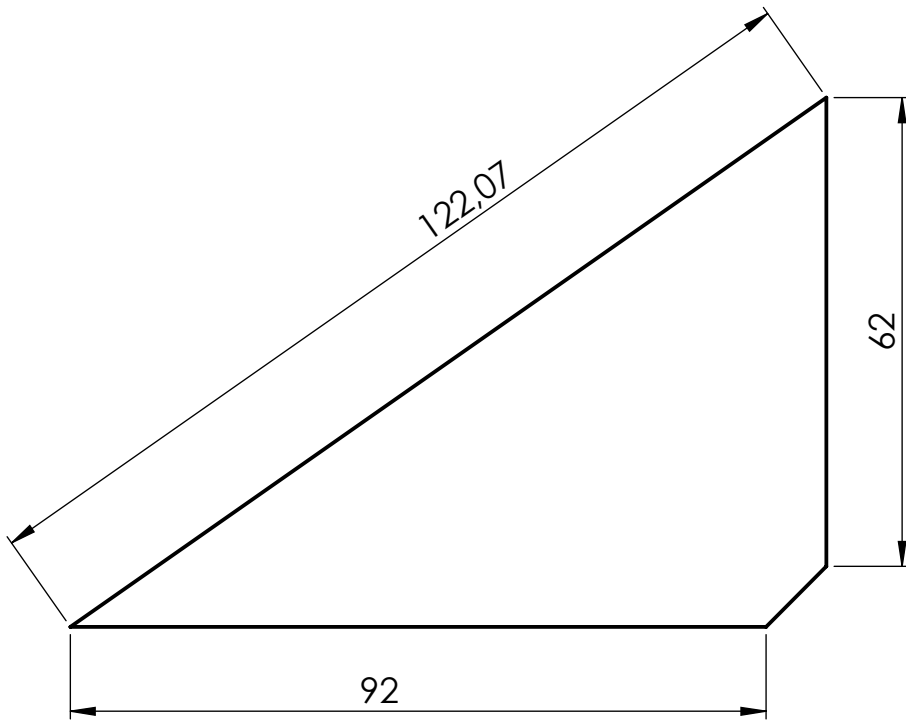
Master 2 FMP



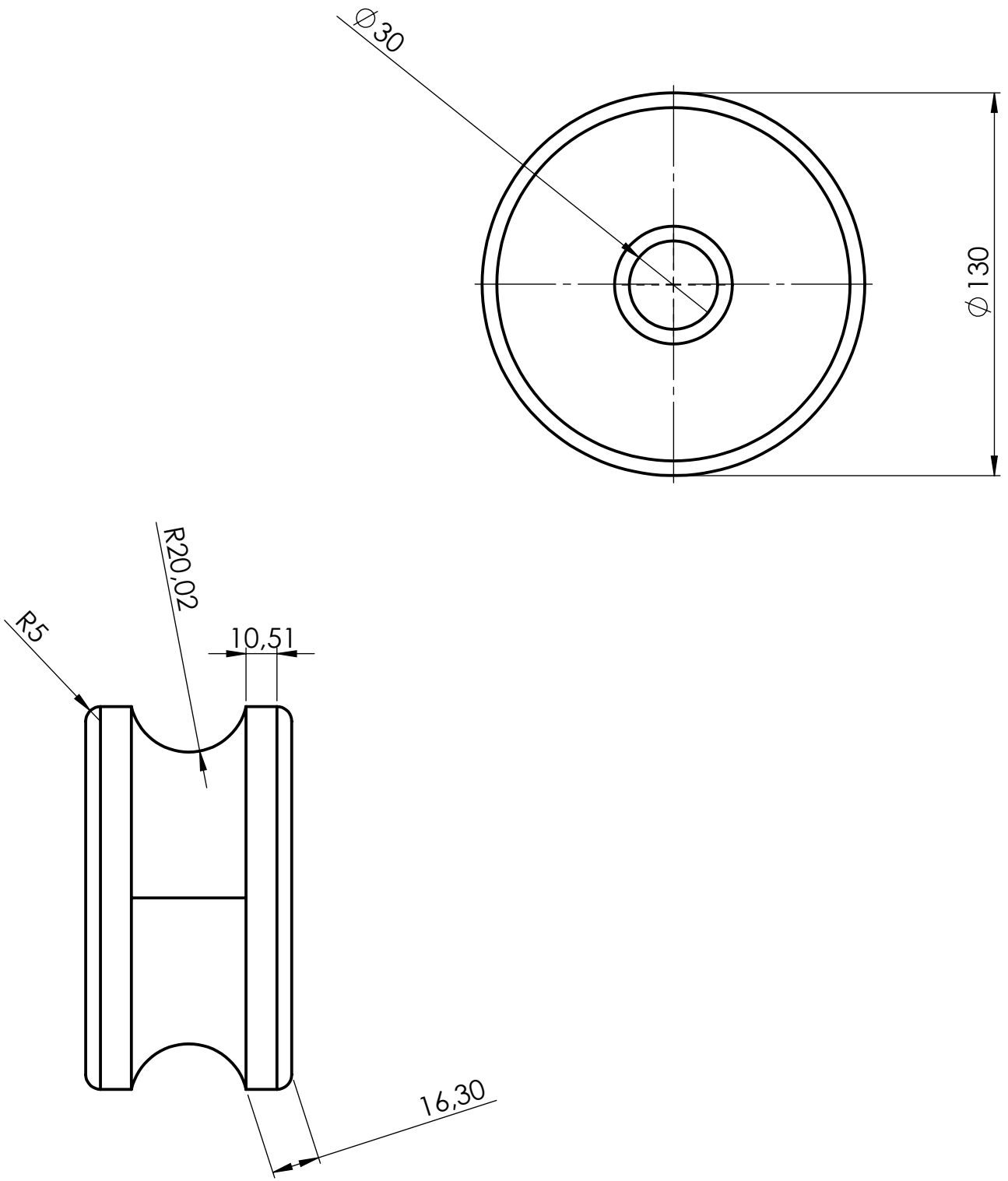
UNIVESITE A-MIRA BEJAIA		Le 18/06/2018
Echelle	1:1	Axe pivot de petit galet
		acier doux
		Master 2 FMP
HAMITRI-Y et AIT OUKLI-A		



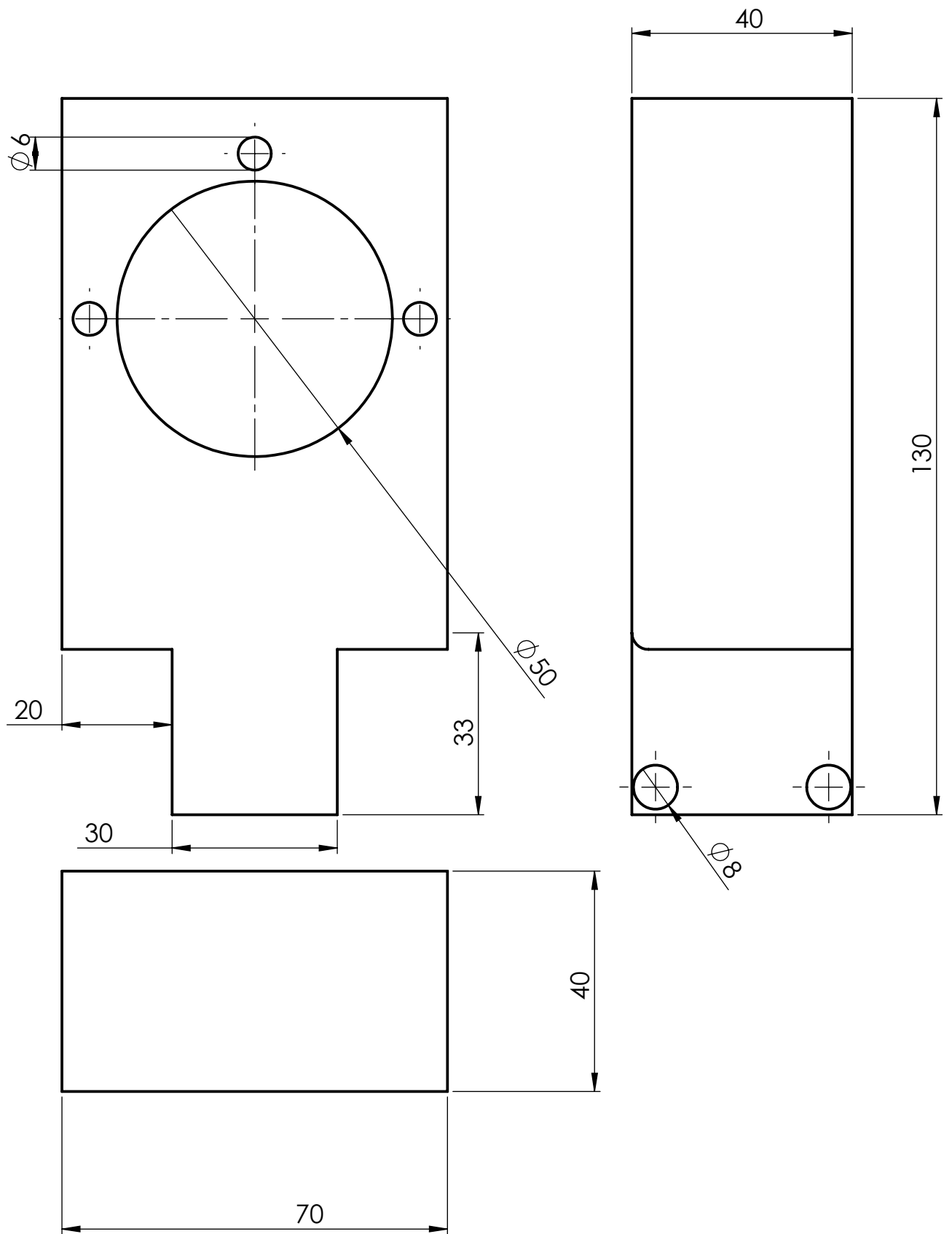
UNIVESITE A-MIRA BEJAIA		Le 18/06/2018	
Echelle	1:10	Bras	
		acier	
		HAMITRI-Y et AIT OUAkli-A	
		Master 2 FMP	

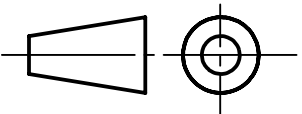


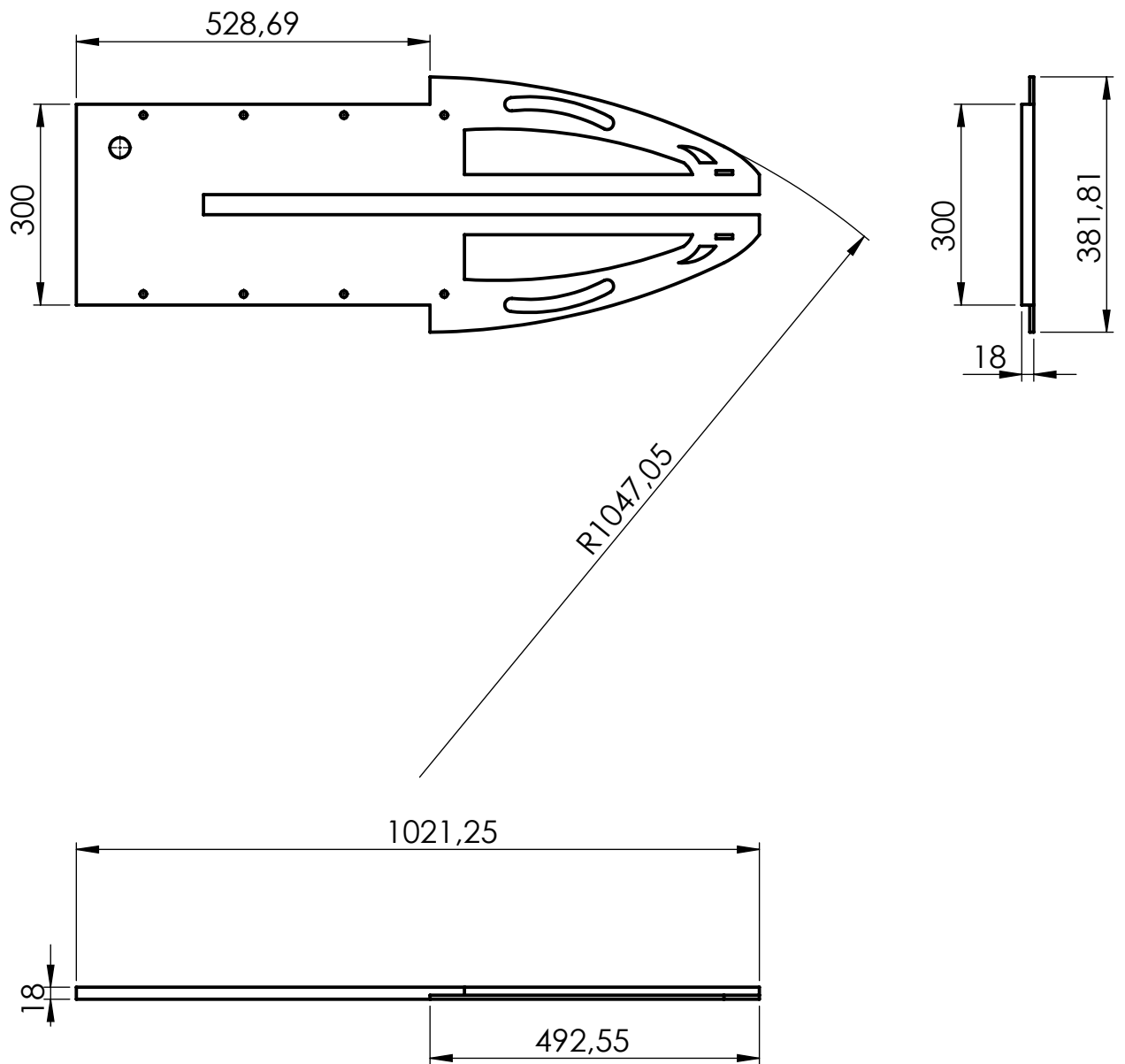
UNIVESITE A-MIRA BEJAIA		Le 18/06/2018	
Echelle	2:1	Gousset	
		acier	
		HAMITRI-Y et AIT OUKLI-A	
		Master 2 FMP	

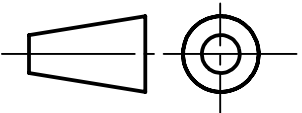


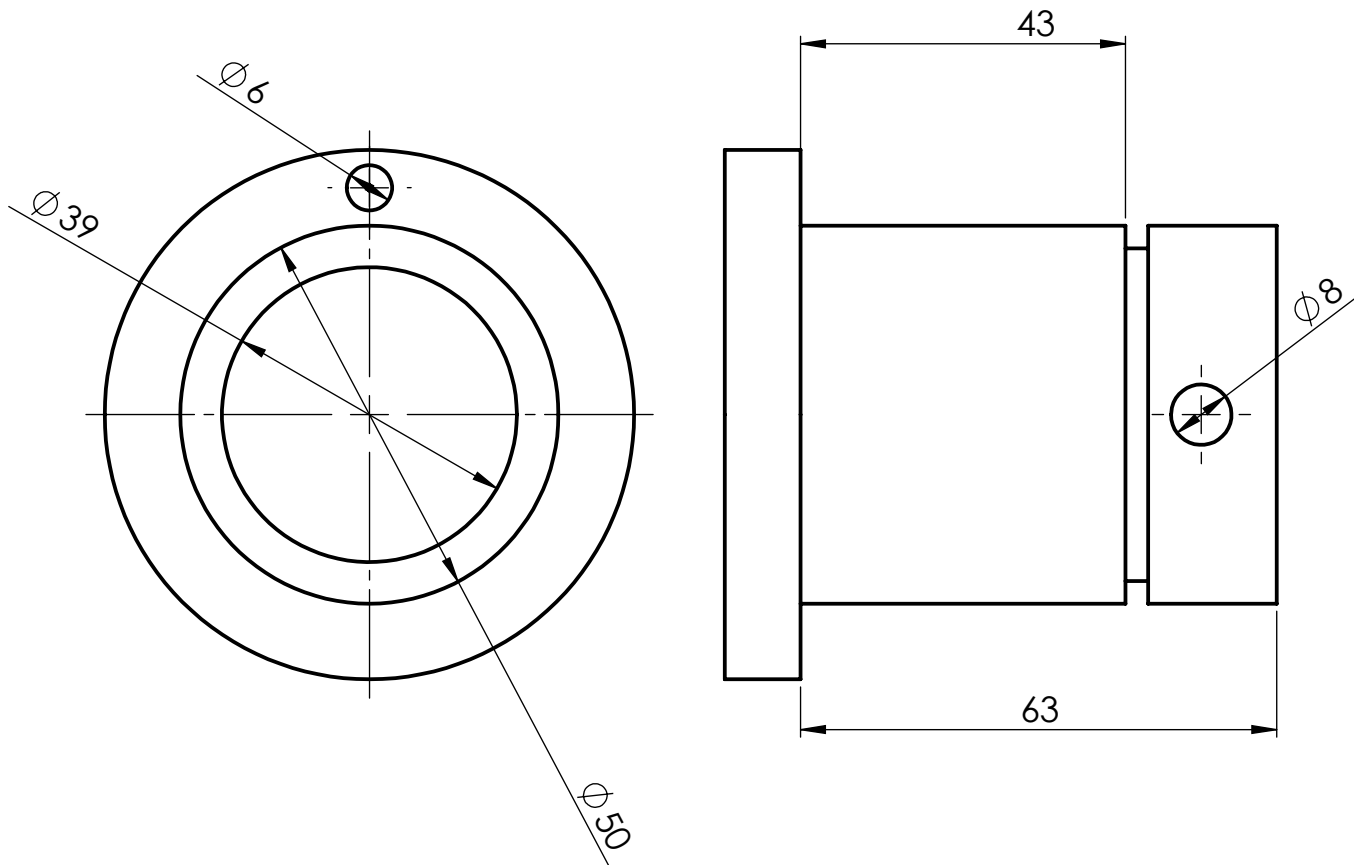
UNIVESITE A-MIRA BEJAIA		Le 18/06/2018	
Echelle	1:2	grand galet	acier
			HAMITRI-Y et AIT OUKLI-A



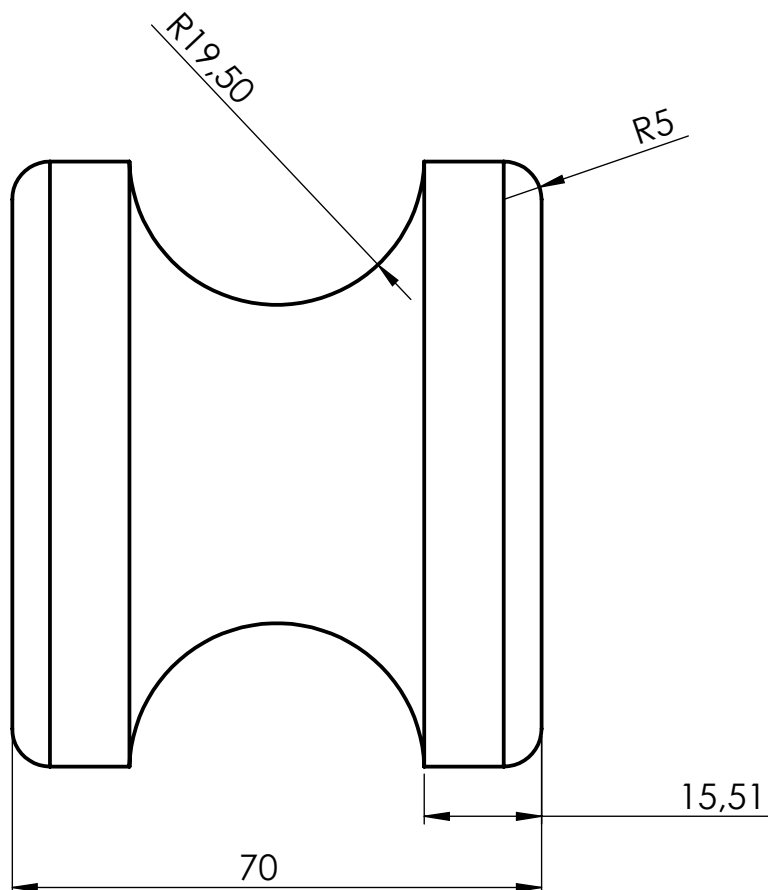
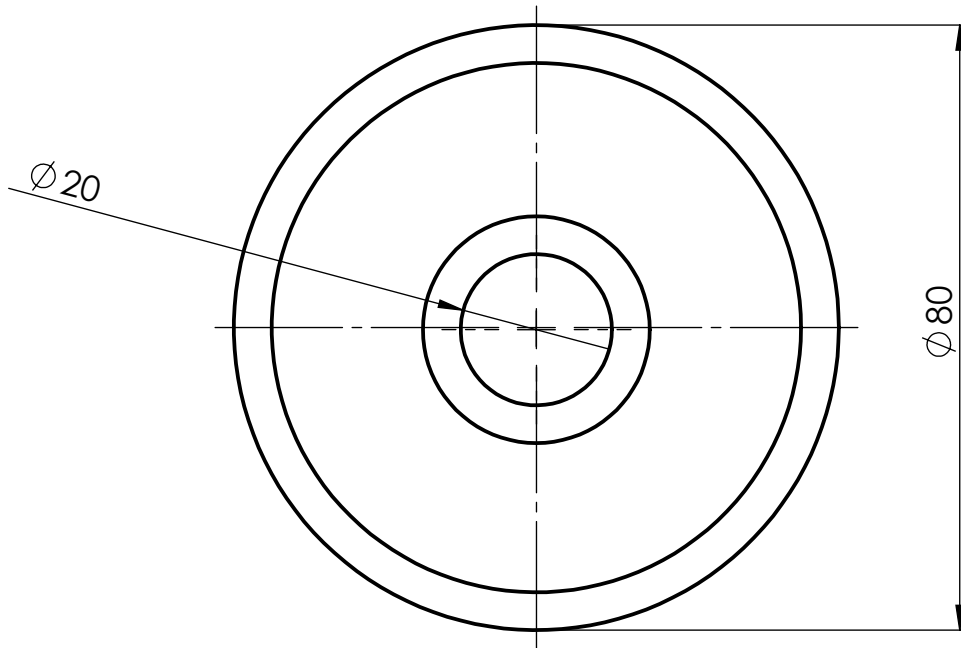
UNIVESITE A-MIRA BEJAIA		Le 18/06/2018	
Echelle	1:1	plaque d'acompagnement de tube	acier
			HAMITRI-Y et AIT OUKLI-A



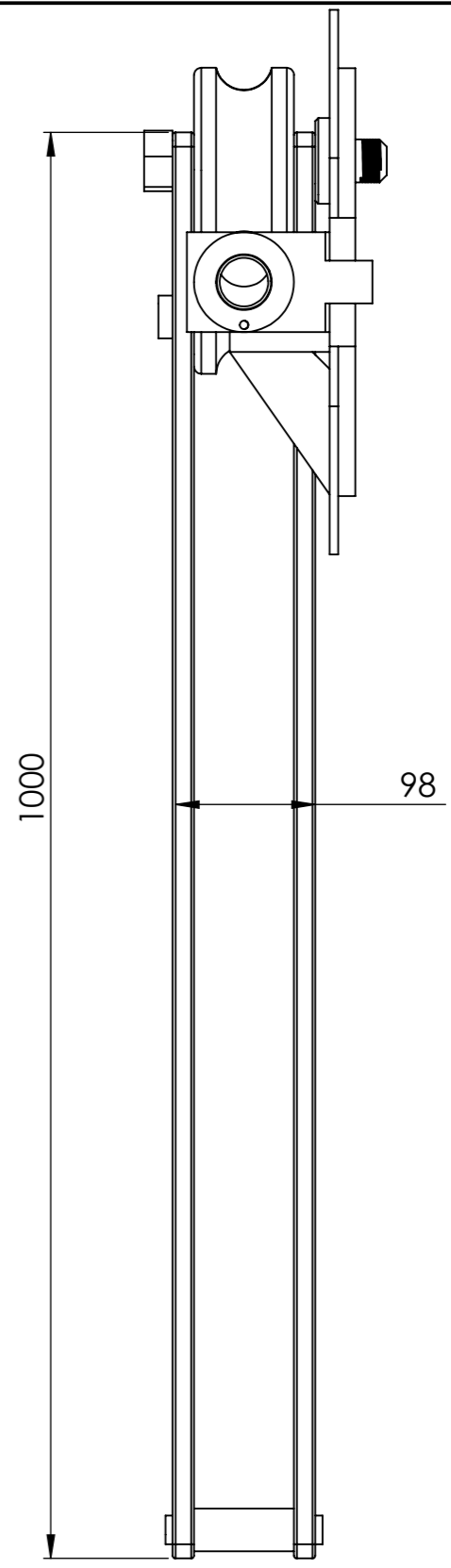
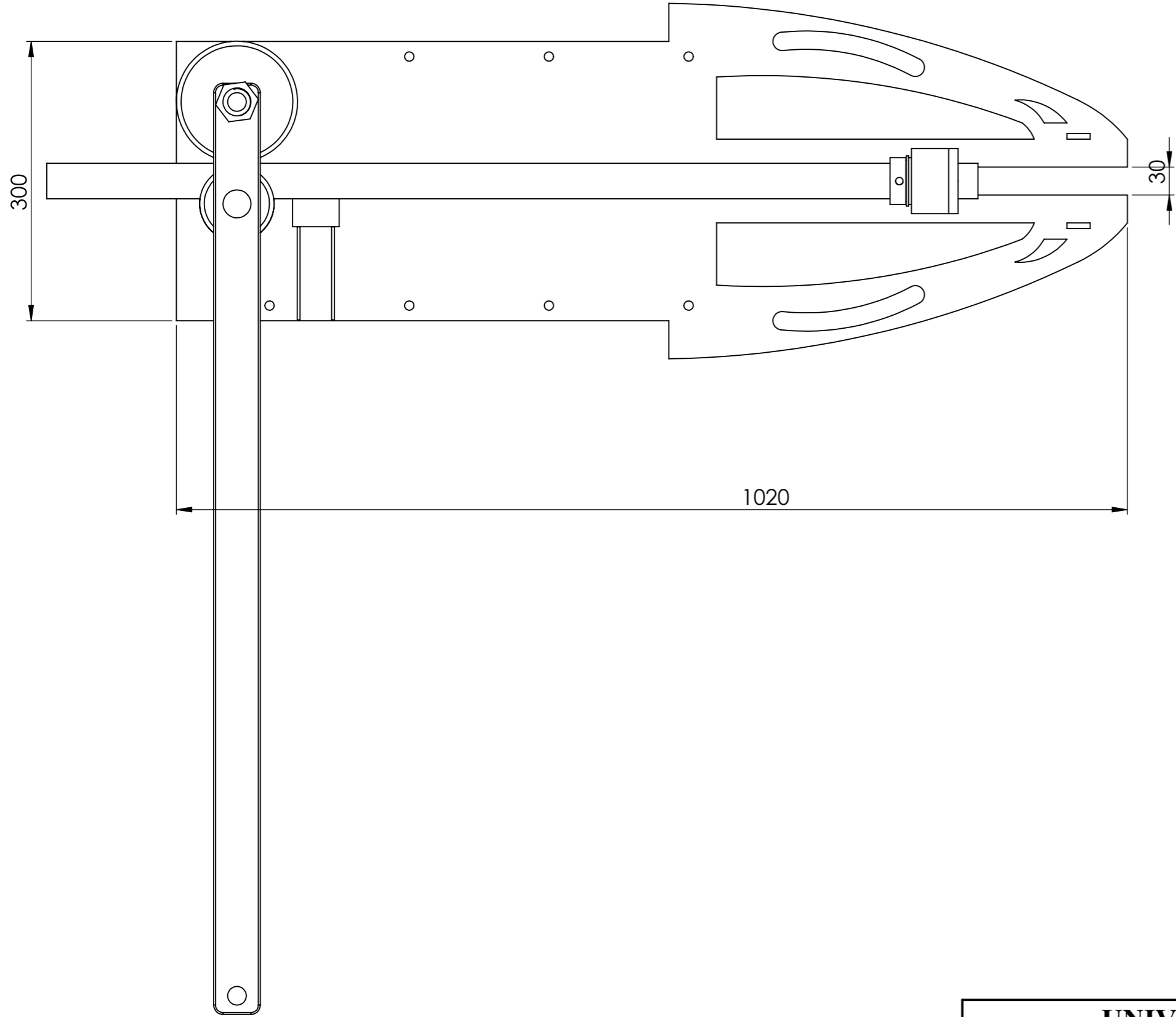
UNIVESITE A-MIRA BEJAIA		Le 18/06/2018	
Echelle	1:10	socle de la machine	
		tôle de 6 mm	
		HAMITRI-Y et AIT OUAKLI-A	
		Master 2 FMP	



UNIVESITE A-MIRA BEJAIA		Le 18/06/2018	
Echelle	1:1	chemise guide tube	Matière acier
		HAMITRI-Y et AIT OUKLI-A	Master 2 FMP



UNIVESITE A-MIRA BEJAIA		Le 18/06/2018
Echelle 1:1	petit galet	Matière acier
		Master 2 FMP
HAMITRI-Y et AIT OUKLI-A		



UNIVESITE A-MIRA BEJAIA		Le 18/06/2018
Echelle	5:1	Cintruse
		Matière acier
AIT OUKLU .A et HAMITRI .Y		Master 2 FMP

Résumé

L'entreprise VMS industrie veut intégrer le domaine de la fabrication des châssis de scooter type Cuxi.

La fabrication de châssis d'un scooter passe par quatre procédés :

Le découpage, Le cintrage, Le soudage, Contrôle et vérification.

Nos collègues étudiants ont déjà travaillé sur cette problématique à deux occasions.

Où le premier binôme a étudié la résistance de ce châssis le second binôme a créé un gabarit de soudage qui permet d'assembler toutes les pièces de ce châssis.

Notre apport pour cette année est l'étude du procédé de cintrage, pour cela nous avons conçu une cintreuse sur le logiciel de CAO (SOLIDWORKS 2016) afin de nous permettre de faire des tests pratique afin de valider les calculs théoriques.

Abstract

The company VMS industry wants to integrate the field of manufacture of scooter chassis type Cuxi.

Chassis manufacture of a scooter goes through four processes:

Cutting, Bending, Welding, Control and verification.

Our student colleagues have already worked on this issue on two occasions.

Where the first pair has studied the strength of this chassis, the second pair has created a welding template that allows assembling all parts of this frame.

Our contribution for this year is the study of the bending process, for this, we designed a bender on the CAD software (SOLIDWORKS 2016) to allow us to do practical tests to validate the theoretical calculations.

