

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Fabrication mécanique et productique

Par :

BRAHAM Meziane

HOUARI Nouredine

Thème

ETUDE ET CONCEPTION DU CHASSIS D'UN TRICYCLE-MOTEUR DE VILLE

Soutenu le 13 /07/2022 devant le jury composé de:

Pr. M.A.BRADAI

Président

Dr. A.IDIR

Rapporteur

MCA. M.HADJOU

Examineur

Année Universitaire 2021-2022

Remerciements

Nous voudrions manifester notre profonde gratitude à notre promoteur Mr IDIR .A qui nous a guidé et encouragé tout au long de notre travail, les judicieux conseils et remarques qu'il nous a prodigués nous ont été bénéfiques et nous ont inculqués de nouvelles notions.

Nous tenons, également, à lui exprimer notre profonde reconnaissance pour sa disponibilité, sa patience ainsi pour le temps précieux qu'il nous a consacré.

Nos remercions aussi tous les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'avoir accepté de juger notre travail.

Comme nous tenons à exprimer nos sentiments les plus sincères à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Nous leurs somme très reconnaissants.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents

Mon cher frère Salem

Mes sœurs.

*A tous mes amis (es) ainsi que tous les gens qui m'ont
soutenu durant mes études.*

MEZIANE.B

DEDICACES

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À :

- MES CHERS PARENTS.

- MES CHERS FRÈRES.

- À TOUTE LA FAMILLE.

- TOUS MES AMIS CHACUN SON NOM.

NOUREDDINE.H

Table des matières

Liste des figures	I
Liste des tableaux	III
Introduction générale.....	1
Chapitre I. Etude bibliographique	1
I.1 Introduction.....	2
II.2 Bref historique	2
I.3 Constituants d'un tricycle-moteur de ville.....	3
I.3.1 Châssis.....	3
I.3.2 Guidon.....	3
I.3.3 Roues.....	3
I.3.4 Moteur	3
I.3.5 Disque de frein	3
I.3.6 Selle.....	3
I.4 Rôle et importance des châssis	3
I.5 Configurations de châssis de tricycle-moteur de ville	4
I.5.1 Cadre à simple berceau	4
I.5.2 Cadre à double berceau	4
I.5.3 Cadre à poutre	5
I.5.4 Cadre coque.....	5
I.5.5 Cadre treillis	5
I.5.6 Cadre ouvert	6
I.5.7 Cadre périmétrique.....	6
I.5.8 Cadre oméga.....	6
I.6 Châssis tubulaire	7
I.6.1 Définition	7
I.6.2 Conception d'un châssis tubulaire.....	7
I.6.3 Avantages et inconvénients du châssis tubulaire	7
I.7 Résistance mécanique d'un matériau (cas d'un profilé tubulaire).....	8
I.7.1 Résistance à la torsion des tubes	8
I.7.2 Résistance au flambement et à la compression des tubes	8
I.7.3 Résistance à la flexion des tubes	8
I.7.4 Résistance générale des assemblages de tubes.....	8
I.8 Intérêt des tubes pour la fabrication des châssis tubulaire.....	9

I.8.1 Intérêt des tubes pour l'aérodynamisme.....	9
I.8.2 Intérêt des tubes pour la corrosion	9
I.8.3 Intérêt des tubes pour l'esthétique.....	9
I.9 Préparation des tubes pour l'assemblage	9
I.9.1 Mise en forme d'un profilé tubulaire (découpage et cintrage de tube)	9
I.9.2 Coupes en forme.....	9
I.9.3 Coupes à la scie	10
I.10 Ebavurage	11
I.10.1 Définition	11
I.10.2 Réalisation	11
I.11 Cintrage des tubes	11
I.11.1 Définition	11
I.11.2 Techniques de cintrage.....	12
I.11.2.1 Cintrage à la main.....	12
I.11.2.2 Cintrage par compression	13
I.11.2.3 Cintrage par enroulement	13
I.11.2.4 Cintrage par pousser	14
I.11.2.5 Cintrage par appui en porte à faux.....	15
I.12 Soudage.....	15
I.12.1 Définition	15
I.12.2 Conditions d'installation de la liaison métallique	15
I.12.3 Types de soudage	16
I.12.4 Classification des procédés de soudage	16
I.12.5 Soudage Oxyacétylénique	16
I.12.5.2 Principe du soudage OA	17
I.12.5.5 Chalumeau	18
I.12.5.6 Détendeur.....	18
I.12.5.7 Mode opératoire.....	18
I.12.5.8 Flamme oxyacétylénique	19
I.12.5.9 Sécurité autour du soudage OA	19
I.12.6 Défauts de soudure	19
I.12.6.4 Fissures	20
I.13 Brasage.....	20
I.13.1 Définition	20
I.13.2 Méthodes de brasage	20

I.13.3 Soudo-brasage	21
I.13.3.1 Principe de soudo-brasage	21
I.13.3.2 Condition à remplir pour une liaison optimale en soudo-brasage	21
Chapitre II. Dimensionnement et procédés de fabrication	22
II.1 Introduction	22
II.2 Outil de conception (logiciel Solidworks)	22
II.2.1 Eléments mécano-soudé.....	22
II.3 Matériaux.....	23
II.3.1 Qu'est-ce que l'acier ?	23
II.3.2 Propriétés physiques et technologiques de l'acier	23
II.3.2.1 Élasticité	23
II.3.2.2 Résistance à la traction	23
II.3.2.3 Ténacité	23
II.3.2.4 Résistance aux chocs	23
II.3.2.5 Dureté	23
II.3.2.6 Soudabilité.....	24
II.3.3 Types d'acier.....	24
II.3.3.1 Aciers non alliés	24
II.3.3.2 Aciers alliés	24
II.3.4 Identification le type d'acier	25
II.4 Calcul de la longueur développée en cintrage	26
II.5 Technique de soudage.....	28
II.5.1 Buse de brassage	28
II.5.2 Différents type de chalumeaux	28
II.5.3 Différents types de buses de chalumeau	28
Chapitre III. Etude et simulation des différents modèles des châssis sur logiciel Solidworks	30
III.1 Introduction	30
III.2 Etude de la structure sur Solidworks	30
III.3 Modèles réalisés sur le logiciel Solidworks	30
III.4 Application des conditions aux limites	31
III.4.1 Fixations	31
III.4.2 Application du chargements	31
III.5 Maillage.....	32
III.6 Résultat des différents modèles après la simulation.....	33
III.7 Présentation des deux modèles n° 3 et n° 6.....	33

III.8 Analyse des résultats de modèle n° 3	33
III.8.1 Coefficient de sécurité	33
III.8.2 Contrainte de flexion	34
III.8.3 Contrainte de cisaillement en torsion	35
III.8.4 Déplacement	35
III.9 Analyse des résultats de modèle n° 6	36
III.9.1 Coefficient de sécurité	36
III.9.2 Contrainte de flexion	36
III.9.3 Contrainte de cisaillement en torsion	37
III.9.4 Déplacement	37
Conclusion générale	39
Références et bibliographies	40
Mise en plan	42
Résumé	45

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1: Premier tricycle	2
Figure I. 2: Cadre à simple berceau [6]	4
Figure I. 3: Cadre à double berceau [6]	4
Figure I. 4: Cadre à poutre [6]	5
Figure I. 5: Cadre coque [6]	5
Figure I. 6: Cadre treillis sur BMW [6]	5
Figure I. 7: Cadre ouvert [6]	6
Figure I. 8: Cadre périmétrique [6]	6
Figure I. 9: Dessin de cadre oméga [6]	7
Figure I. 10: Châssis tubulaire	7
Figure I. 11: Forme de coupe de tube en gueule de loup	9
Figure I. 12: Schéma explicatif de la condition de coupe en forme de tube [8]	10
Figure I. 13: Exemple des bavures	11
Figure I. 14: Outil d'enlèvement d'ébavurage [9]	11
Figure I. 15: Tube creux après cintrage [10]	12
Figure I. 16: Cintrage à la main [11]	12
Figure I. 17: Schématisation du cintrage par compression [3]	13
Figure I. 18: Schématisation du cintrage par enroulement [3]	14
Figure I. 19: Schématisation de cintrage par pousser [3]	14
Figure I. 20: Cintrage par appui en porte à faux [23]	15
Figure I. 21: Soudage des tubes [3]	15
Figure I. 22: Classification par type de source d'énergie [15]	16
Figure I. 23: Modélisation de la soudure oxyacétylénique [16]	17
Figure I. 24: Croquis didactique du procédé de soudage oxyacétylénique [16]	17
Figure I. 25: Chalumeau	18
Figure I. 26: Détendeur de pression	18
Figure I. 27: 1- Flamme normale. 2- Flamme oxydante. 3- Flamme comburante [17]	19
Figure I. 28: Brasage à l'aide d'un métal d'apport [18]	20
Figure I. 29: Cadre de vélo soudo-brasé [19]	21

Chapitre II

Figure II. 1: Etapes de fabrication d'un châssis	22
Figure II. 2 : Exemple d'un profilé tubulaire cintré	27
Figure II. 3: Buses de chalumeau [22]	28

Chapitre III

Figure III. 1: Fixation du châssis	31
Figure III. 2: Application des forces sur le châssis	32
Figure III. 3: Maillage de modèle n°3	32
Figure III. 4: Modèles du châssis tubulaire d'un tricycle-moteur de ville	33
Figure III. 5: Distribution du coefficient de sécurité de modèle n°3	34
Figure III. 6: Contrainte axiale et de flexion limite supérieure (MPa)	34
Figure III. 7: Contrainte de cisaillement en torsion	35

Figure III. 8: Distribution des déplacements sous une charge répartie de 3600N de modèle n°3	35
Figure III. 9: Distribution du coefficient de sécurité de modèle n°6.....	36
Figure III. 10: Contrainte axiale et de flexion limite supérieure (MPa).....	37
Figure III. 11: Contrainte de cisaillement en torsion de modèle n°6	37
Figure III. 12: Distribution des déplacements sous une charge répartie de 3600N de modèle n°6	38

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I. 1: Avantages et inconvénients du châssis tubulaire [7]	8
---	---

Chapitre II

Tableau II. 1: Caractéristiques de l'acier S235JR	26
Tableau II. 2: Définition des tailles de chalumeaux [22]	28
Tableau II. 3: Choix des buses des différents métaux	29

Chapitre III

Tableau III. 1: Différents modèles réaliser sur le logiciel Solidworks	31
Tableau III. 2: Résultat de la simulation du comportement des différents modèles	33
Tableau III. 3: Comparaison entre les deux modèles 3 & 6	38



INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Actuellement les trois 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 tricycle moteur joue un rôle important dans la performance et la rigidité du véhicule. C'est pourquoi il est toujours le centre des recherches effectuées dans le domaine mécanique dans le but d'améliorer ces performances. Pour cela, les ingénieurs concepteurs considèrent que le développement du châssis et carrosserie d'un véhicule est primordiale en question de protection de l'opérateur.

Lorsque l'on évoque le terme tricycle, on pense directement aux petits vélos pour enfants avec les deux roues à l'arrière. Pourtant, depuis de nombreuses années, il existe une version pour adulte. Le tricycle-moteur à trois roues a de nombreuses similitudes avec la version pour enfant. Il permet, grâce à ses deux roues à l'arrière, de faire du tricycle en toute sécurité sans avoir peur de tomber lorsque l'on manque d'équilibre.

Notre travail consiste à faire la conception des différents modèles d'un châssis réalisé sur le logiciel Solidworks et de choisir le meilleur modèle en fonction des contraintes, coefficient de sécurité et le déplacement afin d'assurer un bon confort de conduite.

Notre mémoire se décompose en trois chapitres présentés comme suit:

Chapitre 1 englobera des généralités sur les châssis.

Chapitre 2 concernera les dimensionnements et procédés de fabrication d'un châssis de la moto.

Chapitre 3 présentations et étude des résultats de notre travail et la discussion.

En terminant par une conclusion générale.



**Chapitre I. Etude
bibliographique**

I.1 Introduction

Le châssis d'une voiture est l'équivalent du squelette pour l'homme. Sa conception a beaucoup évolué jusqu'à avoir un châssis plus légère, rigide et performant. Dans ce premier chapitre nous allons faire une recherche bibliographique sur les différents types des châssis existant ainsi que l'étape à suivre pour la fabrication.

II.2 Bref historique

Les premières mentions historiques d'un tricycle remontent à la seconde moitié du dix-septième siècle, un siècle et demi avant l'invention de la première bicyclette à deux roues sans propulsion et près de deux siècles avant la première bicyclette à chaîne produite en série.

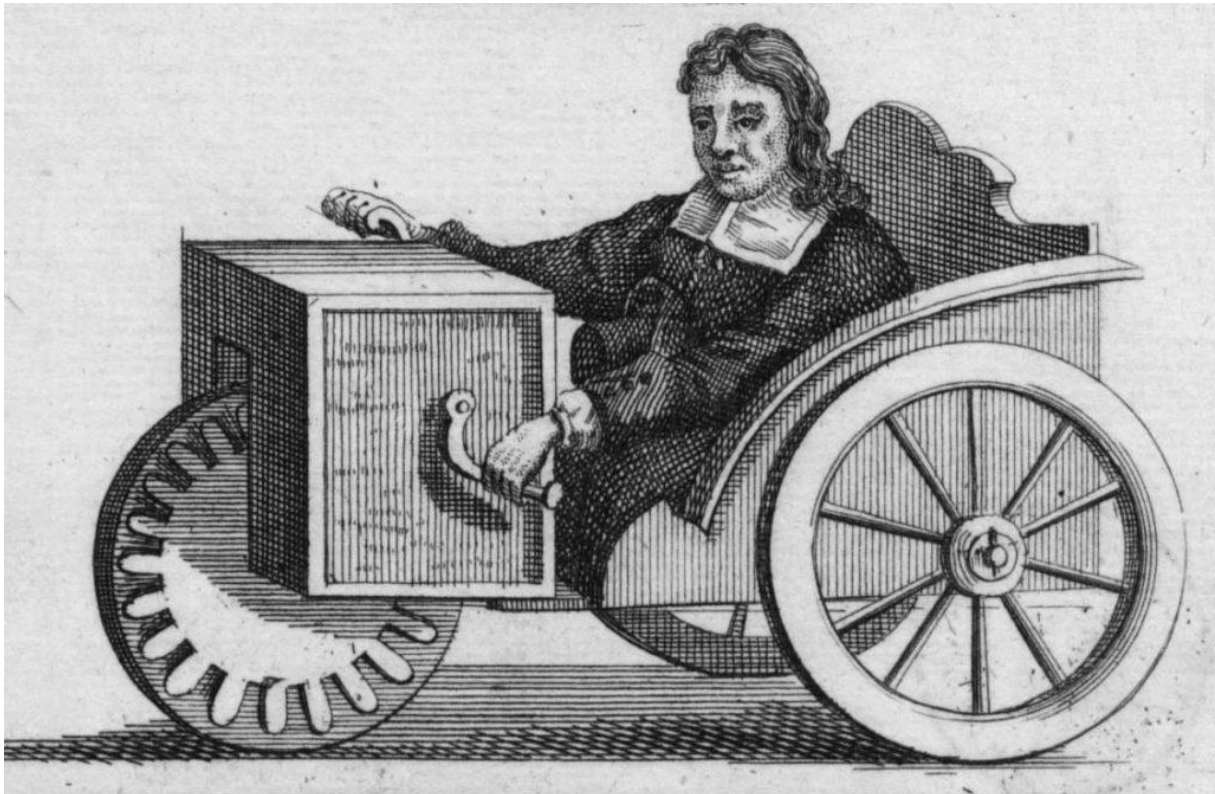


Figure I. 1: Premier tricycle

Ce premier exemple de tricycle a été fabriqué par le vieil horloger allemand Stephan Farffler, qui était handicapé et ne pouvait pas marcher. Il a conçu un petit chariot pour une personne, doté de trois roues (une roue à l'avant et deux à l'arrière) et d'un mécanisme simple autour de la roue avant qui lui permettait de faire tourner une manivelle et de transférer sa puissance à la roue. D'autres exemples des premiers tricycles proviennent de 1797 en France, lorsque deux inventeurs français ont créé le premier dispositif à trois roues qui pouvait être actionné par des pédales. Ils ont également donné à cet appareil le nom de tricycle, un nom qui restera à partir de ce moment-là un synonyme de ce type de vélo à trois roues.

À la fin du 19^e siècle, la fabrication de plusieurs types de bicyclettes a stimulé la production de nombreux autres dispositifs de déplacement similaires, dont les tricycles. La plus grande expansion de leur production a eu lieu en Angleterre, grâce aux exploits du célèbre entrepreneur James Starley qui a personnellement développé plusieurs modèles. En

1884, plus de 120 modèles différents étaient produits par 20 fabricants anglais qui tentaient de satisfaire le marché des dispositifs de déplacement personnel simples à utiliser.

Alors que la population masculine préférait les bicyclettes, la population féminine qui portait de longues robes s'orientait d'avantage vers les tricycles et les voitures qui étaient propulsées à la fois par les mains et les pieds. Au XIXe et au début du XXe siècle, les tricycles à usage personnel se présentaient sous plusieurs formes, le plus souvent avec des sièges assis ou debout. Les tricycles d'origine étaient si populaires au Royaume-Uni qu'ils ont été l'un des premiers pays à créer une association officielle de tricycles, à organiser des circuits, des contre-la-montre, des randonnées d'une journée et des courses annuelles [1].

I.3 Constituants d'un tricycle-moteur de ville

I.3.1 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 de la moto en prenant appui sur les roues par l'intermédiaire des suspensions. Cette structure est généralement formée de poutres et de barres reliées soit par soudage soit par des éléments de liaison démontables tels que les boulons [2].

I.3.2 Guidon

Il sert à orienter la roue avant et par là même, à contrôler la trajectoire [3].

I.3.3 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 [3].

I.3.4 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 [3].

I.3.5 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 [3].

I.3.6 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 [3].

I.4 Rôle et importance des châssis

Les principaux rôles du châssis sont: [4]

- Réagir aux forces engendrées par les mouvements du moteur ;
- Porter les pièces mécaniques et la carrosserie ;
- Supporter les charges dues aux accélérations longitudinales, latérales, verticales durant les déplacements du véhicule sans permettre aucun défaut sur la structure ;
- Supporter les chocs transmis par la suspension, les chocs qui sont dus à l'inégalité de surface de la route.

I.5 Configurations de châssis de tricycle-moteur de ville

Les différents modèles des châssis découlent de la diversité de leurs usages, aussi au développement technologique. Les principaux types de châssis sont décrits ci-dessous [5].

I.5.1 Cadre à simple berceau

Le cadre à simple berceau est une structure qui se compose d'un tube unique reliant la colonne de direction au support de bras oscillant et passant sous le moteur. Ce cadre se retrouve généralement sur les tricycles-moteurs de ville comme indiqué la figure I.2 ci-dessous.



Figure I. 2: Cadre à simple berceau [6]

I.5.2 Cadre à double berceau

Les châssis à double berceau, quant à eux, sont des cadres de motos fabriqués sur la même base que les châssis à simple berceau, mais comprenant cette fois-ci deux tubes passant sous le moteur. Ce type de cadre est généralement destiné aux motos routières ou encore aux roadsters, comme présenté la figure I.3.

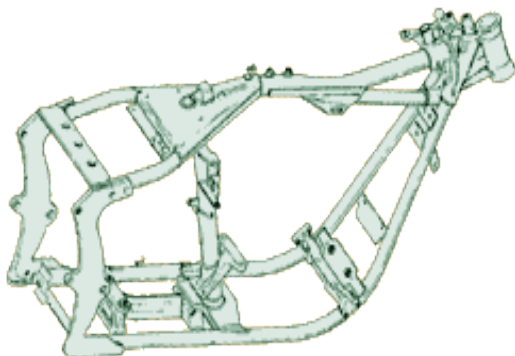


Figure I. 3: Cadre à double berceau [6]

I.5.3 Cadre à poutre

Les cadres à poutre sont très similaires aux cadres à simple berceaux, cependant le tube est spécifique à ce type de châssis. Nettement plus large que sur les autres cadres, passe au-dessus du bloc moteur. Les châssis à poutre sont principalement installés sur les trials ainsi que sur certains roadsters, comme indiqué la figure I.4.



Figure I. 4: Cadre à poutre [6]

I.5.4 Cadre coque

Le cadre coque est un type de cadre composé de blocs d'estampage solides, de moulage monobloc ou de blocs différents rivetés ensemble. Ces cadres, qui traversent le bloc moteur, sont extrêmement rigides et sont généralement destinés aux motos de faible cylindrée, comme le montre la figure I.5.

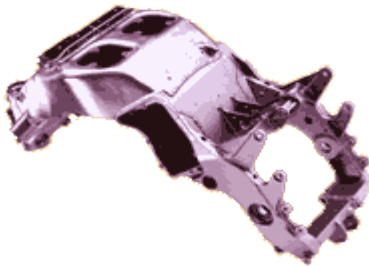


Figure I. 5: Cadre coque [6]

I.5.5 Cadre treillis

Les cadres treillis est composés de tubes métalliques soudés entre eux en structures triangulaires, et dont le rapport poids/rigidité est extrêmement efficace, comme présenté la figure I.6.



Figure I. 6: Cadre treillis sur BMW [6]

I.5.6 Cadre ouvert

Les cadres ouverts sont des châssis pour les deux-roues motorisés laissant un large espace ouvert destiné à recevoir les jambes du conducteur, Les personnes qui n'ont pas besoin de s'asseoir dans le véhicule pour pouvoir rouler. Ces cadres sont majoritairement installés sur des scooters. Comme le montre la figure I.7.



Figure I. 7: Cadre ouvert [6]

I.5.7 Cadre périmétrique

Le cadre périmétrique, appelé ``Daltabox chez Yamaha`` ou `` diamond chez Honda``, le cadre périmétrique est celui qui équipe la plus part des sportives japonaises actuelles, ce cadre entoure le moteur, voir la figure I.8.



Figure I. 8: Cadre périmétrique [6]

I.5.8 Cadre oméga

Le cadre Omega est un cadre atypique, dont la conception se caractérise par un centre de gravité très bas et par une rigidité importante mais qui implique également l'installation d'un système de guidage ainsi que de dispositifs de suspension à la fois complexes et onéreux, ce qui explique la rareté de ce type de cadre comme indiqué la figure I.9.

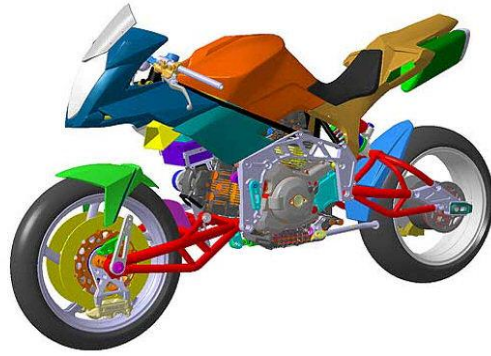


Figure I. 9: Dessin de cadre oméga [6]

I.6 Châssis tubulaire

I.6.1 Définition

Le châssis tubulaire est une structure composée par des éléments (longerons, travers, renforts). Ces derniers sont exclusivement constitués des tubes soudés entre eux, très léger. Ils sont utilisés dans les tricycles-moteurs et les voitures de compétition ou les véhicules de prestige à vocation sportive [7].



Figure I. 10: Châssis tubulaire

I.6.2 Conception d'un châssis tubulaire

La conception d'un châssis tubulaire est assurée par des constructeurs spécialisés dans les châssis de compétition, ce sont souvent des sociétés ou artisans (Caze compétition). Il existe aussi des structures plus impressionnantes, comme un bureau d'études utilisant la conception assistée par ordinateur (véhicule Poclair) [7].

I.6.3 Avantages et inconvénients du châssis tubulaire

Les avantages et les inconvénients sont donnés par le tableau suivant :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Meilleure rigidité. • Centre de gravité abaissé. • Légèreté. • Protection contre les chocs latéraux et renforcement de la cellule de survie. • Coût faible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réalisation artisanale. • Nombreuses soudures, demandant une grande maîtrise technique. • Réservé à la fabrication à l'unité ou aux très petites séries.

Tableau I. 1: Avantages et inconvénients du châssis tubulaire [7]

I.7 Résistance mécanique d'un matériau (cas d'un profilé tubulaire)

I.7.1 Résistance à la torsion des tubes

Les tubes ont une bonne résistance à la torsion. de plus, des formules théoriques montrent qu'à poids égal, la résistance à la torsion d'un tube rond commun est 100 à 150 fois supérieure à celle des autres tubes. Cette qualité confère une grande rigidité latérale aux poutres ou aux structures constituées de tubes. Autrement, les tubes carrés ont un peu moins de solidité que les tubes ronds mais leur résistance est cependant 60 à 100 fois supérieure aux autres tubes de même masse au mètre [8].

I.7.2 Résistance au flambement et à la compression des tubes

Les tubes lorsqu'ils sont soumis à des efforts de compression, s'ils sont de grande longueur, et s'ils ne sont pas maintenus latéralement, fléchissent dans le plan dans lequel la résistance est la plus faible. C'est ce phénomène que l'on appelle flambement [8].

I.7.3 Résistance à la flexion des tubes

Les tubes ronds de diamètre inférieur à 80 mm, résistent mieux à la flexion que tous les autres profilés de même masse au mètre. Un diamètre plus grand engendre le tube rond est moins résistant que les poutrelles en forme de I ou en forme de H par exemple. Les tubes rectangulaires ont une excellente résistance, comparable à celle des poutrelles de même masse au mètre. Les tubes sont bien adaptés à la réalisation de poutres en treillis, en particulier de poutres triangulaires, qui présentent une excellente résistance à la flexion et au flambement (flexion dans le plan horizontal). Les tubes permettent également l'emploi de tirants ou de câbles de précontraintes (placés axialement à l'intérieur des tubes). Dans le cas où la force de flexion (cas du vent) qui peuvent se produire dans plusieurs directions, il est recommandé d'utiliser des tubes dont la résistance est la même dans toutes les directions [8].

I.7.4 Résistance générale des assemblages de tubes

Les assemblages soudés réalisés avec des tubes ronds découpés en "gueule de loup" ont une grande rigidité [8].

I.8 Intérêt des tubes pour la fabrication des châssis tubulaire

I.8.1 Intérêt des tubes pour l'aérodynamisme

Le profil rond est aérodynamique car l'air glisse le long de son contour et ainsi la pression générée par le vent est réduite par rapport aux surfaces planes. En règle générale, le coefficient d'action du vent pour un prisme à 4 côtés est de 1,30 (augmentation de la force de 30%) alors que pour un tube rond, il est de 0,4 à 0,75. (Selon la vitesse du vent et le diamètre du tube [8]).

I.8.2 Intérêt des tubes pour la corrosion

Les tubes ronds ont une forme telle que la poussière est plus difficile à collecter que les tubes plats. La condensation et les liquides projetés ne peuvent pas se déposer sur leurs surfaces, ni dans les nœuds d'assemblage. Cela facilite également les nettoyages et la mise en peinture [8].

I.8.3 Intérêt des tubes pour l'esthétique

Le tube peut être utilisé de plusieurs manières et reste généralement esthétique, qu'il soit de profilé tubulaire et rectangulaire (carré), droit ou cintré, utilisé seul ou en treillis. Les poutres triangulées, les structures tridimensionnelles, les cadres bombés, sont plus faciles à fabriquer avec des tubes qu'avec les autres profilés. Les tubes minces soudés et profilés à ailettes, permettent de très belles réalisations [8].

I.9 Préparation des tubes pour l'assemblage

I.9.1 Mise en forme d'un profilé tubulaire (découpage et cintrage de tube)

Lorsque le tube coupé en forme (en gueule de loup), il faut faire une coupe droite préalable pour le mettre à une longueur convenable. Les moyens habituels utilisés pour les profilés peuvent être employés pour les tubes: scies circulaires, scies à ruban, scies meules, chalumeau oxyacétylénique, plasma, Laser Jet d'eau. Le tube étant creux, l'utilisation des cisailles n'est pas préconisée, sinon la lame aplatit le tube en même temps qu'elle le coupe. Cet aplatissement total peut produire des criques sur les bords de l'aplatissement. Ce procédé ne peut être utilisé que si l'opération ne risque pas de nuire à l'emploi envisagé [8].

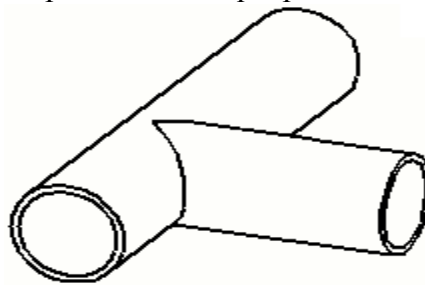


Figure I. 11: Forme de coupe de tube en gueule de loup

I.9.2 Coupes en forme

C'est une opération mécanique d'ont plusieurs procédés peuvent intervenir quant au processus de découpage en forme, à titre d'exemple on peut trouver le meulage, le sciage, le perçage, le chalumeau oxyacétylénique, le plasma, les lasers. Les solutions ne seront pas les mêmes s'il s'agit de quantités importantes ou de coupes unitaires, de petits tubes, de tubes moyens ou gros, de travail à l'atelier ou sur chantier. Chaque procédé a ses avantages et ses

inconvénients du point de vue de sa faisabilité et de l'importance des outils fournis, du temps de coupe. Il est donc important de signaler que le tracé d'intersection des tubes dépend du diamètre(D) de tube principal, des diamètres intérieur et extérieur, de tube auxiliaire, de l'angle des deux tubes. La combinaison de ces différents éléments crée un grand nombre de formes d'intersections [8].

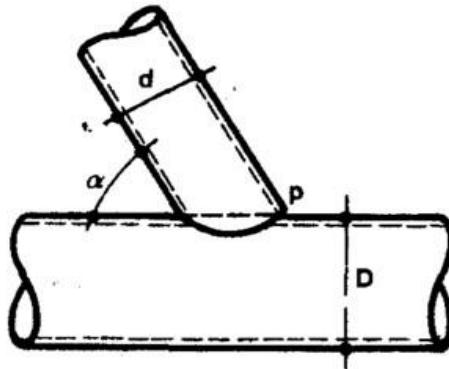


Figure I. 12: Schéma explicatif de la condition de coupe en forme de tube [8]

I.9.3 Coupes à la scie

Les coupes peuvent être préparées par le traceur, ou générées directement par une machine automatique (poste plasma ou laser) ou encore réalisées à la scie mécanique ou électrique. Cette dernière méthode consiste à réaliser des découpes approchée au moyen de deux coupes planes, suivie d'un léger meulage. Elle repose sur le fait que la courbe d'intersection des deux cylindres (Surface intérieure du tube adjacent et surface extérieure du tube porteur) est dans sa plus grande partie, très voisine de l'intersection de ces cylindres par deux plans judicieusement choisis. On utilisera une scie ou une tronçonneuse à disque avec un étau. Avant cela, un croquis sera réalisé au bureau de méthode ou à l'atelier selon les indications ci-contre pour déterminer la longueur, l'angle de coupe et le positionnement. Ce dessin est toujours utile, quelle que soit la méthode utilisée pour faire la découpe. Faites ce dessin en prenant les dimensions de l'angle B. Cela rend les tracés de deux plans de coupe faciles à localiser en prenant plusieurs marques sur le dessin. En particulier, mesurer la longueur CD afin de positionner la deuxième coupe AC. Ces coupes sont réalisées en série [8].

I.10 Ebavurage

I.10.1 Définition

Une bavure c'est le résidu d'usinage ou d'un procédé de formage non désiré, mais inévitable. L'ISO 13715 définit l'arête d'une pièce à usiner comme bavure si elle a un surplus supérieur à zéro [7]. comme le montre la figure I.13 [9].

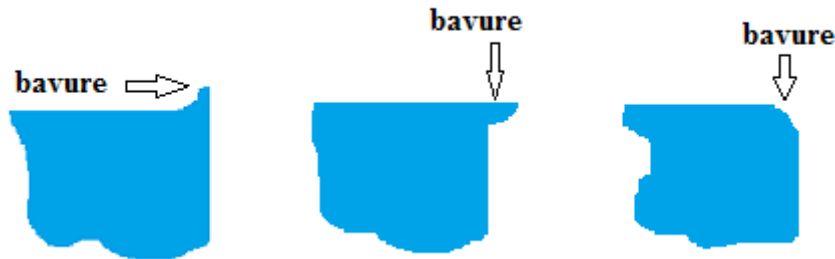


Figure I. 13: Exemple des bavures

I.10.2 Réalisation

Dans cette réalisation on a des tubes en acier pour supprimer les bavures nous avons utilisés une fraise à tube avec une lime. Voir la figure ci-dessous.



Figure I. 14: Outil d'enlèvement d'ébavurage [9]

I.11 Cintrage des tubes

I.11.1 Définition

Le cintrage est un procédé mécanique de déformation d'un tube ou d'une barre, suivant un rayon et un angle avec une cintreuse. Le terme cintrage est aussi utilisé pour désigner globalement la transformation d'un produit cintré comme le montre la figure I.15 [10].

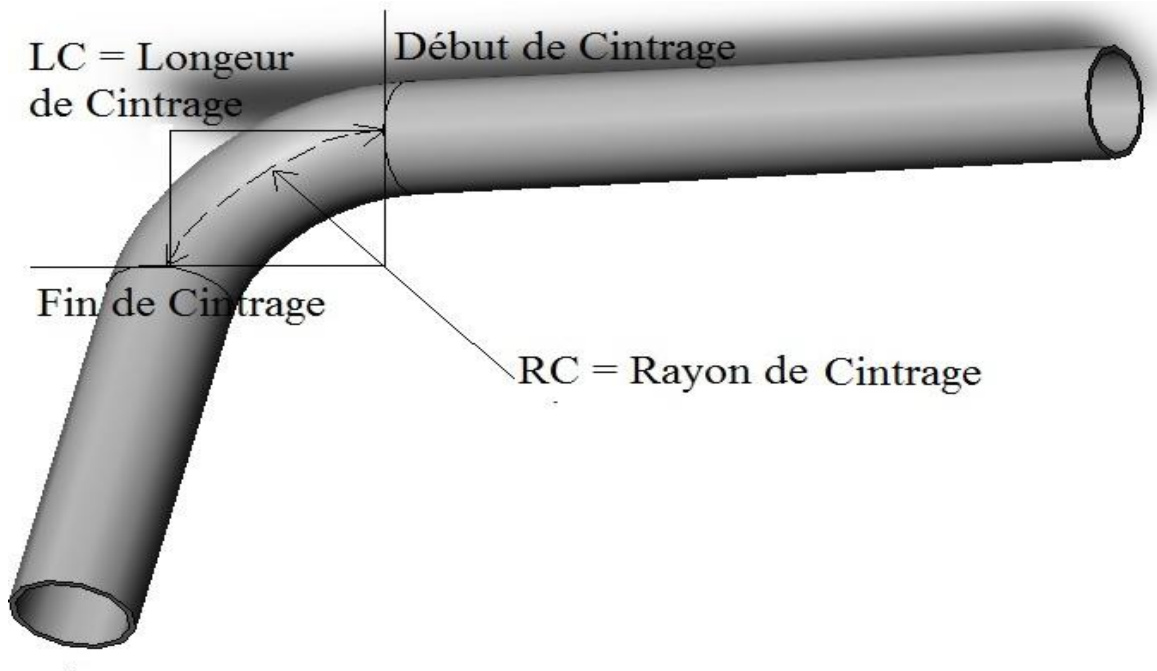


Figure I. 15: Tube creux après cintrage [10]

I.11.2 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.

I.11.2.1 Cintrage à la main

Le cintrage à la main n'est généralement pas satisfaisant, car il n'est pas guidé et les actions appliquées ne sont pas toujours proportionnelles, ni localisées en fonction de la déformation désirée. De plus la déformation de la section de tube ou d'une barre est libre car aucun support ne permet de la réduire au cours du cintrage, comme présenté la figure I.16 [10].



Figure I. 16: Cintrage à la main [11]

I.11.2.2 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 cintruse, 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 d'un 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 [3].

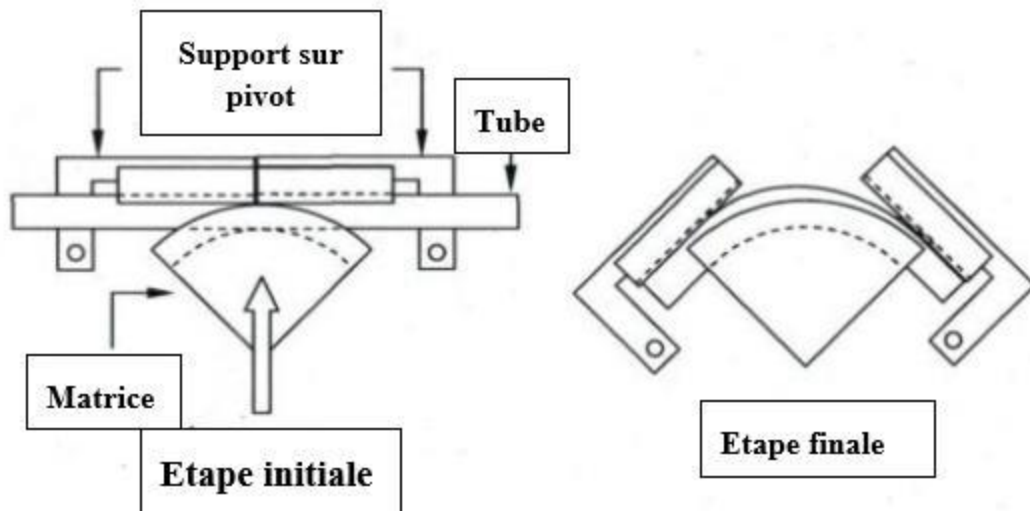


Figure I. 17: Schématisation du cintrage par compression [3]

I.11.2.3 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 I.18 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 [3].

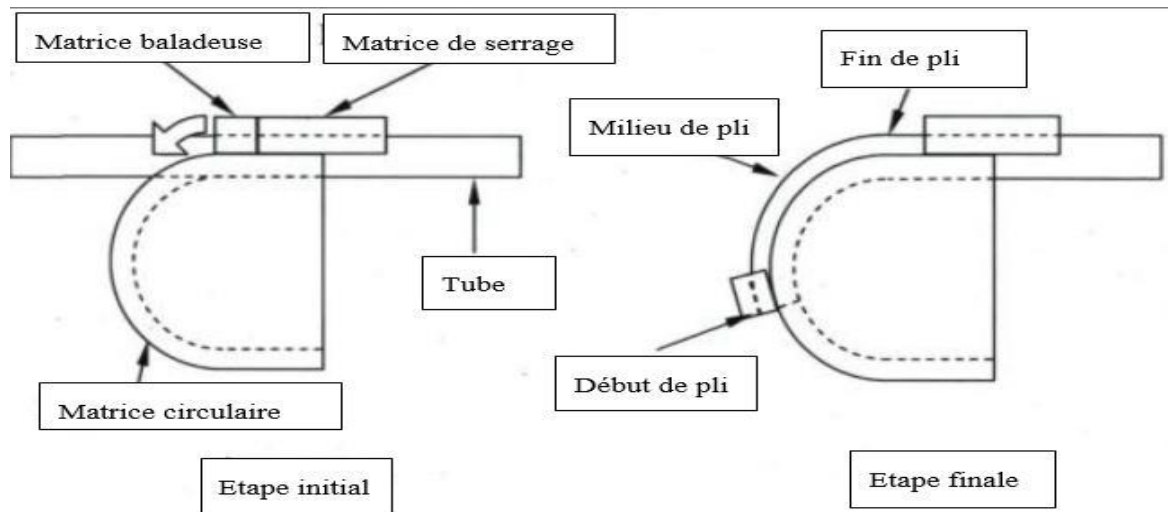


Figure I. 18: Schématisation du cintrage par enroulement [3]

I.11.2.4 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 [3].

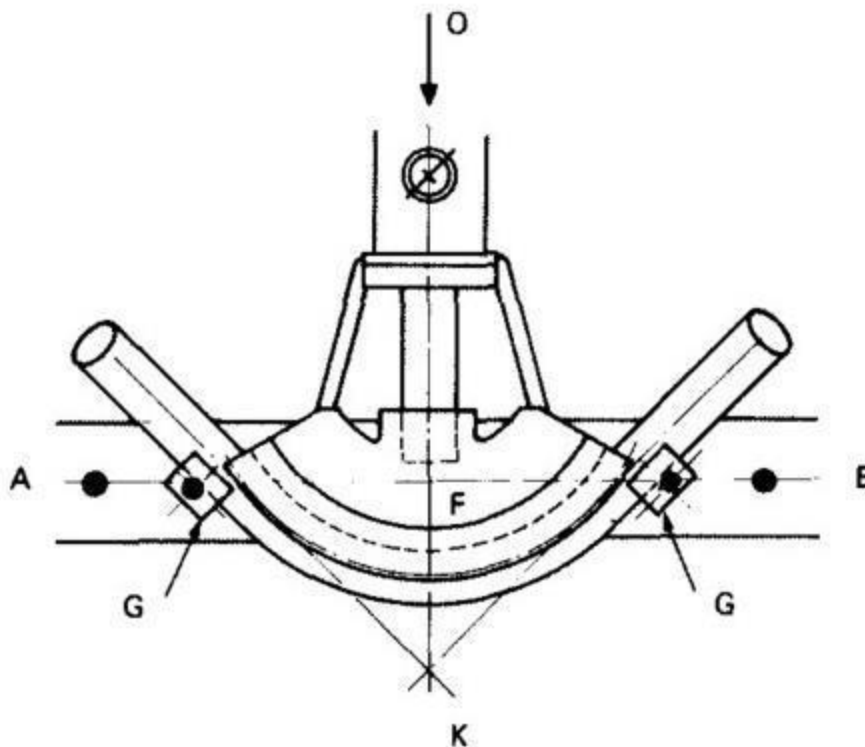


Figure I. 19: Schématisation de cintrage par pousser [3]

I.11.2.5 Cintrage par appui en porte à faux

Comme montré dans la figure I.20.

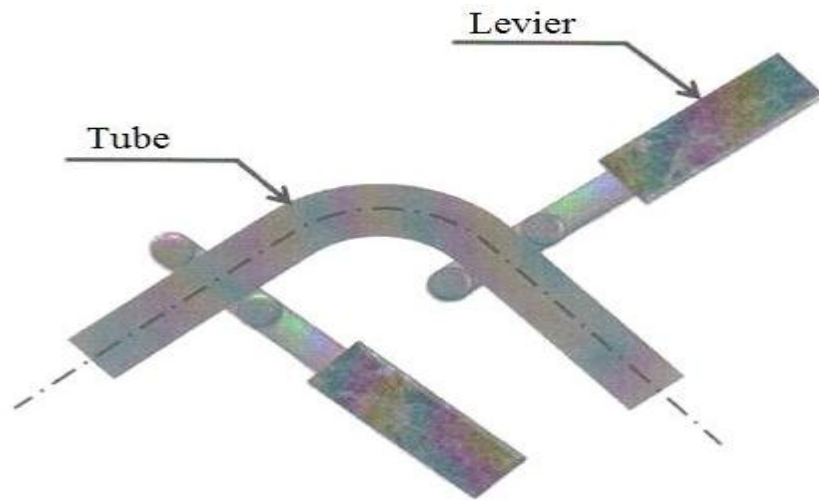


Figure I. 20: Cintrage par appui en porte à faux [23]

I.12 Soudage

I.12.1 Définition

Le soudage est une opération qui consiste à assembler deux ou plusieurs parties du matériau de manière à assurer la continuité entre les pièces soudées. Autrement dit, le soudage est un procédé d'assemblage qui consiste à la mise des pièces à souder à la température de soudage (température de fusion, dans la majorité des cas) au niveau de leur joint, par le biais d'une source de chaleur. Une pression mécanique peut, éventuellement être associée à cette chaleur [12], [13].

I.12.2 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 atomes 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, comme indiqué la figure I.21 [3].



Figure I. 21: Soudage des tubes [3]

I.12.3 Types de soudage

Les types de soudage sont : [14]

I.12.3.1 Soudage homogène : lorsque les deux matériaux de base et le métal d’apport sont de même nature.

I.12.3.2 Soudage autogène : lorsque les deux matériaux de base sont de la même composition et que l’assemblage s’effectue sans métal d’apport.

I.12.3.3 Soudage hétérogène : si au moins un des matériaux en question (métaux de base ou métal d’apport) est différent des autres.

I.12.4 Classification des procédés de soudage

Les procédés de soudage sont classés à partir du type d’énergie utilisée, ensuite ils sont classés plus particulièrement suivant la forme de l’énergie directement utilisable pour le soudage, la figure I.22 montre les classifications par type de source d’énergie. Le choix du procédé s’opère selon des critères bien définis comme les matériaux à souder, les facteurs technologiques, critères de qualité et critères économiques [15].

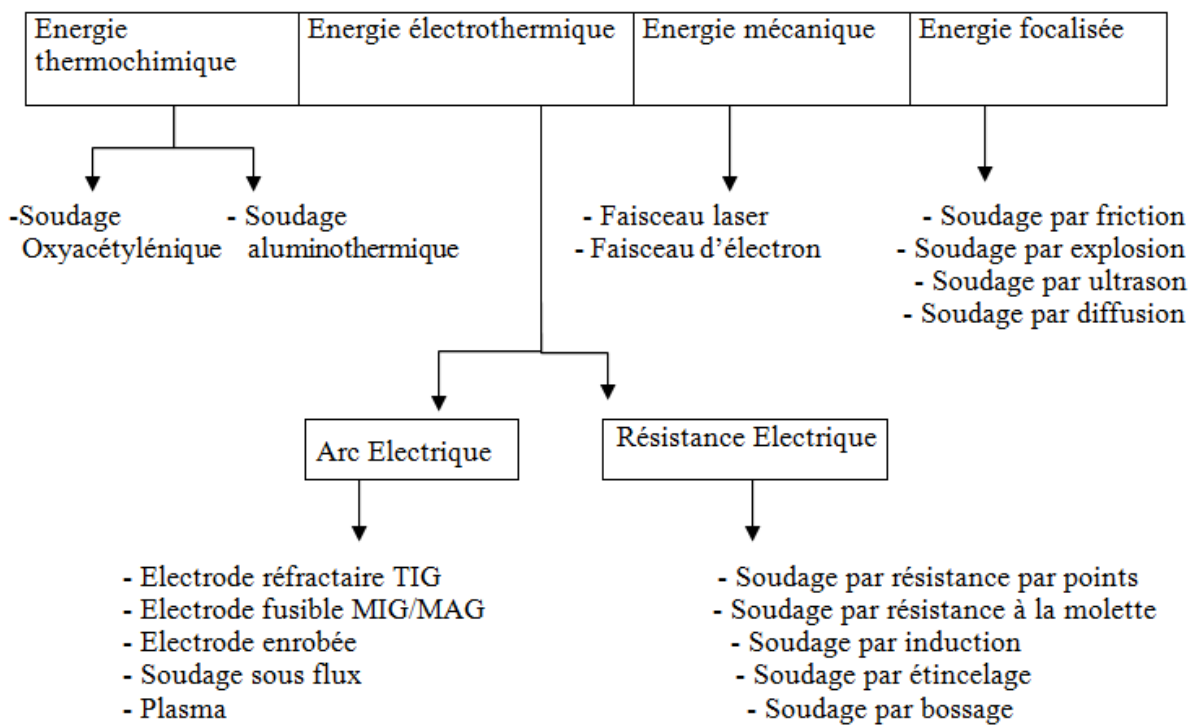


Figure I. 22: Classification par type de source d’énergie [15]

I.12.5 Soudage Oxyacétylénique

I.12.5.1 Définition : le soudage oxyacétylénique est un procédé de soudage à la flamme. L’opération de soudage est réalisée à partir de la chaleur d’une flamme née de mélange et de la combustion de deux gaze d’acétylène C₂H₂ et d’oxygène O₂, comme illustré la figure I.23 [16].

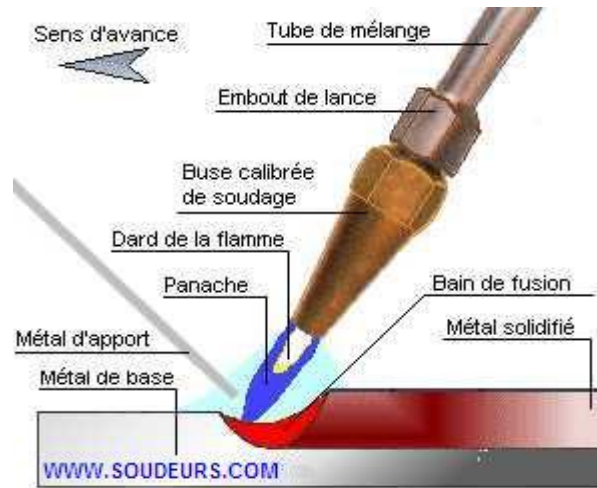


Figure I. 23: Modélisation de la soudure oxyacétylénique [16]

I.12.5.2 Principe du soudage OA

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

I.12.5.3 Oxygène

C’est un gaz incolore, inodore et sans saveur. Il est obtenu par l’électrolyse de l’eau ou par liquéfaction de l’air qui en contient 1/5 de son volume. Il est d’une pureté très élevée 99%, car un oxygène moins pur entraîne une augmentation de la consommation de l’acétylène [16].

I.12.5.4 Acétylène (C₂H₂)

C’est un hydrocarbure gazeux, incolore avec un pouvoir calorifique de 14000 calorie/m³. Industriellement l’acétylène utilisé pour le soudage et l’oxycoupage est fabriqué à partir du carbure de calcium (CaC₂), lequel est obtenu à partir d’un mélange de carbone et de chaux vive à très haute température [16].

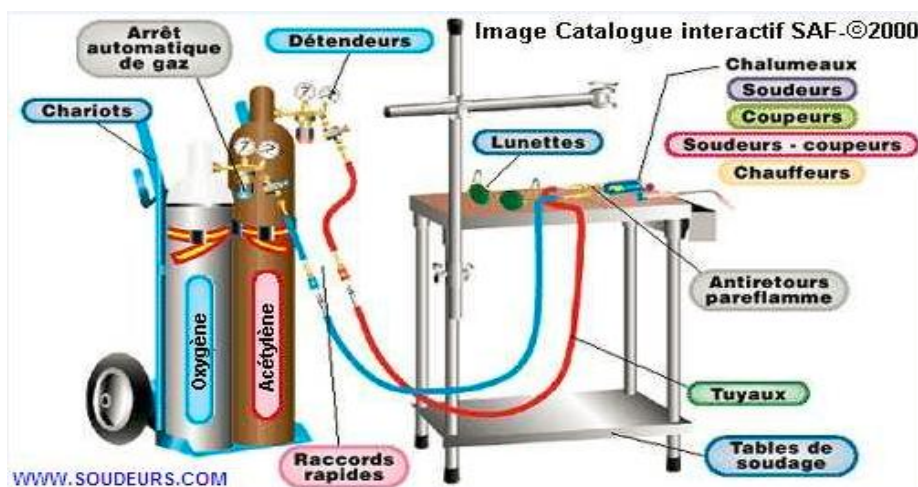


Figure I. 24: Croquis didactique du procédé de soudage oxyacétylénique [16]

I.12.5.5 Chalumeau

Les caractéristiques du chalumeau sont comme illustré la figure I.25 [17]



Figure I. 25: Chalumeau

- 1- Bouton permettent le réglage de l'acétylène ;
- 2- Bouton permettent le réglage de l'oxygéné ;
- 3- La lance ;
- 4- La buse ;
- 5- Raccord acétylène (tuyau rouge) ;
- 6- Raccord oxygéné (tuyau bleu).

I.12.5.6 Détendeur

Le rôle de détendeur de pression est d'abaisser la pression des gaz (O_2 , C_2H_2) stockés dans les bouteilles (haute pression) à une pression de travail utilisable avec les chalumeaux coupeurs ou soudeurs, la figure suivante présente un détendeur de pression [16].



Figure I. 26: Détendeur de pression

I.12.5.7 Mode opératoire

Pour utiliser le procédé de soudage à la flamme il faut d'abord [3] :

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

I.12.5.8 Flamme oxyacétylénique

La flamme oxyacétylénique est remarquable elle fournit la température la plus élevée par unité de surface. Comme indiquée la figure I.27 [17].

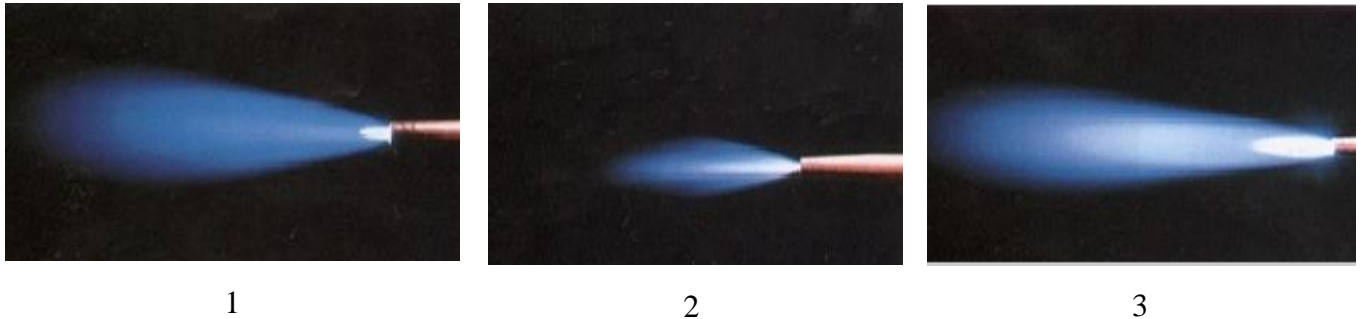


Figure I. 27: 1- Flamme normale. 2- Flamme oxydante. 3- Flamme comburante [17]

- 1- Flamme normale, réglage parfait ;
- 2- Flamme oxydante, mauvais réglage excès d'oxygéné ;
- 3- Flamme comburant, mauvais réglage excès d'acétylène.

I.12.5.9 Sécurité autour du soudage OA

Pour être en sécurité il faut respecter les conseils suivant [16] :

- Les bouteilles d'acétylène doivent toujours être utilisées dans la position verticale ;
 - Eviter les chocs ;
 - Eviter toute élévation anormale de température ;
 - Ne jamais introduire d'autres gaz dans les bouteilles vides ;
 - Si la bouteille est chaude, se mettre à l'abri et l'arroser de loin.
- Pour l'oxygène [3]:
- 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.

I.12.6 Défauts de soudure

I.12.6.1 Collage

On dit qu'il y a collage quand la liaison entre le métal d'apport et le métal de base est insuffisante, ceci résulte d'une fusion imparfaite de métaux.

I.12.6.2 Manque de pénétration

La soudure ne traverse pas toute l'épaisseur du métal de base. Les causes sont le chauffage insuffisant, soudage trop rapide.

I.12.6.3 Caniveau ou morsure

Creux qui se produisent dans le métal de base le long de la soudure. Les causes sont le chauffage excessif, angle d'inclinaison du chalumeau incorrect.

I.12.6.4 Fissures

Les fissures et les criques dans le sens de l'épaisseur ou longitudinale sont dues au retrait de refroidissement ou à la trempe locale du métal à trop forte concentration en carbone.

I.13 Brasage

I.13.1 Définition

On appelle brasage, l'assemblage à l'aide d'un métal d'apport de nature différente des pièces assemblées. Le métal d'apport à une température de fusion inférieure aux pièces assemblées. La réunion des pièces est faite par mouillage car elles ne participent pas à la fusion. Le métal de base ne fond pas ou subit une déformation plastique, dans la zone de liaison, le métal de base est mouillé par le métal d'apport et la liaison s'effectue par un processus de diffusion entre métal de base et métal d'apport [18].

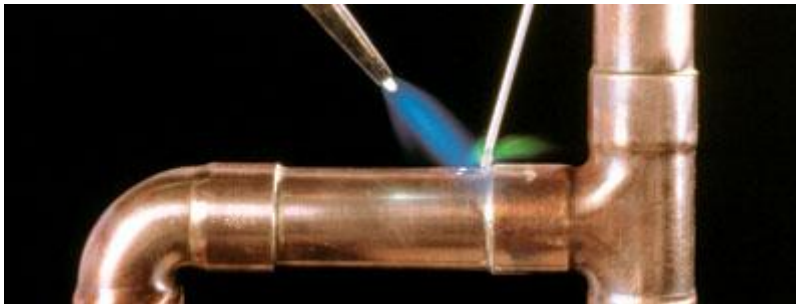


Figure I. 28: Brasage à l'aide d'un métal d'apport [18]

I.13.2 Méthodes de brasage

Des définitions relatives au brasage ainsi que des procédés de brasage sont normalisés dans les normes ISO 857 - ISO 4063 et EN 24063 Parties 1 et 2 "Brasage" [18]

- Brasage tendre (liquidus du produit d'apport ne dépasse pas 450° C) ;
- Brasage fort (liquidus du produit d'apport compris entre 450 et 900° C) ;
- Brasage à haute température (liquidus du produit d'apport > 900°C).

I.13.3 Soudo-brasage

C'est un procédé permettant la liaison de deux pièces de même nature ou de nature différente, sans fusion mais mouillage, à l'aide d'un métal d'apport ayant une température de fusion inférieure à celle des deux pièces à assembler. Ces dernières peuvent d'ailleurs avoir des températures de fusion différentes mais toujours supérieures à celle du métal d'apport la figure I.29 montre un cadre de vélo soudo-brasé [18].



Figure I. 29: Cadre de vélo soudo-brasé [19]

I.13.3.1 Principe de soudo-brasage

L'alliage constituant le point est déposé à l'état liquide sur les pièces à assembler. Il est nécessaire que les atomes du métal d'apport diffusent dans le métal de base pour avoir une bonne liaison ou assemblage d'où la nécessité de compatibilité entre les deux réseaux [19].

I.13.3.2 Condition à remplir pour une liaison optimale en soudo-brasage

Pour remplir une liaison optimale en soudo-brasage il faut respecter les conditions suivant [19] :

- Les surfaces des pièces à braser doivent être propre, décapées de toutes couches superficielles (peinture, oxyde, graisse, etc.) ;
- Le métal d'apport doit être porté en fusion ;
- Les atomes du métal de la pièce doivent être portés à une température suffisante, inférieure au point de fusion pour accroître l'agitation thermique afin de permettre la diffusion et mettre les électrons périphériques formant le liant en commun.



**Chapitre II. Dimensionnement et
procédés de fabrication**

II.1 Introduction

La conception d'un châssis tricycle-moteur nécessite une étude de résistance par un logiciel de conception assisté par ordinateur pour analyser le comportement de la structure. La fabrication de ce dernier passe par plusieurs procédés, la matière première est constituée essentiellement de profilés tubulaires en acier non allié. 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. Comme la montre la figure ci-dessus.

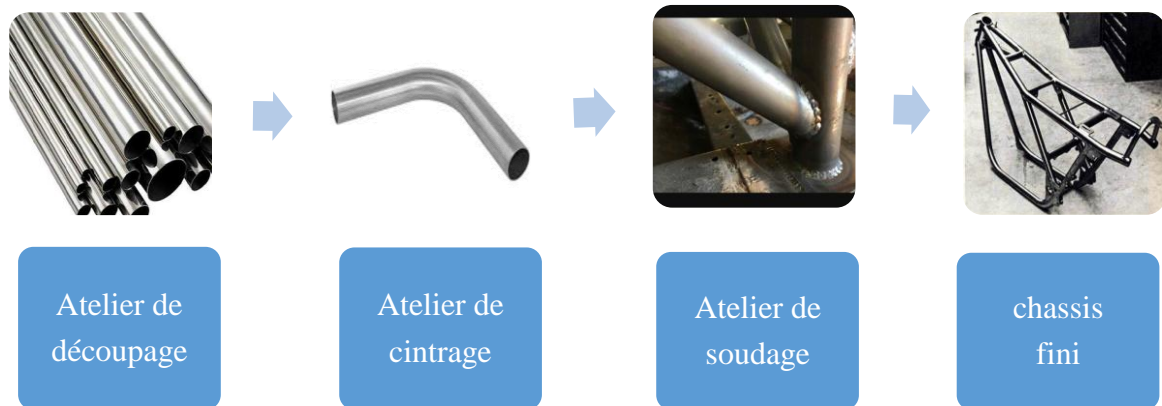


Figure II. 1: Etapes de fabrication d'un châssis

II.2 Outil de conception (logiciel Solidworks)

Solidworks est un logiciel de conception 3D assisté par ordinateur, il a été créé en 1993 par l'éditeur américaine SOLIDWORKS, puis acheté en 1997 par la société Dassault Systèmes. Vous pouvez esquisser vos idées et essayer une variété de conception pour créer des esquisses, des modèles et des assemblages 3D et des dessins 2D à l'aide de l'interface utilisateur graphique Windows. Les étudiants, concepteurs, ingénieurs et d'autres professionnels du monde entier utilisent Solidworks pour créer des pièces simples et complexes, des dessins éclatés et des dessins techniques [24].

II.2.1 Eléments mécano-soudé

Les nouvelles fonctionnalités de Solidworks permettant de gagner beaucoup de temps lors de la création des cadres et des périphériques similaires. Le principe est le suivant [25]:

- Créer une ou plusieurs esquisses 2D et/ou 3D ayant la forme de structure ;
- Insérer une fonction mécano-soudé ;
- Choisir un profil standard ou créer un profil personnalisé ;
- Ajuster les extrémités des profils pour obtenir les formes voulues ;
- Insérer les soudures et les goussets si nécessaires ;
- Créer un sous ensemble soudé.

II.3 Matériaux**II.3.1 Qu'est-ce que l'acier ?**

L'acier est sans aucun doute l'un des matériaux les plus populaires et les plus utilisés au monde. Il est utilisé dans la construction, l'automobile, la gastronomie et même la médecine. Cependant, l'acier et tous ses types ne conviennent pas aux constructions métalliques ou à la cuisine. De nombreux types de ce matériau ont déjà été créés, chacun d'eux à une fin différente.

En dépit de sa popularité, peu de gens savent vraiment en quoi l'acier diffère des autres métaux. Premièrement, il convient de mentionner qu'il s'agit d'un alliage de fer et de carbone, dans des proportions comprises entre 0,02 % et 2 % en masse pour le carbone. Les alliages fer-carbone contenant plus de 2% de carbone constituent les fontes. De plus, la composition de l'acier comprend également d'autres métaux, éléments ou inclusions non métalliques qui peuvent affecter ses propriétés [20].

II.3.2 Propriétés physiques et technologiques de l'acier

Comme tout matériau, l'acier se caractérise par ses divers paramètres, importants pour une industrie spécifique. Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur les caractéristiques pertinentes à la construction mécanique, car elles contiennent les points les plus importants.

II.3.2.1 Élasticité

Capacité d'un matériau à retrouver sa forme d'origine après qu'il n'est plus soumis à la force provoquant la déformation. La valeur limite d'élasticité est également souvent donnée. Après l'avoir dépassée, le matériau se déforme définitivement et ne reprend pas sa forme initiale [20].

II.3.2.2 Résistance à la traction

Traduit la notion de résistance à la déformation (limite élastique) et la notion de résistance à la rupture en traction [20].

II.3.2.3 Ténacité

La capacité d'acier à résister et garder ses propriétés pendant l'emboutissage, le pliage, le redressage et d'autres types de traitement [20].

II.3.2.4 Résistance aux chocs

Résistance aux charges dynamiques [20].

II.3.2.5 Dureté

La force à laquelle l'acier s'oppose lorsqu'il subit la force des matériaux plus durs que lui [20].

II.3.2.6 Soudabilité

La capacité de créer des connexions permanentes par soudage. Selon la nuance d'alliage [20].

II.3.3 Types d'acier

La classification de l'acier est due à de nombreux facteurs. L'un des plus importants est la composition chimique. A cet égard, deux principaux types sont distingués: les aciers non alliés et les aciers alliés. Ce qui les différencie, c'est la teneur en adjuvants utilisés pour améliorer ou obtenir de nouvelles propriétés. Une autre division couramment utilisée est l'emploi de l'acier. Ici on distingue, entre autres, aciers de construction, aciers spéciaux, y compris résistant à la corrosion [20].

Dans notre projet on va utiliser des tubes d'acier de construction, leur désignation S235JR.

II.3.3.1 Aciers non alliés

Les aciers non alliés sont également appelés aciers au carbone. Ils se caractérisent par une valeur minimale de teneur en éléments d'addition.

La division suivante des aciers non alliés concerne, entre autres la teneur en carbone. L'élément affecte la dureté globale et la plasticité du matériau. Par conséquent, il est utilisé en différentes quantités pour obtenir l'effet souhaité. Nous distinguons les types comme suit :

➤ **Acier à faible teneur en carbone**

Aussi appelé acier doux dont la teneur en carbone est jusqu'à environ 0,3%. Il se caractérise par une plasticité et une ductilité élevées, ainsi qu'un traitement facile. Il est utilisé pour créer des éléments qui nécessitent un emboutissage et une mise en forme.

➤ **Acier à moyen carbone**

Un compromis entre résistance et ductilité. En raison de la teneur en carbone de 0,3 à 0,6%, il est plus dur que décrit précédemment et donc plus difficile à traiter. Toutefois, il peut être renforcé par un durcissement et une trempe à la chaleur. Cet acier est utilisé pour la production des pièces automobiles.

➤ **Acier à haute teneur en carbone**

Le plus solide de cette division. Une teneur élevée en carbone (jusqu'à 0,6%) affecte la résistance à la coupe et à la flexion de cet alliage. Par conséquent, il est idéal pour la production de ressorts par exemple. Il peut être traité thermiquement pour durcir, cependant, cela augmente la sensibilité à l'écrasement.

II.3.3.2 Aciers alliés

L'acier allié peut être divisé en fonction de la quantité d'additifs utilisés pour le créer. Il existe trois types:

➤ **Acier faiblement allié**

La teneur en additif principal est inférieure à 2% et la somme de tous les adjuvants ne dépasse pas 3,5%.

➤ **Acier moyennement allié**

La teneur en additif principal est de 2 à 8% et la somme de tous les adjuvants ne dépasse pas 12%.

➤ **Acier fortement allié**

La teneur en additif principal est supérieure à 8% et la somme de tous les adjuvants ne dépasse pas 55%.

II.3.4 Identification le type d'acier

Afin de faciliter la reconnaissance des différents types d'alliages, des marquages spéciaux se référant à l'utilisation et aux propriétés mécaniques du matériau ont été introduits. Ils se composent de deux symboles principaux et d'au moins un additif. Le premier élément indique à quoi sert l'acier. À cette fin, une lettre majuscule de l'alphabet latin est utilisée. Voici ci-dessous quelques désignations pour chaque type d'alliage [21]:

- Lettre A ou S correspond les aciers de constructions mécaniques ;
- Lettre E correspond les aciers destinés à la construction métallique ;
- Lettre L acier pour les tubes de conduites ;
- Lettre B acier pour armatures de béton ;
- Lettre R acier pour les rails ;
- Lettre G acier moulé.

Le deuxième symbole est un nombre à deux ou à trois chiffres indiquant la limite minimale de résistance à la rupture par traction R_e (daN/mm²), éventuellement suivi des chiffres 1, 2, 3, ou 4 (indice de qualité des propriétés mécaniques). Le chiffre 4 indique la plasticité la plus élevée, on utilise ces chiffres, car deux aciers ayant la même charge de rupture peuvent avoir des plasticités différentes.

❖ Des exemples de désignation pour les aciers [21].

S235JR ; S275 ; A 60 - 2 ; A 33 ; A 52 ; E 24 - 1 ;

S : acier de construction mécanique

235 : Limite élastique de l'acier en N /mm² ou MPa

JR : Limite de l'énergie de rupture de 27J à une température d'essai de 20°C

Leur désignation peut être aussi suivie des indices d'utilisation.

Bref, on pourrait parler à l'infini de l'acier, de ses nuances, ses propriétés et tous les sujets qui lui sont associés. Surtout qu'avec le développement de la technologie, le nombre de nouveaux types d'alliages augmentera certainement.

II.4 Calcul de la longueur développée en cintrage

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).

Durant ce chapitre on a appliqué le calcul sur un tube d'acier de construction S235JR de caractéristiques suivantes :

Propriété	Valeur	Unités
Module d'élasticité	210000	N/mm ²
Module de cisaillement	79000	N/mm ²
Coefficient de poisson	0.28	S.O
Masse volumique	7800	Kg/m ³
Limite d'élasticité	235	N/mm ²
Limite de traction	360	N/mm ²
Coefficient de dilatation thermique	1.1 e-005	/K
Conductivité thermique	14	W/ (m.k)
Chaleur spécifique	440	J/ (kg.k)

Tableau II. 1: Caractéristiques de l'acier S235JR

La longueur à débiter pour cintrer est la somme des parties droites et des parties courbes calculées à la fibre neutre.

Prenons l'exemple suivant :

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

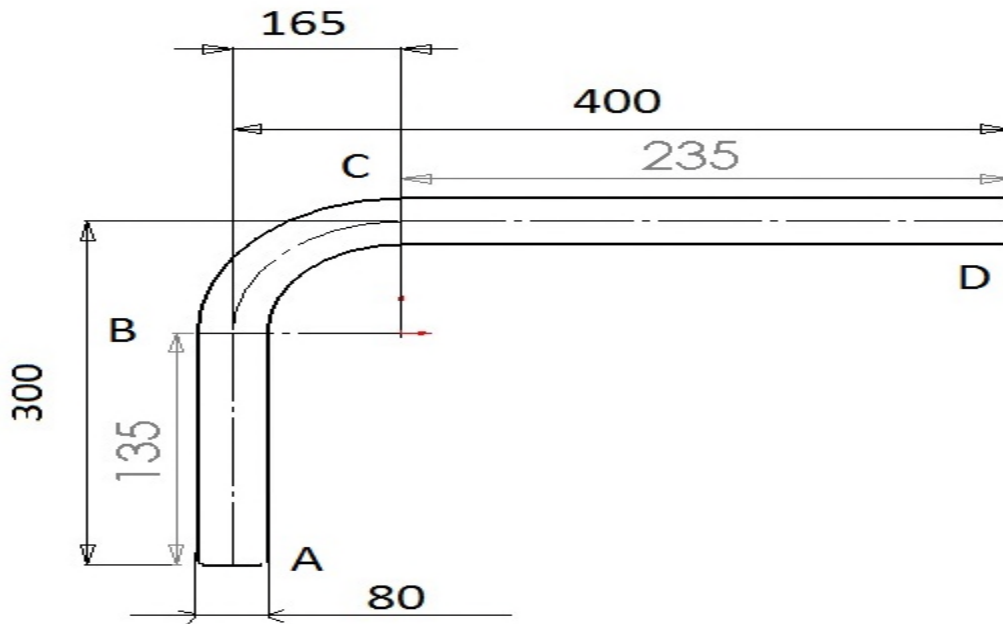


Figure II. 2 : Exemple d'un profilé tubulaire cintré

Longueur Développée = \sum Parties. Droites + \sum Parties. Courbes

Pour notre exemple :

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

Calcul des parties courbes (Dans notre exemple BC) :

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

Cette longueur représente un arc de 360° .

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

$$L(\text{partie. courbe}) = \frac{2 \times \pi \times r \times \alpha}{360}$$

Application numérique de notre exemple

$$\Pi = 3.1416$$

$$AB = 135 \text{ mm}$$

$$CD = 235 \text{ mm}$$

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

$$\text{Donc } LD = 135 + 235 + 259 = 629 \text{ mm}$$

II.5 Technique de soudage

II.5.1 Buse de brassage

La buse de brassage ou de soudage à la flamme est une pièce interchangeable. Chaque buse, en laiton, est caractérisée par un nombre gravé sur la surface qui correspond au débit d'acétylène en litre par heure (l/h) [19].

II.5.2 Différents type de chalumeaux

La variation du débit est obtenue par changement de la buse et réglage du robinet d'arrivée de l'oxygène.

Le débit d'un chalumeau soudeur s'exprime en litres d'acétylène par heure.

Ce débit peut varier de 10 à 5000 litre par heure.

Les chalumeaux sont classés en 4 tailles suivant leur débit de gaz :

Taille de chalumeaux	Débit du chalumeau
Numéro 0	10 à 40 litre/heure
Numéro 1	40 à 400 litre/heure
Numéro 2	250 à 1000 litre/heure
Numéro 3	1000 à 5000 litre/heure

Tableau II. 2: Définition des tailles de chalumeaux [22]

II.5.3 Différents types de buses de chalumeau

Pour stocker les buses il existe ce que nous appelons l'étoile qui peut recevoir 3, 5 ou 6 buses. L'étoile de 3 buses comprend par exemple la buse de 63 l/h, 100 l/h et 315 l/h. L'étoile de 6 buses comprend par exemple la buse de 63 l/h, 100 l/h, 160 l/h, 250 l/h, 315 l/h, 400 l/h [19].



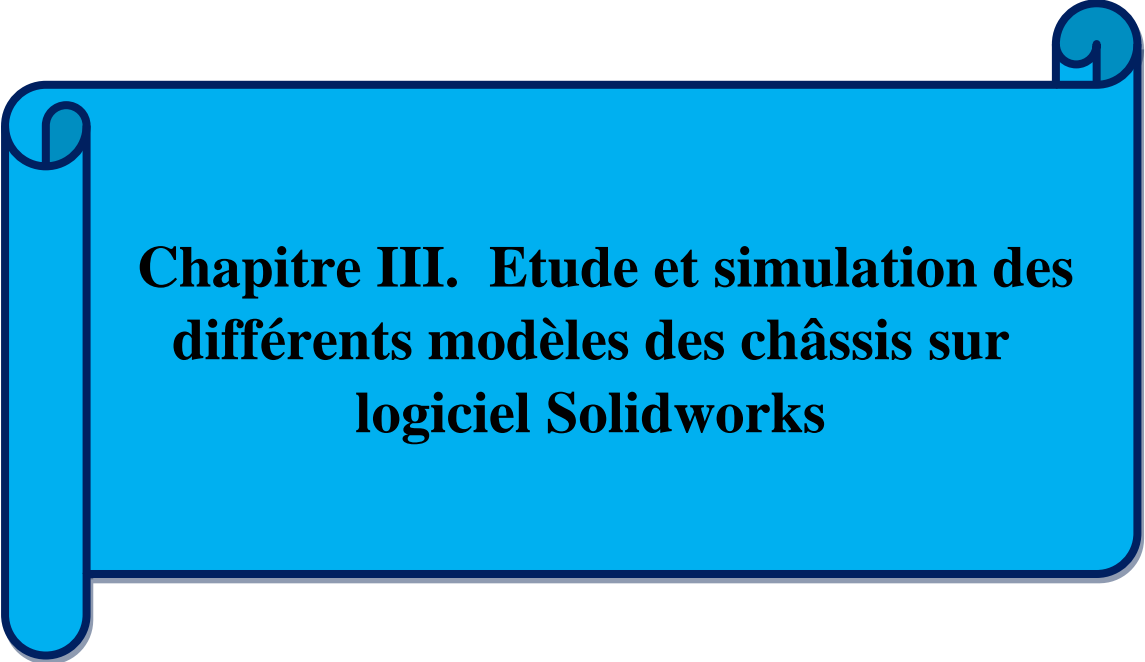
Figure II. 3: Buses de chalumeau [22]

Cette étoile sert aussi à serrer la buse choisie sur l'embout de la lance du chalumeau.

Le diamètre de filetage des buses d'un chalumeau type 0 est différent de celui d'un chalumeau type 1.

Métal	Débit L/h	Diamètre de la baguette
Acier doux	100e	$\frac{3}{4} e$
Inox	75e	$\frac{3}{4} e$
Alu et alliages	75e	e
Cuivre	300 e	e
Laitons	100e	$\frac{3}{4} e$

Tableau II. 3: Choix des buses des différents métaux



**Chapitre III. Etude et simulation des
différents modèles des châssis sur
logiciel Solidworks**

III.1 Introduction

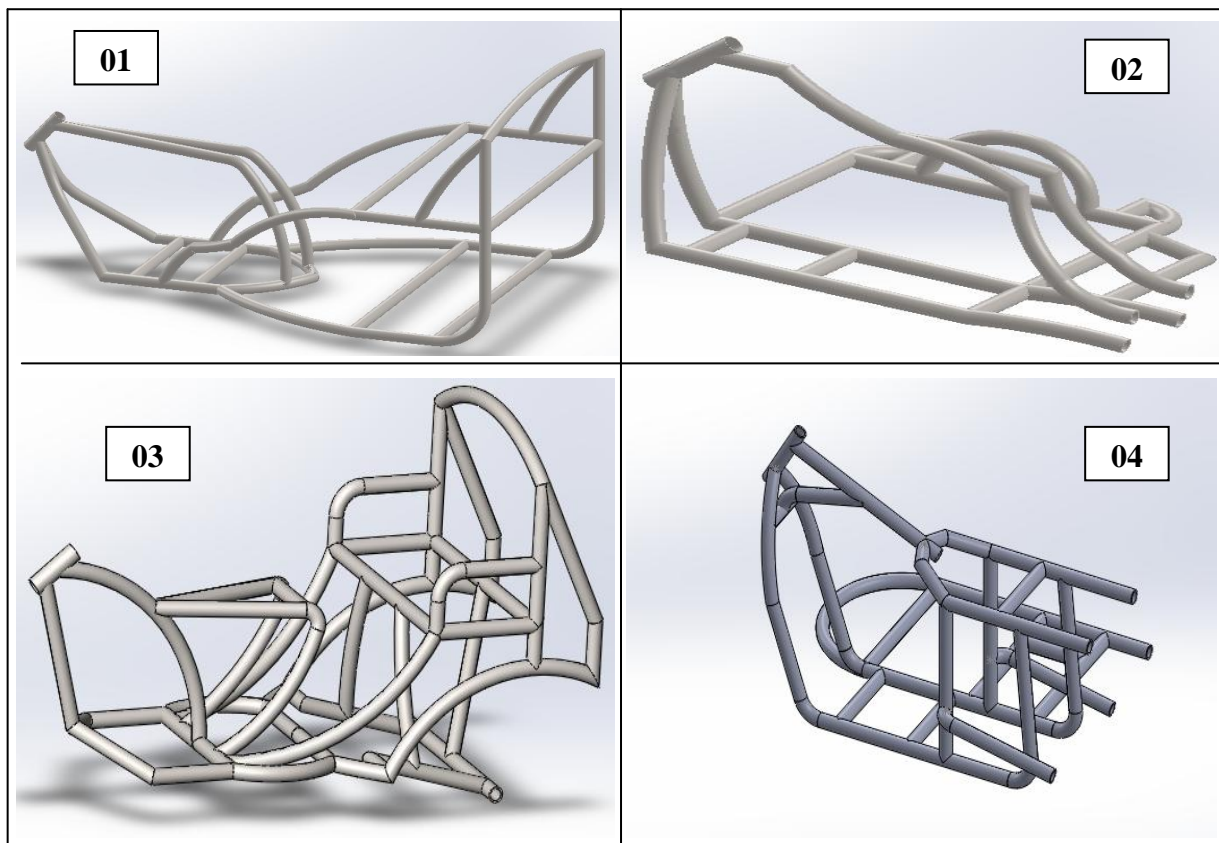
Chaque projet nécessite une étude préalable pour assurer sa validation, pour notre projet, nous allons réaliser six modèles 3D du châssis d'un tricycle-moteur de ville sur le logiciel de conception assisté par ordinateur Solidworks (2014).Après on va lancer une simulation numérique à l'aide de ce logiciel sur les six modèles 3D réalisés et nous allons faire une comparaison et l'évaluation des résultats obtenus par rapport à l'état de contrainte, les déplacements résultants et la résistance.

III.2 Etude de la structure sur Solidworks

Une simulation numérique du comportement d'une pièce mécanique, nécessite la réalisation du modèle 3D, qui garde de manière fidèle les dimensions et le matériau de la pièce, cette étude se base sur la méthode des éléments finis où on doit définir les conditions aux limites qui sont les fixations de la pièce et les chargements appliqués.

III.3 Modèles réalisés sur le logiciel Solidworks

Après une longue durée de recherche et de travail nous avons réalisés différents prototypes de châssis de notre tricycle-moteur, et ils vont passer chacun de ces modèles par la simulation numérique pour voir les deux meilleurs dus à sa résistance et son design, le tableau suivant montre six prototypes.



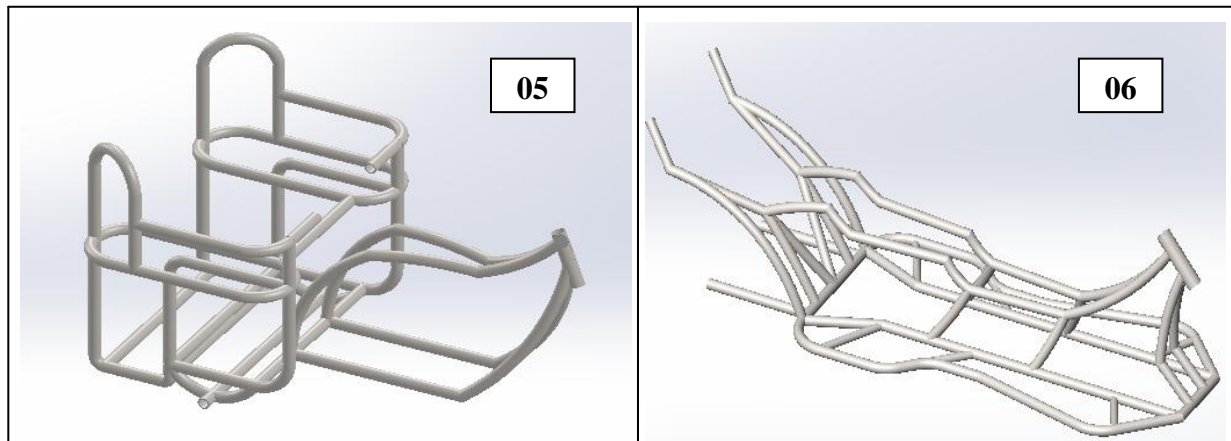


Tableau III. 1: Différents modèles réalisés sur le logiciel Solidworks

III.4 Application des conditions aux limites

III.4.1 Fixations

Cette étape consiste à fixer la structure dans une position de travail avant de lui appliquer des chargements.

Dans notre cas on a appliqué un encastrement dit géométrie fixe sur notre logiciel comme illustré sur la figure III.1 (en couleur verte).

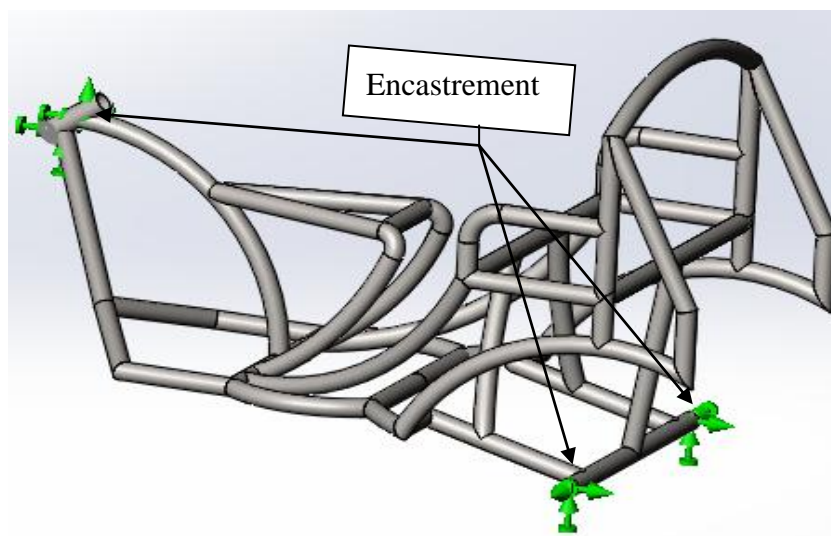


Figure III. 1: Fixation du châssis

les points de fixation à l'avant et à l'arrière représentent les points d'attache des roues (une roue à l'avant et deux en arrière).

III.4.2 Application des chargements

Cette étape consiste à appliquer des efforts extérieurs (force, couple, pressions...) dues aux l'environnement dans laquelle s'insère la pièce qui sera sollicité.

Dans notre cas on a appliqués des forces verticales sur le châssis comme illustré sur la figure (III.2)

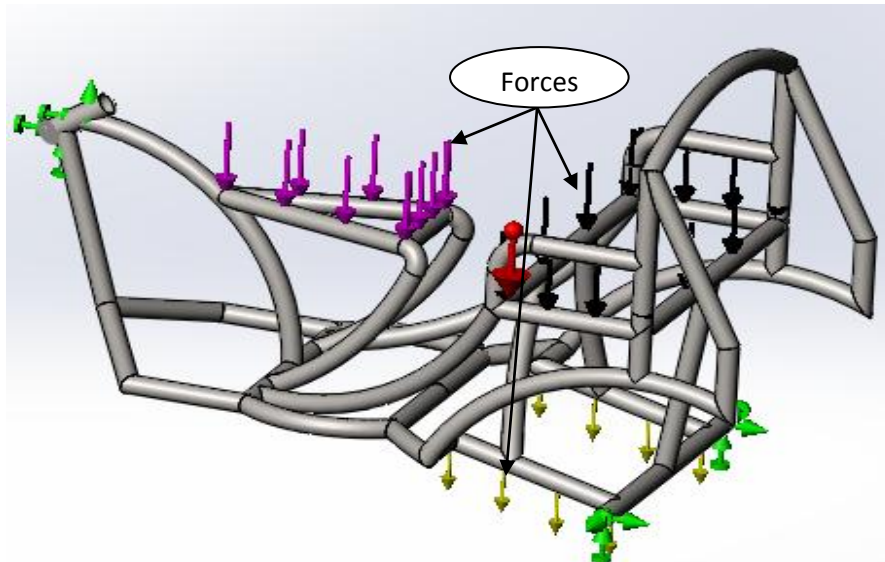


Figure III. 2: Application des forces sur le châssis

- la flèche rouge : Représente le centre de gravité 9.81 m/s^2
- les flèches vertes : Représentation de la fixation rigide (encastrement)
- Les flèches jaunes : Représentation de chargement reparti de moteur 300 N
- Les flèches mauves : Représentation de chargement reparti de poids de conducteur 1500 N
- Les flèches noires : Représentation de chargement reparti de poids de la 2ème personne 1800 N

III.5 Maillage

Le maillage est une opération qui consiste à subdiviser le domaine à étudier en un ensemble de petits éléments de forme simple. Le choix du maillage dépend essentiellement de la géométrie de sollicitations extérieures, et des conditions aux limites à imposer. En 2D, le domaine est subdivisé soit en triangles, soit en quadrangles. En 3D, la subdivision se fait principalement en utilisant des tétraèdres, quadrilatère ...

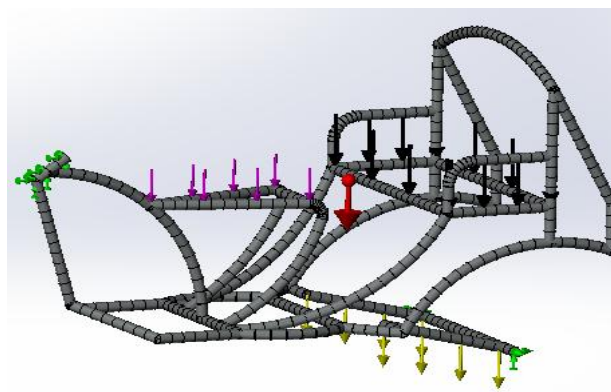


Figure III. 3: Maillage de modèle n°3

Après l'application des fixations, les chargements et le maillage. Nous allons exécuter et nous donner les résultats sur tous les modèles qu'on va les comparer.

III.6 Résultat des différents modèles après la simulation

Lors de la simulation numérique sur Solidworks nous avons vu les comportements mécaniques lorsque en appliquant des charges sur les six modèles et on a obtenu des résultats comme indiqués le tableau III.2. Donc on pourra déduire les deux meilleurs modèles réalisés à partir de la contrainte de flexion et de déplacement les plus faibles et le coefficient de sécurité le plus élevé. On constate que le modèle n° 3 et le modèle n° 6 sont les modèles les plus résistants aussi des designs plus esthétiques réalisés.

Modèles	Coefficient de sécurité	Contrainte de flexion (MPa)	Déplacement (mm)
1	1.2	194	3.1
2	1.8	130	6
3	4.1	57	0.43
4	2.8	82	0.78
5	2.3	101	1.45
6	4.4	53	0.54

Tableau III. 2: Résultat de la simulation du comportement des différents modèles

III.7 Présentation des deux modèles n° 3 et n° 6

Cette étude consiste à faire une comparaison entre les deux modèles (n°3 et n°6) comme illustrer sur la figure III.4, pour valider le modèle il faut qu'il soit plus résistant et un design esthétique.

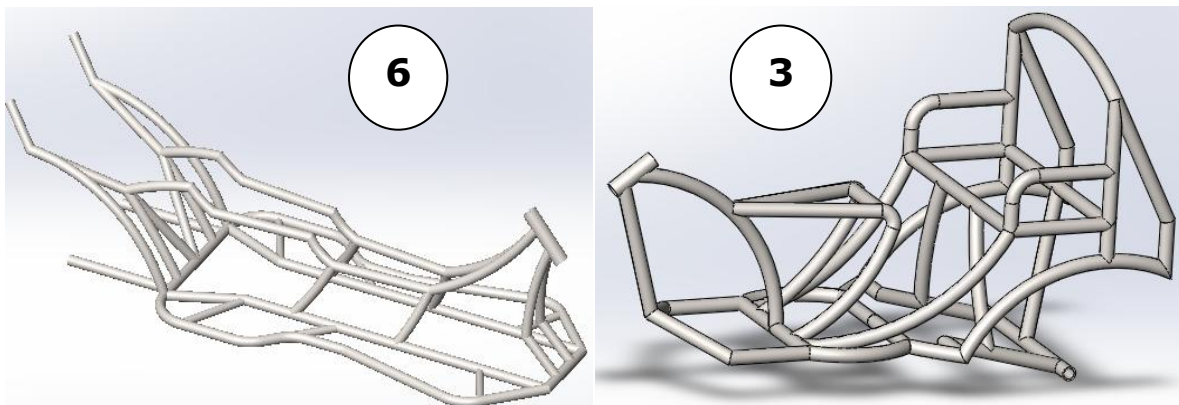


Figure III. 4: Modèles du châssis tubulaire d'un tricycle-moteur de ville

III.8 Analyse des résultats de modèle n° 3

III.8.1 Coefficient de sécurité

Le facteur de sécurité est un moyen rapide de visualiser les résultats de l'analyse. Il est défini comme le rapport entre la contrainte la plus élevée et la contrainte ultime du matériau,

si le facteur de sécurité > 1 , la conception est sûre. Si le facteur de sécurité est < 1 , la conception échoue.

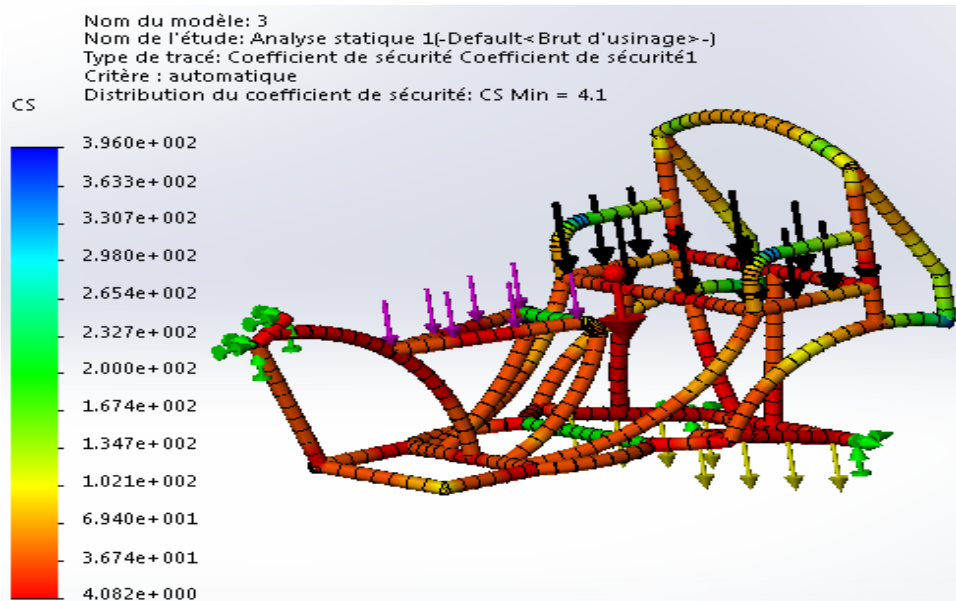


Figure III. 5: Distribution du coefficient de sécurité de modèle n°3

On constate que la structure du châssis sous une charge répartie de 3600 N, présente un coefficient de sécurité de 4.1 ce qui nous indique que cette structure résistante.

III.8.2 Contrainte de flexion

La contrainte est une mesure de la force par unité de surface dans la structure causée par une charge externe appliquée à l'extérieur de la structure. La limite d'élasticité est la limite à laquelle le faisceau de croisement peut résister à sa contrainte.

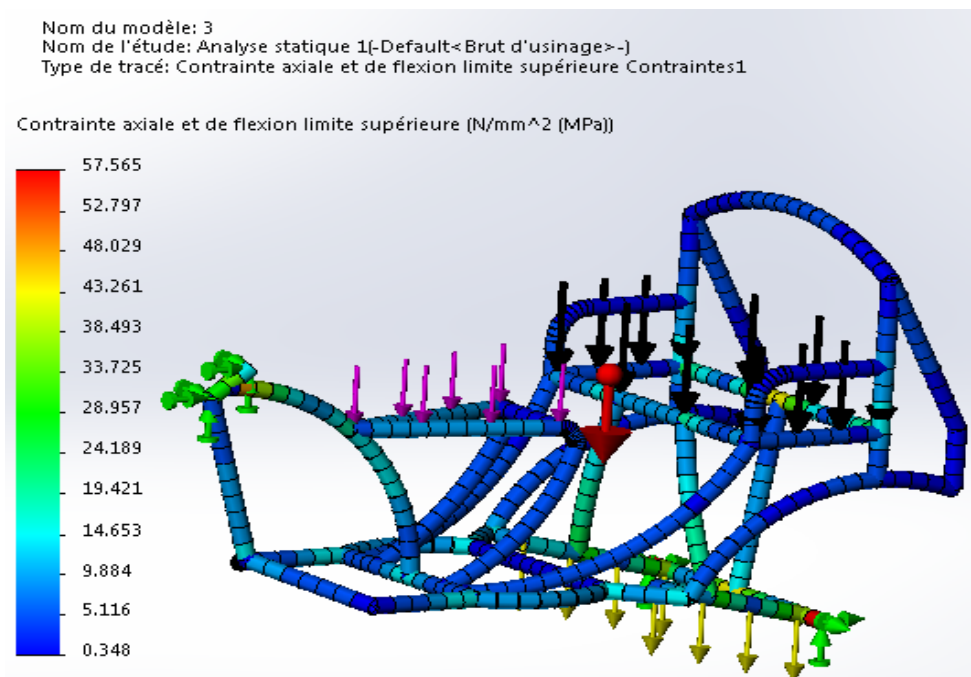
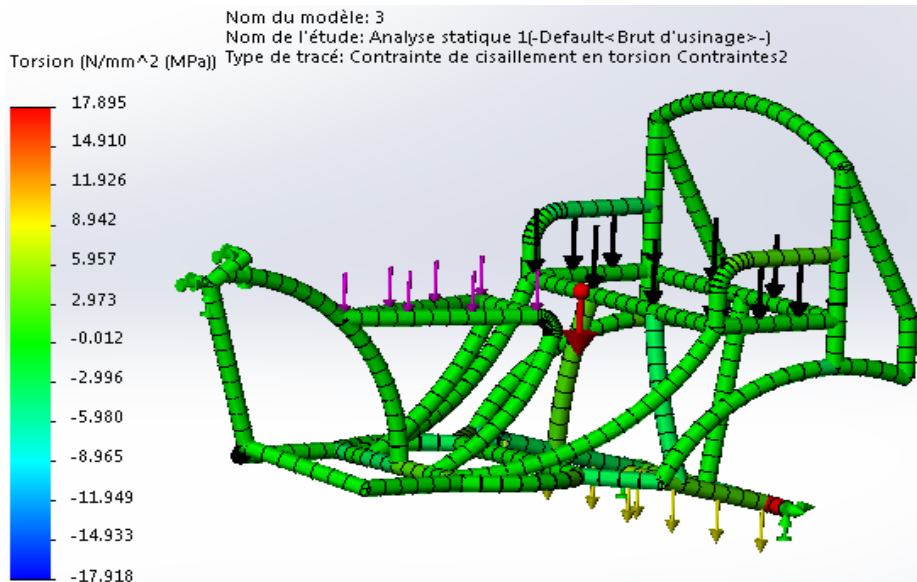


Figure III. 6: Contrainte axiale et de flexion limite supérieure (MPa)

A partir de la figure III.6 on remarque que la contrainte maximale est de 57.56 MPa est inférieure à la limite élastique du matériau de châssis est de 235MPa, donc la structure de châssis résiste bien aux charges extérieures.

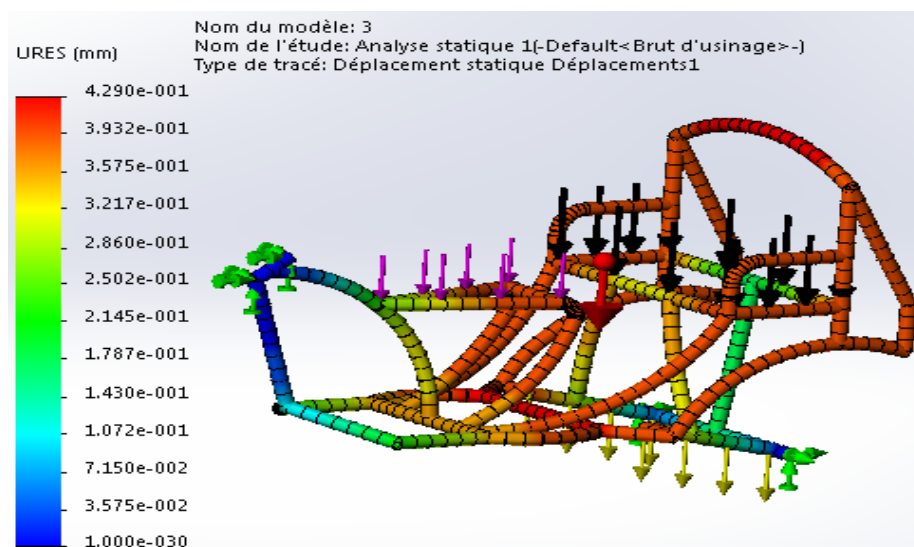
III.8.3 Contrainte de cisaillement en torsion



D'après les calculs faites par Solidworks, nous avons la contrainte de cisaillement en torsion maximale est de 17.90 N/mm² comme indiquée la figure III.7. Alors, on peut constater que la contrainte est suffisamment petite. Donc il n'y a pas de danger sur la structure du châssis.

III.8.4 Déplacement

Le déplacement est la distance sur laquelle un point se déplace de sa position d'origine.



Le calcul de déplacement permet de valider la rigidité du châssis, d'après la figure III.8, on constate que le déplacement maximal est au niveau des barres en rouge, ces déplacements peuvent affecter la précision des résultats simulés, dans notre cas le déplacement maximal est de l'ordre 0.43 mm, cette valeur est tout à fait acceptable.

III.9 Analyse des résultats de modèle n° 6

III.9.1 Coefficient de sécurité

La structure de modèle n° 6 du châssis sous une charge répartie de 3600 N, présente un coefficient de sécurité de 4.4 ce qui nous indique que cette structure aussi résistante, comme la montre la figure III.9.

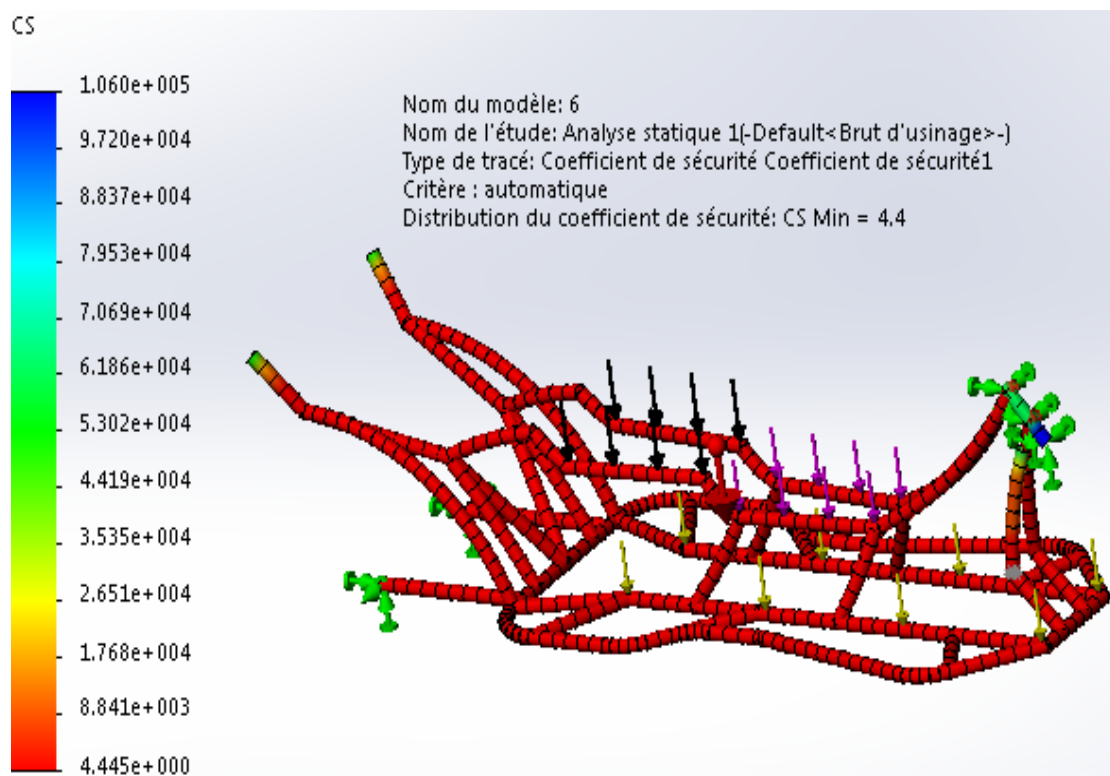


Figure III. 9: Distribution du coefficient de sécurité de modèle n°6

III.9.2 Contrainte de flexion

A partir de figure III.10 ci-dessous on remarque que la contrainte maximale est de 52.87 MPa est inférieure à la limite élastique du matériau de châssis est de 235MPa, donc la structure de châssis résiste bien aux charges extérieures.

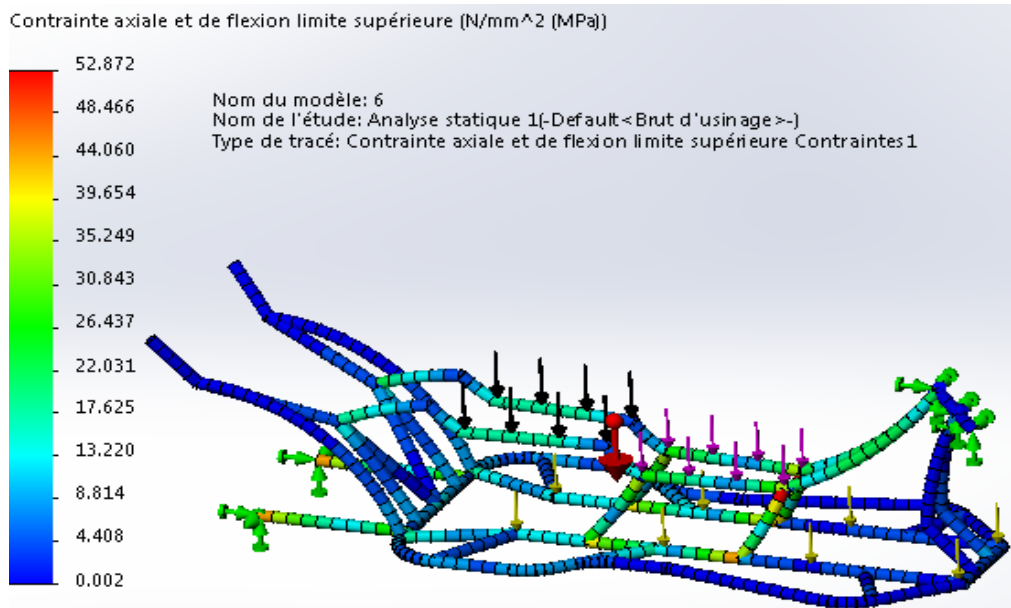


Figure III. 10: Contrainte axiale et de flexion limite supérieure (MPa)

III.9.3 Contrainte de cisaillement en torsion

La contrainte de cisaillement en torsion est très faible d'ailleurs la contrainte de cisaillement en torsion maximale égale à 6.74 N/mm^2 , ce qui nous indique que le matériau de châssis résiste alors y'aura pas de danger, comme présenté la figure III.11.

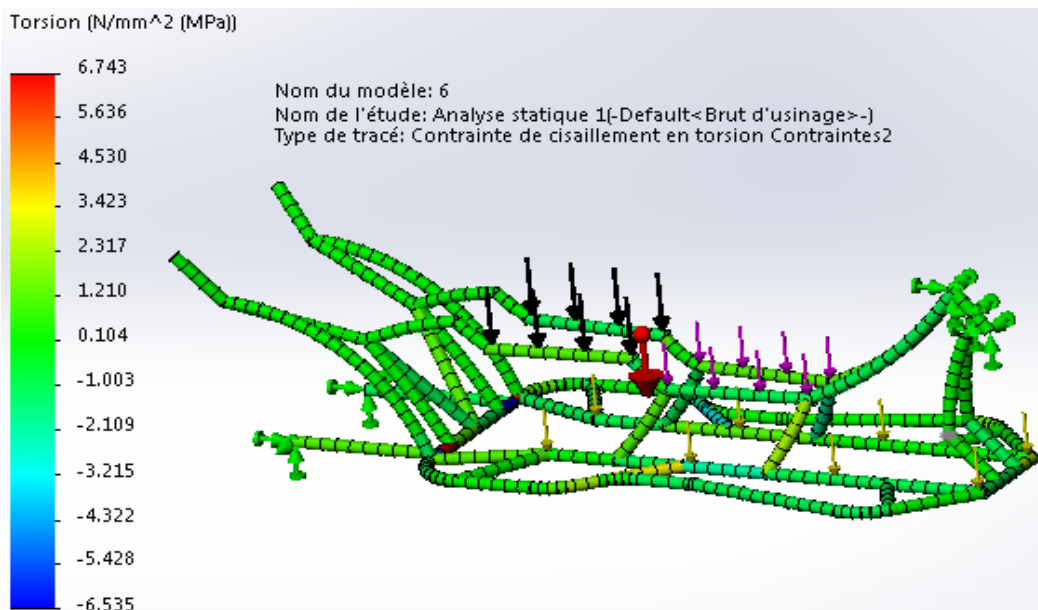


Figure III. 11: Contrainte de cisaillement en torsion de modèle n°6

III.9.4 Déplacement

Le calcul de déplacement permet de valider la rigidité de la structure, suivant la figure III.12 ci-contre, on constate que le déplacement maximal est de 0.54 mm, cette valeur est tout à fait acceptable

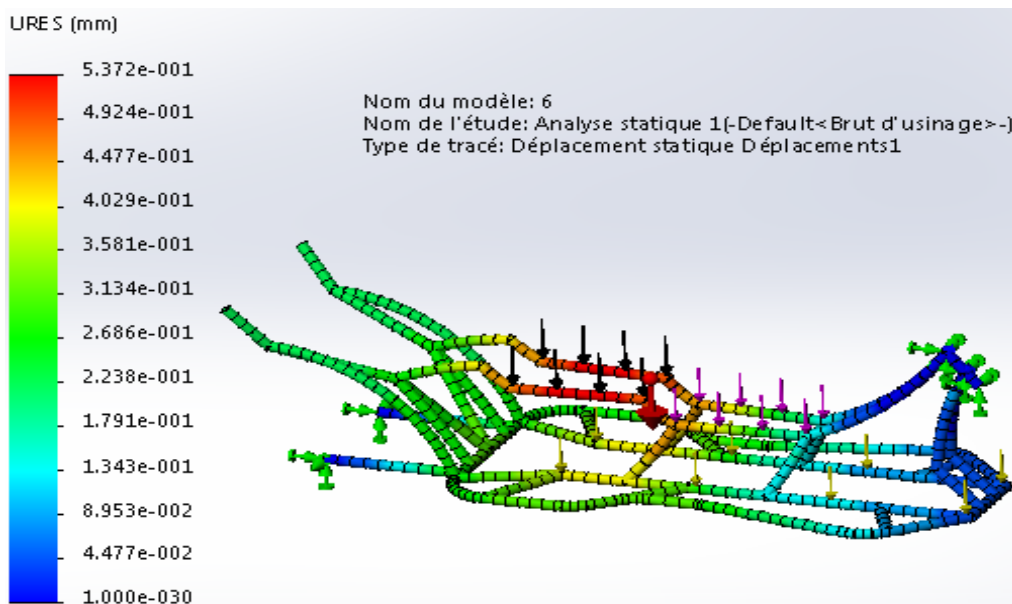


Figure III. 12: Distribution des déplacements sous une charge répartie de 3600N de modèle n°6

III.10 Comparaison des résultats entre les deux modèles n° 3 et n° 6

	Modèle n° 3	Modèle n° 6
Coefficient de sécurité	4.10	4.40
Contrainte de flexion (N/mm²)	57.56	52.87
Contrainte de cisaillement en torsion (N/mm²)	17.90	6.74
Déplacement (mm)	0.43	0.54
Poids (Kg)	43	25

Tableau III. 3: Comparaison entre les deux modèles 3 & 6

Après toute cette étude complète et l'analyse de la structure de châssis, nous avons procédé au choix entre deux modèles le numéro 3 et le numéro 6, maintenant on pourra valider qui est le meilleur modèle entre ces deux à la base de la bonne résistance et le bon design. D'après le tableau III.3 on conclure que le modèle n° 6 est le châssis qui présente une bonne résistance aux efforts appliqués et une rigidité aussi une légèreté. Donc, ce châssis est bien rigide, léger et il est capable de traiter les chargements statiques sans trop de flèche ni de distorsion.



CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Ce mémoire a pour objectif de faire l'étude et la conception de châssis de tricycle-moteur de ville, destinée pour les adultes.

Au début de ce mémoire on a présenté quelque historique sur les tricycles moto, et les différents types des châssis, et les résistances mécaniques d'un profilé tubulaire le choix de profil tubulaire et l'étape à suivre pour la fabrication de châssis premièrement le découpage des tubes, deuxièmement technique de cintrage et à la fin on a parlé sur le soudage en général et particulièrement sur le soudage oxyacétylénique.

Ensuite dans le chapitre deux nous a permis de comprendre les généralités d'un matériau, nous avons appris la différence entre les aciers alliés ou non alliés et leurs propriétés physiques et technologiques ainsi que le calcul de la longueur développée des tubes après le cintrage, et on a terminé ce chapitre avec les techniques de soudage.

Ainsi nous avons utilisé le logiciel Solidworks pour faire la conception 2D/3D, ainsi que la simulation des comportements des pièces mécaniques sous les différentes charges, ce dernier nous permettons de visualiser les résultats sous forme de distribution sur tout le volume de notre structure.

On dernière partie nous avons présenté et étudié les six modèles de châssis d'une moto réalisés sur le logiciel Solidworks et on a choisi les deux meilleurs modèles (numéro trois et numéro six) d'un châssis pour une étude de leurs coefficients de sécurité, les contraintes de flexion et de cisaillement en torsion ainsi les déplacements à l'aide des résultats d'analyses de simulation obtenus par le logiciel de CAO, après la discussion avec notre promoteur et nos collègues de promotion on a arrivé à valider parmi les deux modèles le modèle dit modèle six sur ce travail du châssis d'un tricycle-moteur de ville grâce à sa résistance et le bon design le plus esthétique et même léger.

L'élaboration de ce mémoire, nous a donné des idées sur le dimensionnement et la simulation à l'aide du logiciel Solidworks, ainsi l'utilisation de ce logiciel nous a permis de faciliter le travail de cette étude.

Ce projet était pour nous une expérience très enrichissante qui nous a rapprochés du monde professionnel, et qui nous a permis de développer l'esprit de la recherche et gestion de temps.

Références et bibliographies

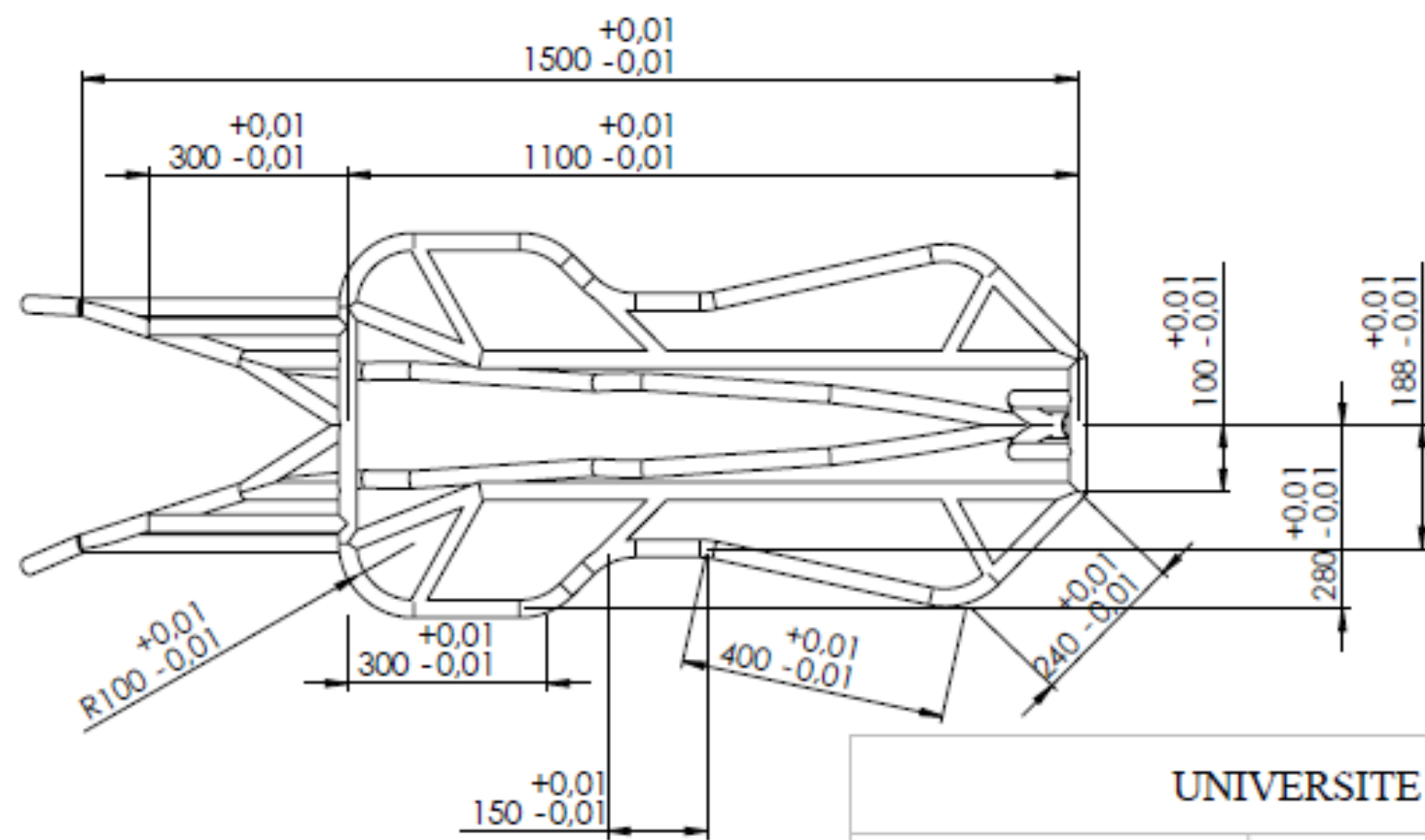
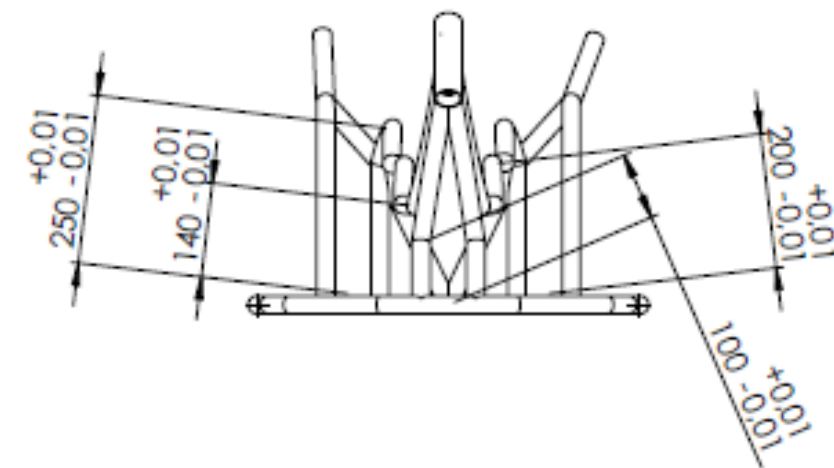
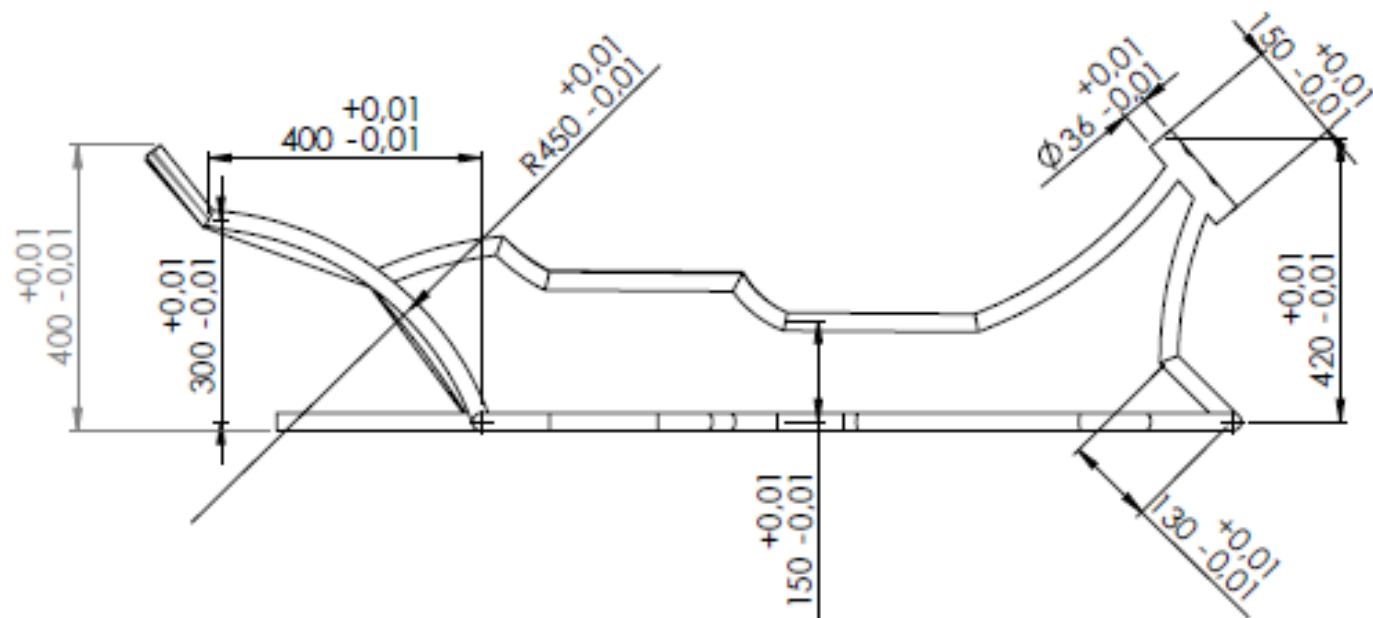
- [1] <https://www.placeauvelo.fr/histoire-tricycle> [consulté le 06/04/2022].
- [2] Liew Z. Design, analysis, experimental verification of tubular space frame chassis for FSAE application, National University of Singapore, Thesis of Master Engineering, 2012, 209p.
- [3] Ait ouakli Abderrahmane et Hamitri Yanis thème étude de fabrication des châssis de scooters type cuxi chez VMS industriel. Université de Bejaia. 2017/2018.
- [4] Pierre Duysinx. Le système véhicule et ses constituants, Université de Liège, Année académique 2010-2011.
- [5] <https://www.ornikar.com/permis/autour-moto/specificites-vehicules/cadre-moto> [consulté-le 08/04/2022].
- [6] <https://www.toutsurlamoto.com/lecadre.htm> [consulté-le 08/04/2022].
- [7] <https://entretien-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/527079/chassis-tubulaire> [consulté-le 09/04/2022].
- [8] www.rocdacier.com Elaboration des tubes en acier, Caractéristiques de tubes, Assemblage des tubes, par rocdacier publiée le 18/08/2017 [consulté-le 12/04/2022].
- [9] Mr. Bouzidi Abdellatif. Thème Stratégie de sélection des meilleures méthodes d'ébavurage, école de technologie supérieure université du Québec le 30 novembre 2017.
- [10] Mr. Ouicher Fouad. Thème Etude conception de cintreuse 3 galet. Université Abderrahmane mira de Bejaïa. 2015.
- [11] <https://www.shutterstock.com/es/image-vector/mens-hands-bending-metal-tube> [consulté le 27/05/2022].
- [12] Collection ATS-OTUA Propriétés d'emploi des aciers, conseils pour le soudage des aciers inoxydables, 1992.
- [13] R. Cazes. "Procédés de soudage : principes généraux et critères de choix" Technique de l'ingénieur, B 7700, 2006.
- [14] R. Blondeau. "Procédés et applications industrielles du soudage" hermès science Publications. Paris 2001.
- [15] D. Seferian. « Métallurgie de la Soudure ». FUNOT. 1982.
- [16] S. Bensaada. Fonderie et Soudage, publiée le 07/11/2019.
- [17] www.rocdacier.com Cours sur le soudage chalumeau – Soudage OA – Soudage oxyacétylénique, par rocdacier publiée le 18/05/2017 [consulté-le 21/04/2022].


Références bibliographies

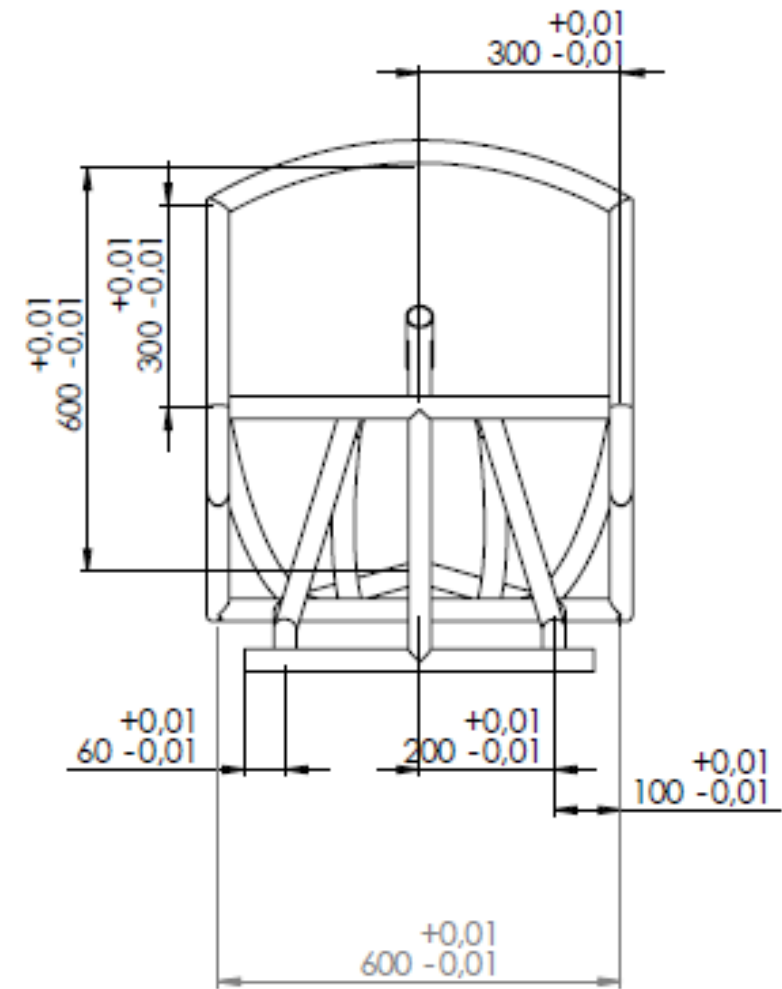
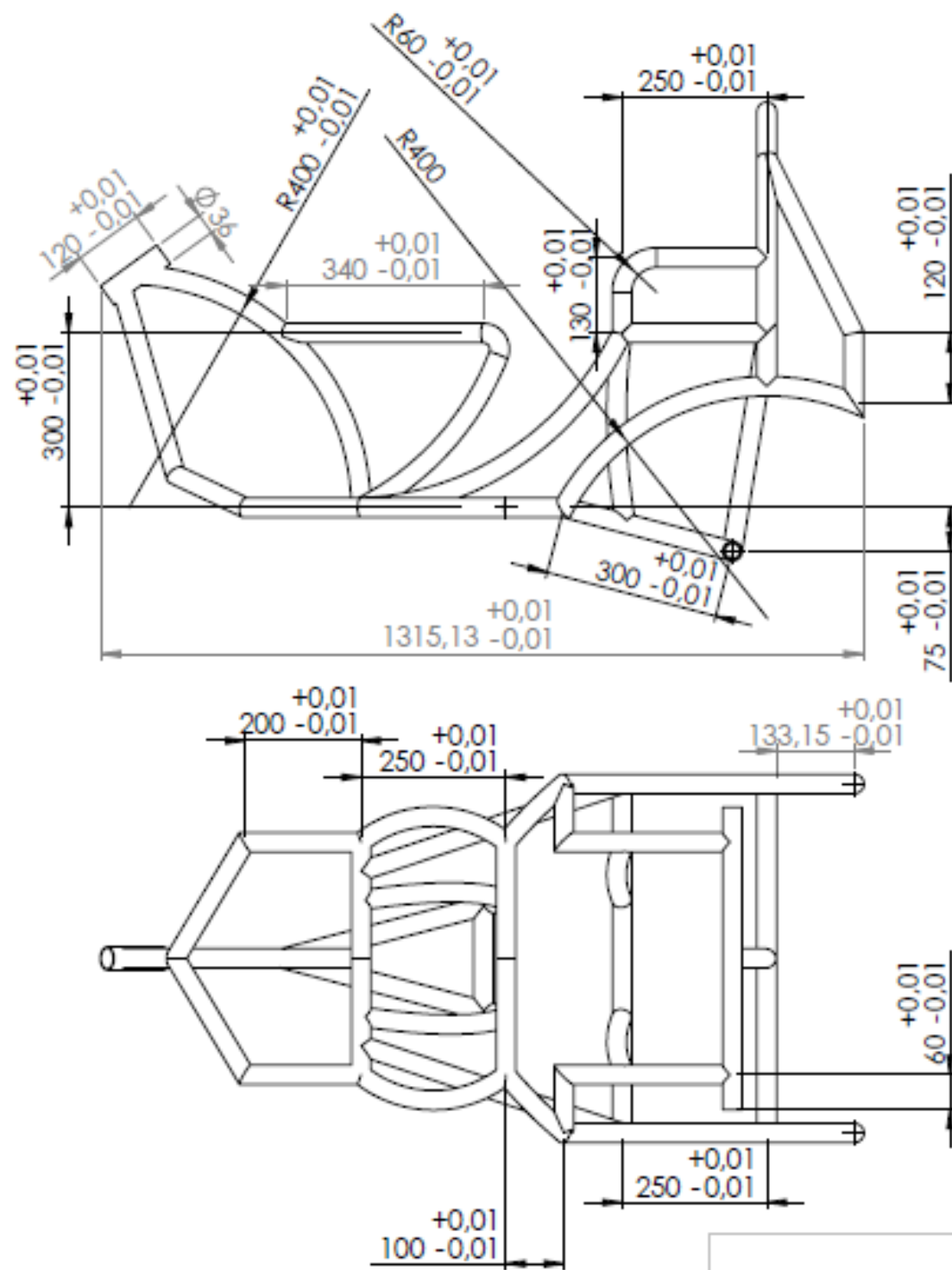
- [18] www.conceptec.net Cours les assemblages par soudage et brasage, publié le 16/12/2016, [consulté-le 22/04/2022] Email: contact@conceptec.net.
- [19] www.rocdacier.com Cours sur la soudo-brasage par rocdacier publiée le 13/08/2017, [consulté-le 22/04/2022].
- [20] <https://www.expondo.fr/inspirations/types-dacier/>[consulté le 05/05/2022].
- [21] S.Bensaada élaboration des métaux ferreux (fontes et aciers).
- [22] www.soudeurs.com comment choisir et dimensionner sa buse de brasage ou de soudage oxyacétylénique, publié le 22/07/2019 [consulté le 04/05/2022].
- [23] Boutchicha Khaled et Boudaradji Amar, thème conception et réalisation d'une cintruse pour les chaînes métalliques, université Mohammed Boudiaf de Msila.2020/2021.
- [24] Solidworks Série Conception technique et technologie, projet de conception F1 in schools TM avec le logiciel Solidworks 2010 pour voiture type R, numéro du document : PME1018-FRA, page 2.
- [25]http://foad.univubs.fr/pluginfile.php/146851/mod_folder/content/0/2_mecano_soude_IUF_M_Aix_Marseille.Pdf?focedownload=1 [consulté-le 30/05/2022].



Mise en plan



UNIVERSITE A-MIRA - BEJAIA		01/07/2022
Echelle: 1/10	MODELE N° 6	PFE MASTER 2 FMP
		



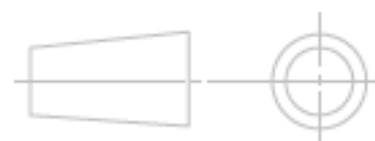
UNIVERSITE A-MIRA - BEJAIA

01/07/2022

Echelle: 1/10

MODELE N° 3

PFE
MASTER 2 FMP



M.BRAHAM ET N.HOUARI

Résumé

Les physiciens parlent d'équilibre métastable car le passage de la position d'équilibre temporaire à une position de déséquilibre perceptible est relativement lent. Le tricycle-moteur grâce à ses deux roues à l'arrière et une à l'avant, on éliminera le manque d'équilibre aussi l'un des principaux moyens de transport dans de nombreuses parties du monde, constitue à la fois un usage quotidien.

Dans notre travail, nous avons présenté une étude numérique du comportement mécanique d'un châssis d'une moto à l'aide du logiciel Solidworks, lequel nous avons présenté six modèles, et on a arrivé à choisir parmi les six modèles, un châssis d'un tricycle-moteur de ville grâce à sa résistance aux chargements verticales appliquées et le bon design le plus esthétique et même léger.

Mots clés : châssis; tube; assemblage; simulation.

Abstract

Physicists speak of a metastable equilibrium because the passage from the position of temporary equilibrium to a position of perceptible imbalance is relatively slow. The motor tricycle thanks to its two wheels at the back and one at the front, we will eliminate the lack of balance also one of the main means of transport in many parts of the world, constitutes both daily use.

In our work, we presented a numerical study of the mechanical behavior of a motorcycle chassis using the Solidworks software, which we presented six models, and we managed to choose among the six models, a chassis of a city motor-tricycle thanks to its resistance to vertical loads applied and the good design, the most aesthetic and even lightweight.

Key words : chassis; tube; assemblage; simulation.