

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA
FACULTÉ DE LA TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

MASTER

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : ***Conception Mécanique et productique***

PRÉSENTÉ PAR:

Mr. BARACHE Redouane

Mr. NAIT MOHAND Adel

Thème

**Intégration de la fabrication du châssis du scooter au niveau de
VMS industrie**

Soutenu le 20 JUIN 2017 devant le jury composé de:

Mr. BECHIR

Président

Mr. BELAMRI

Rapporteur

Mlle. BOUZIDI

Examinatrice

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2016 - 2017

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. Mr. BECHIR en tant que Président de jury, Mlle. BOUZIDI en tant que examinatrice

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

Que tous ceux qui ont contribué 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.

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à ...

A ma très chère mère Zaina

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 Amoqrane

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

A ma très chère sœur fetta, son mari Moumouh et leurs filles Dida et Hinan

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

A mes chers frères Latif et mourad

Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

A mes chers ami (e)s

Alim, Imane, Najat, Doda, Doudouch, Redouane, Rachid, Lounis, Karim, youness, Azouaou, Nabil, koukou

Adel

DEDICACES

A la mémoire de mes chers parents Zahia et Youcef

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.

Que dieu vous accueille en son vaste paradis

A mes chers frères et sœurs ;

Saadia, Ouardia, yacine, Menad, Faouzi et Kaissa ;

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 ;

Nabil, Zahia, makhlouf, Lahna et Ritadj ;

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

A ma chère fiancée Assia

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.

Redouane

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	2
I. LE CHASSIS DE SCOOTER ET PROCEDES DE FABRICATION	4
I.1 GENERALITES	4
I.1.1 <i>Le scooter</i>	4
I.1.2 <i>Constituants d'un scooter</i>	4
I.1.2.1 Le châssis	4
I.1.2.2 Le guidon	5
I.1.2.3 Les roues	5
I.1.2.4 Le moteur	5
I.1.2.5 Le disque de frein	5
I.1.2.6 La selle	5
I.2 PROCEDES DE FABRICATION	6
I.2.1 <i>Le découpage</i>	6
I.2.1.1 La découpe laser	6
I.2.1.2 La découpe plasma	7
I.2.2 <i>Cintrage des tubes</i>	8
I.2.2.1 Techniques de cintrage	9
I.2.3 <i>Le soudage</i>	12
I.2.3.1 Le soudage avec électrode enrobée	12
I.2.3.2 Le soudage TIG	13
I.2.3.3 Le soudage MIG/MAG	13
I.3 MATERIAUX DE CONSTRUCTION DES CHASSIS ET SOUDAGE DES TUBES	15
I.3.1 <i>L'acier</i>	15
I.3.1.1 Classification des aciers	16
I.3.2 <i>Tube</i>	17
I.3.2.1 Tubes sans soudures	17
I.3.2.2 Assemblages tubulaires soudées	17
I.3.2.3 Classification des nœuds d'assemblages de tubes	18
I.3.2.4 Soudage Des Tubes	19
II. ORGANISATION D'UN ATELIER DE PRODUCTION	22
II.1 LES ATELIERS	22
II.1.1 <i>Les ateliers de type à cheminement unique</i>	22
II.1.2 <i>Les ateliers de type à cheminement multiple</i>	22
II.2 ORGANISATION D'UN ATELIER	23
II.2.1 <i>Entrepôt de stockage</i>	23
II.2.2 <i>Les lignes transfert</i>	23
II.2.3 <i>Zone de contrôle</i>	24
II.2.4 <i>Transport et manutention</i>	24
II.2.5 <i>Les indications</i>	25
II.2.6 <i>Les ateliers de fabrication du châssis de scooter</i>	26
III. CONCEPTION DES GABARITS DE SOUDAGE	31

III.1	INTRODUCTION	31
III.2	GABARIT 1.....	31
III.2.1	<i>Constituants du premier gabarit de soudure</i>	32
III.2.2	<i>Sauterelle de fixation des tubes</i>	33
III.2.3	<i>Palier de fixation</i>	33
III.2.4	<i>Sections à souder avec le premier gabarit</i>	34
III.3	GABARIT 2.....	34
III.3.1	<i>Constituants du deuxième gabarit de soudure</i>	35
III.3.2	<i>La base du gabarit</i>	35
III.3.3	<i>Le palier</i>	36
III.3.4	<i>Les coussinets</i>	37
III.3.5	<i>Le corps du gabarit</i>	37
III.3.6	<i>Système de blocage</i>	38
III.3.7	<i>Sauterelle de fixation des tubes</i>	40
III.3.8	<i>Une pièce de fixation coulissante</i>	41
III.3.9	<i>Inclinaison du corps du gabarit</i>	42
III.4	PROCESSUS DE FABRICATION DU CHASSIS	43
III.4.1	<i>La première étape de fabrication</i>	44
III.4.2	<i>Deuxième étapes de fabrication</i>	45
III.4.3	<i>Troisième étape de fabrication</i>	48
III.5	SIMULATION DE PIÈCES CONSTITUTIVE DES GABARITS	49
III.5.1	<i>Simulation de la base du premier gabarit</i>	49
III.5.2	<i>Simulation du corps du deuxième gabarit</i>	52
III.5.3	<i>Simulation de la base du deuxième gabarit</i>	55
III.5.4	<i>Simulation de la dent de blocage</i>	58
III.5.5	<i>Simulation de la tige du bras de blocage</i>	61
III.5.6	<i>Simulation du comportement du coussinet</i>	62
	Conclusion générale	64

Liste des figures

Figure I.1 Différents constituants d'un scooter	4
Figure I.2 Châssis d'un scooter	5
Figure I.3 Procéder de fabrication du châssis de scooter.....	6
Figure I.4: Principe d'une découpe laser.....	7
Figure I.5: Principe d'une découpe plasma	8
Figure I.6: Cintrage d'un tube avec utilisation d'un mandrin interne	9
Figure I.7 Schématisation du cintrage par compression.....	10
Figure I.8 Schématisation du cintrage par enroulement	10
Figure I.9 Schématisation du cintrage par tension-rotation.....	11
Figure I.10 Schématisation du cintrage par cisaillement.....	11
Figure I.11 Illustration de soudage à l'électrode enrobée	12
Figure I.12 Schématisation du soudage TIG.....	13
Figure I.13 Schématisation du soudage MIG/MAG	14
Figure I.14 Schéma représentatif des zones de soudage.....	15
Figure I.15 Nœuds en T et en Y, avec d : diamètre du tube dit entretoise, D : diamètre de la membrure, angle d'inclinaison entre les deux éléments	18
Figure I.16 Nœuds en X avec D diamètre et T l'épaisseur de la membrure et d diamètre et de ..	18
Figure I.17 Nœud d'assemblage type T et Y	19
Figure I.18 Poste à souder conventionnel avec les équipements nécessaires	19
Figure II.1 Atelier à cheminement unique	22
Figure II.2 Atelier à cheminement multiple.....	22
Figure II.3 Entrepôt de stockage	23
Figure II.4 Ligne de transfert (montage) d'un scooter	23
Figure II.5 Zone de contrôle	24
Figure II.6 Bras élévateurs.....	24
Figure II.7 Chariots de transport	25
Figure II.8 Panneaux d'indication.....	26
Figure II.9 Schéma représentatif des opérations de fabrication du châssis	26
Figure II.10 Production de fumée de soudage	27
Figure II.11 Cabine de soudage	28
Figure II.12 Caisson aspirant	29
Figure II.13 Bras articulé	29

Figure II.14 Système de ventilation	30
Figure III.1 Ensemble des pièces à souder sur chaque gabarit	31
Figure III.2 Constituants du premier gabarit de soudure.....	32
Figure III.3 Sauterelle de fixation des tubes	33
Figure III.4 Palier de fixation du tube à souder sur le gabarit	34
Figure III.5 Sections à souder avec le premier gabarit	34
Figure III.6 Constituants du deuxième gabarit.....	35
Figure III.7 Base du deuxième gabarit	35
Figure III.8 Palier de rotation avec téton de graissage	36
Figure III.9 Coussinet avec trou et rainure de graissage	37
Figure III.10 Constituant du corps du deuxième gabarit	38
Figure III.11 Positionnement de la dent de blocage sur la roue dentée.....	39
Figure III.12 Constituants système de blocage	40
Figure III.13 Sauterelle de fixation des éléments du châssis sur le gabarit	40
Figure III.14 Système d'une pièce coulissante	41
Figure III.15 Principe de blocage des pièces coulissantes.....	41
Figure III.16 Choix de l'inclinaison du corps du gabarit	42
Figure III.17 Endroits des opérations de soudure	43
Figure III.18 Vue éclatée des 10 pièces constitutives du châssis.....	44
Figure III.19 Positionnement et fixation des pièces sur le premier gabarit.....	44
Figure III.20 Positionnement des pièces N° 4 et 5.....	45
Figure III.21 Positionnement de pièces N° 6 et 7.....	46
Figure III.22 Positionnement des pièces 8, 9 et 10 sur le gabarit.....	46
Figure III.23 Les pièces à assembler en troisième étape.....	47
Figure III.24 Positionnement et fixation de la pièce à souder en troisième étape.....	48
Figure III.25 Distribution des contraintes de Von mises sur la plaque de la base du gabarit avec (a) zone de fixation, (b) chargement latéral de 1000N, (c) chargement latéral de 200N et (d) chargement vertical de 200N.....	50
Figure III.26 Ajout d'un renforcement noté (r), distribution des contraintes sur la plaque de la base de gabarit 1.....	51
Figure III.27 Augmentation du coefficient de sécurité après renforcement de la plaque de la base du gabarit $CS_{min}=3.5$	52
Figure III.28 Distribution des contraintes de Von mises sur le corps du gabarit 2 avec (a) fixation et (b) chargement de 1000N.....	53
Figure III.29 Distribution des contraintes de Von mises après augmentation des dimensions du profilé et ajout des renforcements notés (r).....	53
Figure III.30 Le coefficient de sécurité obtenue avant l'amélioration.....	54

Figure III.31 Augmentations du coefficient de sécurité après amélioration de la structure.....	54
Figure III.32 Les poids agissant sur la base du gabarit.....	55
Figure III.33 Distribution des contraintes de Von mises sur les pieds de la base du gabarit avec (c) fixation, (a) un chargement latéral de 1000N et (b) un chargement vertical de 1000N.....	56
Figure III.34 Déplacement maximum sur la base du gabarit.....	57
Figure III.35 Diminution de la contrainte après ajout du gousset au niveau des pieds de la base du gabarit.....	57
Figure III.36 Augmentation du coefficient de sécurité après renforcement par des goussets de la valeur CS min=2.2 à CS min=3.4.....	58
Figure III.37 Illustration de la force appliquée sur le corps de gabarit (F1) et la force générée sur la dent de blocage (F2).....	59
Figure III.38 Distribution de la contrainte de Von mises sur la dent de blocage avec (a) zone de fixation, (b) chargement de 13000N.....	60
Figure III.39 Le coefficient de sécurité obtenue sur la dent de blocage CS min= 2.3.....	60
Figure III.40 Distribution de la contrainte de Von mises sur la tige du bras de fixation avec un chargement de 13000N.....	61
Figure III.41 Distribution de la contrainte de Von mises avec (a) fixation et (b) chargement du palier de 1000N.....	62
Figure III.42 Coefficient de sécurité du coussinet.....	62

Liste des tableaux

Tableau I.1 Aciers ordinaires ou acier au carbone non alliés.	16
Tableau I.2 Nuances de quelques aciers avec leurs compositions chimiques et caractéristiques mécaniques en traction	17
Tableau I.3 Des diamètres d'électrode et de l'intensité en fonction de l'épaisseur du métal à souder.....	20
Tableau I.4 Diamètre du fil électrode en fonction de l'intensité de soudage et de la vitesse de dévidage et de l'intensité de transition	20

Introduction générale

Introduction générale

La question de l'organisation des entreprises a été posée à la fin du 19^{ème} siècle dans un contexte caractérisé d'une part, la révolution des transports et des communications, d'autre part la distribution et la production de masse, le gain de productivité exigeait que soient de nouvelles méthodes de production. Les nouvelles techniques de production firent d'abord leur apparition dans l'industrie pétrolière, puis dans les industries mécaniques.

Notre recherche consiste de proposer une organisation d'un atelier de fabrication de châssis de scooter de chez VMS industrie, entreprise est spécialisée dans le montage de différents types de scooter à deux roues et à trois roues et de quads, des pièces sont importées de l'étranger, 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 modèle de ces scooter afin de pouvoir éliminer les problème d'importation de ce dernier tel que le coût et temps et la paperasse, 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 un gabarit de soudage du châssis du scooter type CUXI, afin d'assembler les différentes partie de cette structure de manière reproductible et de productivité élevée.

L'étude de ce projet se compose de trois chapitres ; au premier chapitre nous présentons le scooter et les différents procédés de fabrication du châssis (le soudage, le cintrage le découpage) et le deuxième chapitre est aux systèmes d'organisation et d'aménagement des ateliers de fabrication. Le dernier chapitre est consacré à notre proposition de conception de deux gabarits de soudage du châssis.

Préambule : Présentation de l'entreprise

Présentation de l'entreprise

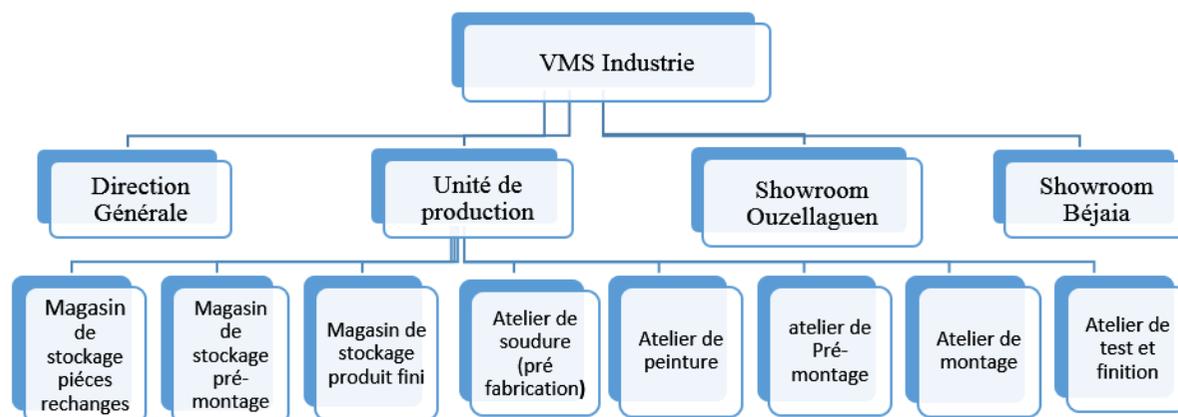
VMS industrie (Viva Motors Saigh) est un fabricant de motos en moyenne série sis à Ighzer Amokrane, La SARL familiale dénommée TRADER LINE a été créée en 2006. Son activité principale est l'importation et distribution de cycles, motos, tricycle et pièces de rechange automobile.

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

L'objectif de production à court terme est de 2100 unités /an avec un taux d'intégration entre 25% et 40% selon les différents produits.

Organisation de VMS :

La structure est comme suit :



Présentation de site de production :

Cette unité de production pour le montage de cycles, motos, 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 suite :

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.

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 mécanique 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).

Chapitre I : Le châssis de scooter et procédés de fabrication

I. Le châssis de scooter et procédés de fabrication

I.1 Généralités

I.1.1 Le scooter

Un scooter est un véhicule motorisé routier à deux ou trois roues caractérisé 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.1 Différents constituants d'un scooter

I.1.2 Constituants d'un scooter

I.1.2.1 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.

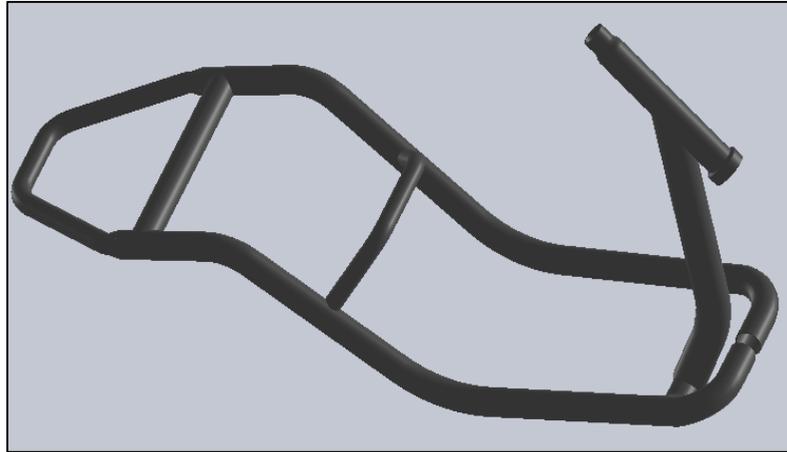


Figure I.2 Châssis d'un scooter

I.1.2.2 Le guidon

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

I.1.2.3 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.1.2.4 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 transformée en énergie cinétique.

I.1.2.5 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.1.2.6 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.

I.2 Procédés de fabrication

La fabrication d'un châssis de scooter passe par plusieurs procédés, la matière première est constitué essentiellement de profilés tubulaire 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.

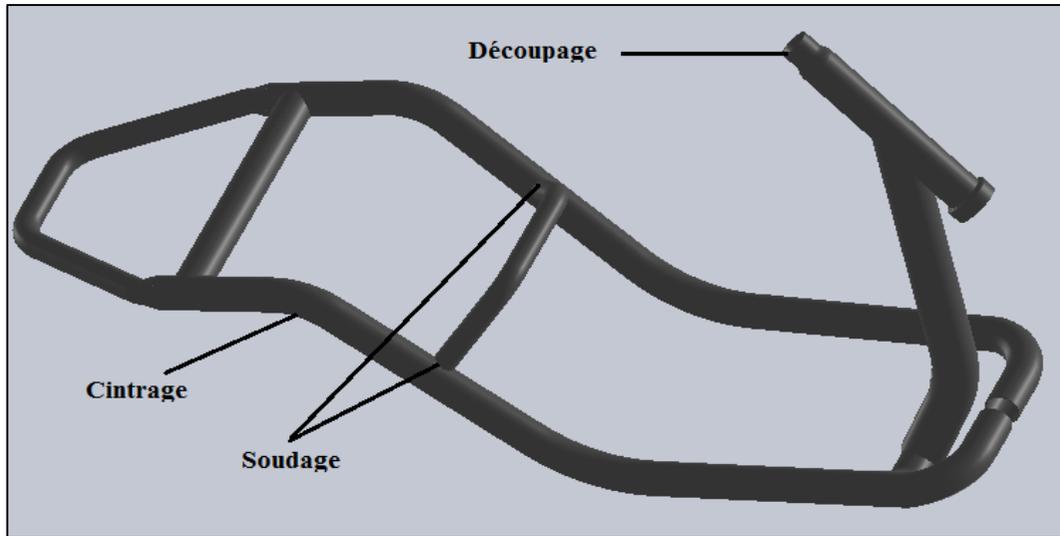


Figure I.3 Procéder de fabrication du châssis de scooter

I.2.1 Le découpage

I.2.1.1 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 (I:4), 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].

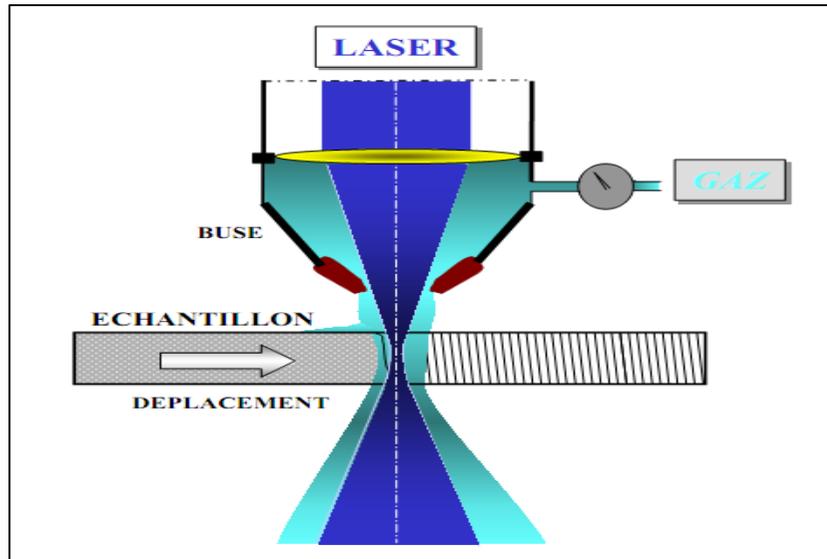


Figure I.4 Principe d'une découpe laser

- **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.

I.2.1.2 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 découpage 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. [2]

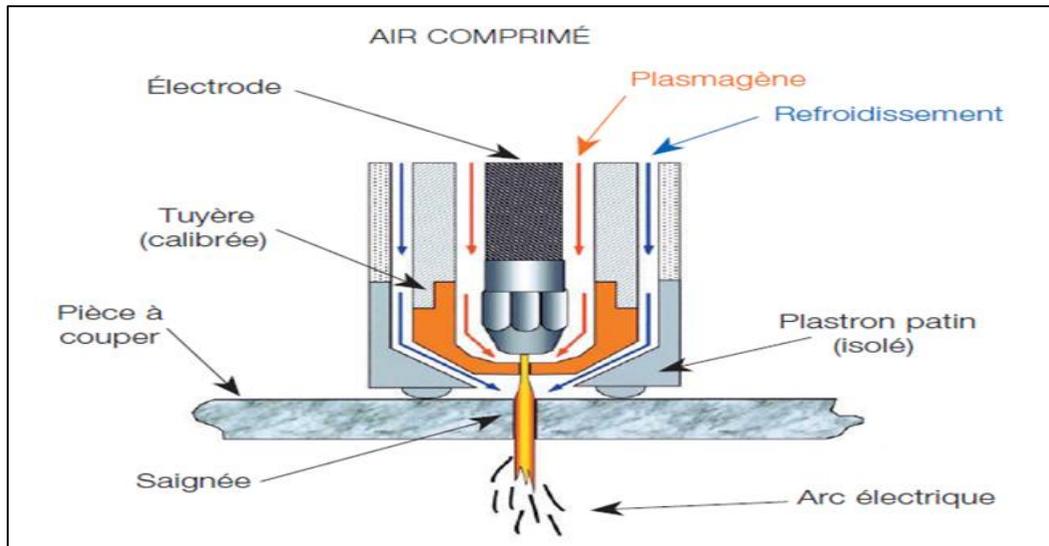


Figure I.5 Principe d'une découpe plasma

- **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 [2].

I.2.2 Cintrage des tubes

Le cintrage du tube est un procédé de mise en forme qui consiste à plier un tube selon un rayon de courbure et un angle donné. Ce procédé est indispensable dans la fabrication de composants optimisés car, il limite la quantité de soudage requise. Les deux défauts principaux du cintrage de tube sont l'affaissement de celui-ci au niveau du pli et le gondolement de la paroi. Il peut aussi arriver que le tube se déforme passant d'une section circulaire à une section elliptique, ce qui peut être néfaste

ou non. Si le tube doit être plié sur un angle relativement grand, le rapprochement des fibres extrêmes causé par une telle déformation du tube empêche la rupture.

Si la forme désirée est circulaire, l'utilisation d'un mandrin interne peut être nécessaire. L'étude de l'impact de l'utilisation d'un tel outil a montré que l'affaissement et le gondolement du tube peuvent être grandement réduits. La figure ci-dessous illustre le procédé de cintrage par tension rotation avec l'utilisation d'un mandrin interne [6].

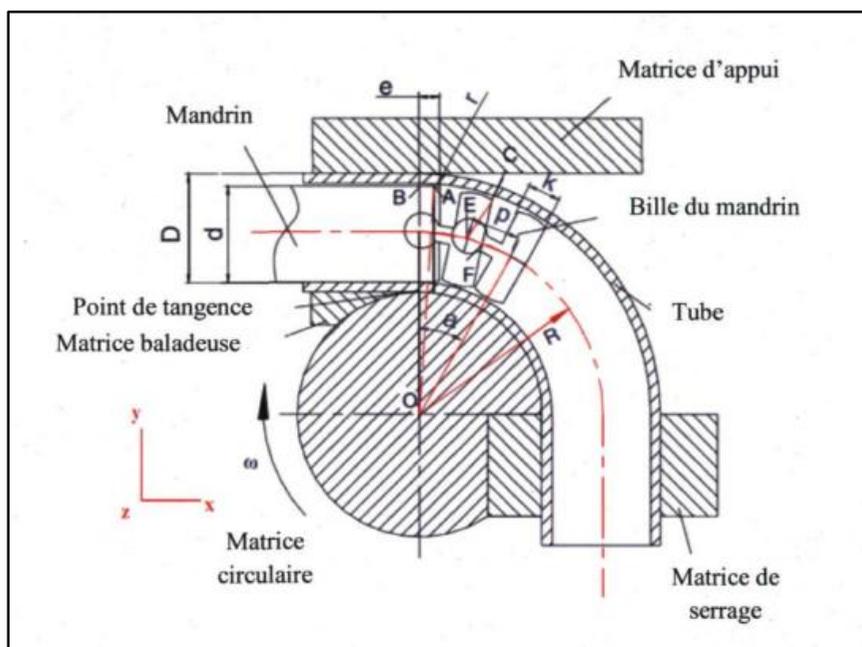


Figure I.6 Cintrage d'un tube avec utilisation d'un mandrin interne

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.

I.2.2.1 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.

- **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 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.

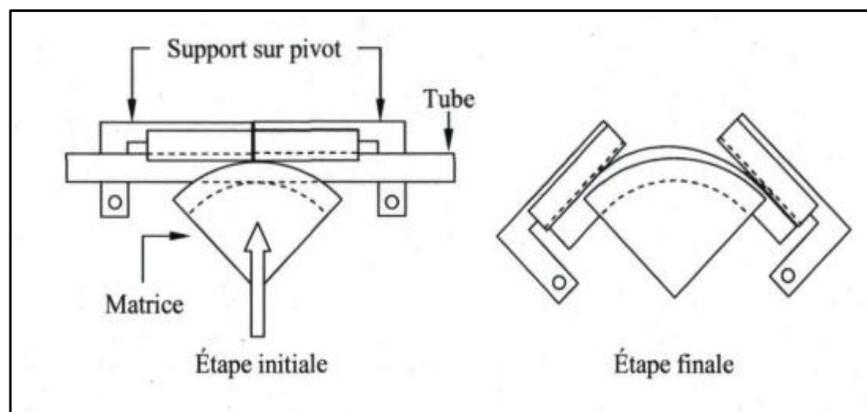


Figure I.7 Schématisation du cintrage par compression

- **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 1.8 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.

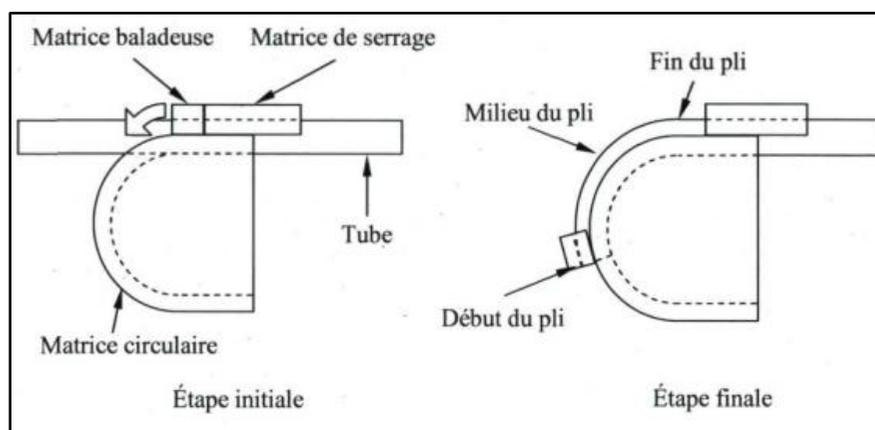


Figure I.8 Schématisation du cintrage par enroulement

- **Cintrage par tension-rotation**

La cintruse par tension-rotation utilise principalement une matrice circulaire, une matrice d'appui, une matrice de serrage. La figure (I.9) présente les composants principaux d'une cintruse par tension-rotation.

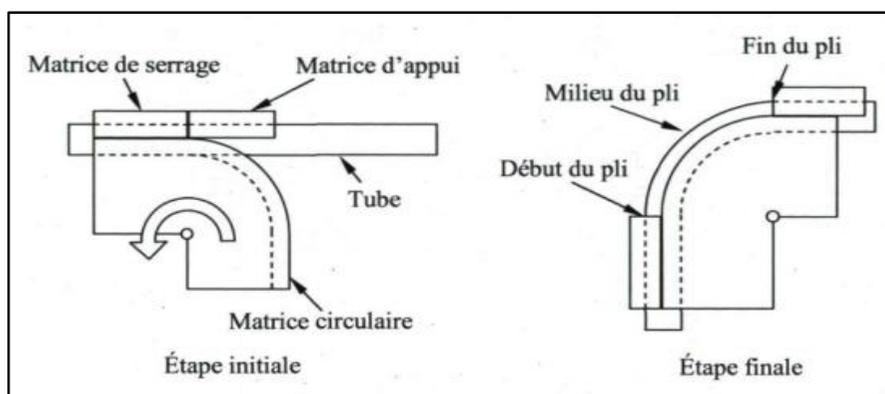


Figure I.9 Schématisation du cintrage par tension-rotation

Le tube est fixé entre la matrice de serrage et une partie plane de la matrice circulaire. Par la suite, une rotation est imposée à la matrice circulaire qui entraîne la matrice de serrage dans son mouvement. Dans le cas de ce type de procédé, le pliage s'effectue du début du pli vers sa fin.

- **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 I.10 présente les différents composants, ainsi que le principe de fonctionnement du cintrage par cisaillement.

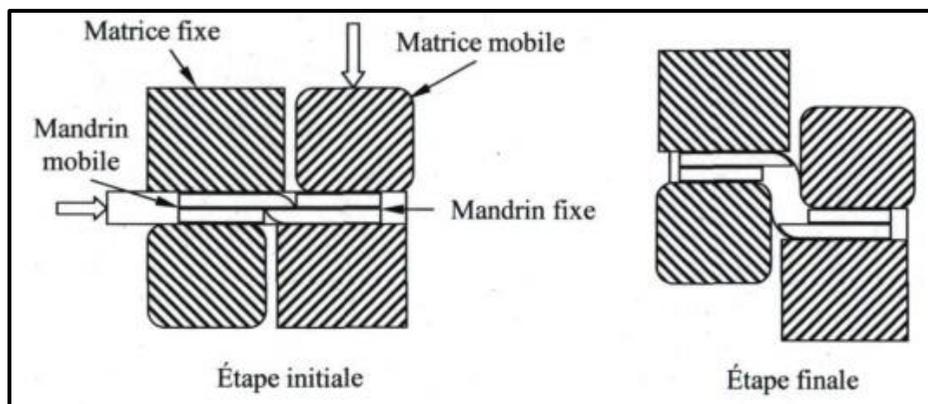


Figure I.10 Schématisation du cintrage par cisaillement

Lors de la mise en marche de la presse, la matrice mobile se déplace perpendiculairement au tube en même temps qu'un poussoir applique une pression à l'une des extrémités du tube. L'autre extrémité est quant à elle immobile. Deux mandrins internes doivent être utilisés. Le premier est fixé sur la matrice mobile et est introduit à l'intérieur du tube. Le second mandrin est quant à lui positionné dans la partie du tube située dans la matrice fixe. Ce mandrin est mobile et permet d'insérer le tube à l'intérieur de la machine. La figure I.10 montre un tube obtenu à l'aide de cette technique

I.2.3 Le soudage

Le soudage est une opération consistant à assembler deux éléments métalliques, par fusion et ré-solidification. En d'autres termes, il s'agit d'assurer la continuité mécanique entre les parties à assembler avec ou sans l'aide d'un produit d'apport permettant un meilleur lien entre les pièces. Dans le cas de l'utilisation d'un métal d'apport, ce composé doit avoir des propriétés au moins égales et une température de fusion du même ordre de grandeur que celle des matériaux à assembler. Différents types d'assemblage peuvent être rencontrés en fonction des contraintes appliquées à la structure réalisée, de la nature et des dimensions de l'élément à assembler. Durant la phase de soudage, le métal d'apport ainsi que le métal de base (c'est-à-dire les éléments à assembler) sont portés à la température de fusion permettant ainsi un mélange des éléments [2].

I.2.3.1 Le soudage avec électrode enrobée

Le soudage à l'arc avec électrode fusible, aussi appelé soudage à l'arc avec électrode enrobée est un procédé de soudage par fusion. Les électrodes se composent d'une âme et d'un enrobage. Pour souder, il faut qu'un arc soit amorcé entre l'électrode et la pièce à souder, la chaleur dégagée par l'arc fait alors fondre l'électrode (qui constitue le métal d'apport) et l'enrobage (qui forme un laitier protecteur). Le métal soudé est constitué par le cœur du fil électrode et la poudre de fer de l'enrobage. Le laitier qui se forme sur le joint doit être éliminé après le soudage. [2]

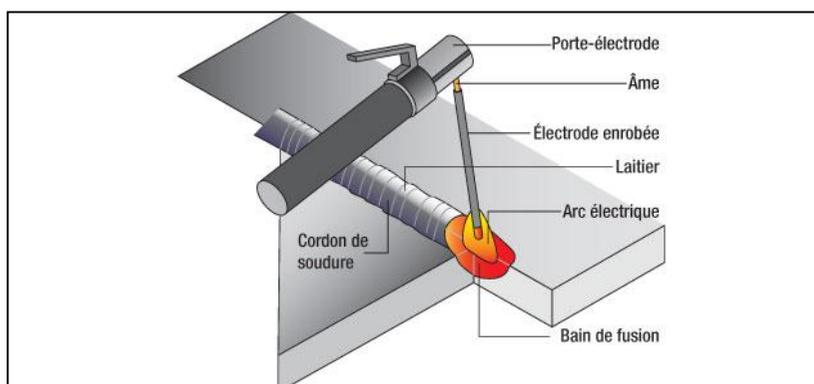


Figure I.11 Illustration de soudage à l'électrode enrobée

I.2.3.2 Le soudage TIG

Le soudage TIG (soudage à l'arc sous gaz avec électrode en tungstène) est un procédé de soudage à l'arc dans lequel l'arc s'amorce entre la pièce à souder et une électrode de tungstène infusible au sein d'une atmosphère formée par un gaz neutre (généralement de l'argon, parfois de l'hélium) qui protège l'électrode et le bain de fusion. Le gaz inerte est amené par une buse à gaz fixée à l'extrémité de la torche de soudage. L'électrode se trouve au centre de cette buse.

On peut, comme le soudage au gaz, utiliser un métal d'apport, soit sous forme de baguettes présentées manuellement, soit sous forme de fils d'apport dévidés automatiquement. Les outils de mécano-soudure TIG sont utilisés pour le soudage des tuyaux et celui des plaques tubulaire sur les échangeurs de chaleur.

Le procédé TIG convient pour tous les matériaux soudables, sauf le plomb et du zinc, ainsi que pour tous les types de joints dans toutes positions. Il s'utilise surtout pour le soudage des aciers inoxydables, des métaux légers tels que les alliages d'aluminium et de magnésium, et du cuivre, mais il convient tout particulièrement pour le soudage des matériaux de faible épaisseur, d'une épaisseur comprise entre 0.5 et 3 mm [2].

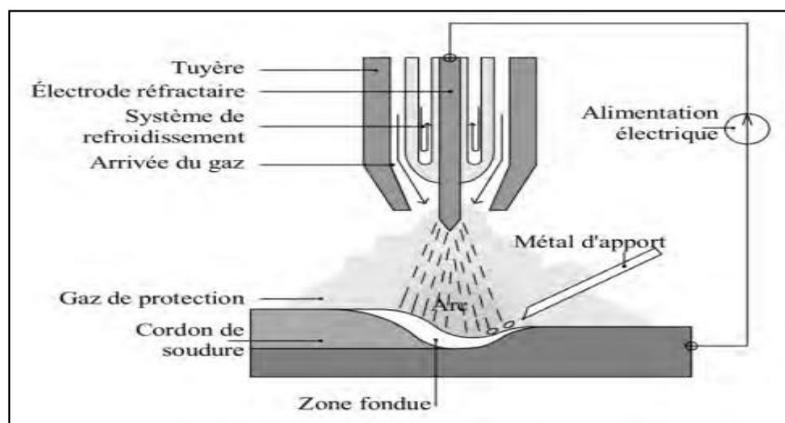


Figure I.12 Schématisation du soudage TIG

I.2.3.3 Le soudage MIG/MAG

Le soudage MIG/MAG est un procédé de soudage à l'arc dans lequel le métal d'apport est amené par une bobine de fil métallique et y fondu au fur et à mesure par un arc électrique. L'opération de soudage est obtenue par la création grâce à un générateur de courant d'une différence de potentiel entre l'électrode et le métal de base. Un arc électrique est ainsi créé fournissant toute l'énergie nécessaire pour faire fondre d'une part l'électrode qui constitue le métal d'apport et d'autre part localement le métal de base. La puissance électrique est apportée au fil du

Soudage au niveau d'une pièce métallique cylindrique appelée tube-contact. Le bain de métal liquide, créé par la fusion des métaux de base et du métal d'apport, est une zone où le mélange des métaux est réalisé. [3] Ce procédé se divise en deux catégories selon le type de gaz de protection utilisé, chacun des procédés est désigné par un acronyme spécifique:

Le procédé MAG qui utilise un gaz actif. Il peut s'agir de gaz carbonique (CO_2), d'un mélange d'argon et de gaz carbonique (Ar- CO_2) ou d'un mélange d'argon et d'oxygène (ArO₂).

Le procédé MIG qui emploie un gaz inerte, à savoir de l'argon (Ar), de l'hélium (He) ou un mélange d'argon et d'hélium (Ar-He) [4].

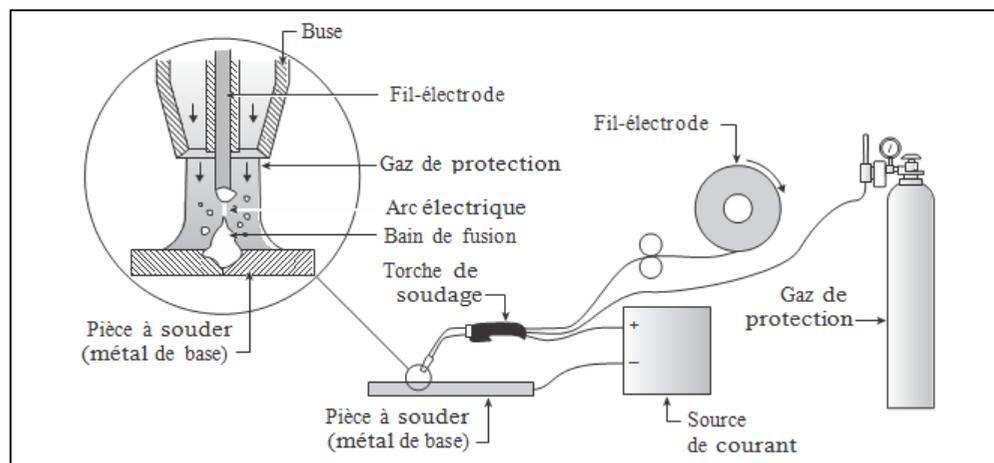


Figure I.13 Schématisation du soudage MIG/MAG

- **Les différentes zones lors d'un soudage des métaux**

Lors d'un processus de soudage, le dépôt localisé d'énergie entraîne le changement de phase du métal des pièces à souder. L'assemblage est alors caractérisé par plusieurs zones:

La zone fondue (ou bain métallique) correspond à la zone liquide composée du métal de base et de l'éventuel métal d'apport. Les forces qui agissent en surface et à l'intérieur de cette zone mettent en mouvement le liquide métallique ce qui impacte sur la forme du bain. Plusieurs grandeurs géométriques caractérisent alors la zone fondue : la largeur, la longueur, la profondeur ou encore l'aire de surface supérieure.

Le métal de base correspond au matériau dans la zone solide qui n'a pas été modifiée par le transfert de chaleur. Elle inclut la partie du solide où il n'y a pas d'augmentation de la température et celle où l'augmentation de température n'a pas d'effet sur les propriétés du métal.

La zone affectée thermiquement ZAT est la partie solide du métal de base modifiée par l'augmentation de la température. Cette partie est le siège de transformations allotropiques et de diffusion d'éléments qui constituent le métal.

La zone de transition liquide-solide (ou zone pâteuse) dont la dimension est plus ou moins prononcée selon les techniques de soudage. Elle correspond à une coexistence de la phase liquide et solide (avec une structure dendritique). Dans cette zone la viscosité est élevée et le fluide de la zone fondue est rapidement ralenti [5].

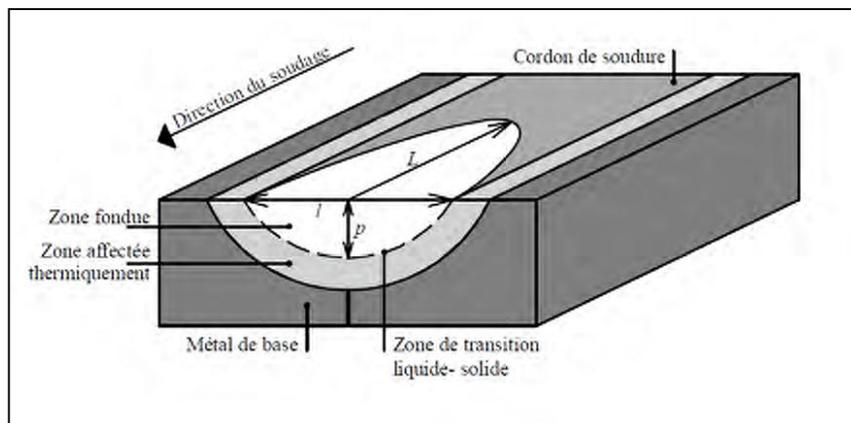


Figure I.14 Schéma représentatif des zones de soudage

I.3 Matériaux de construction des châssis et soudage des tubes

Depuis les années 50, on a cherché à améliorer la conception du châssis, d'une part sa forme mais aussi d'autre part les matériaux utilisés. On a ainsi construit des châssis tubulaires puis monocoques en utilisant l'acier ou l'aluminium. Dans les années 80, les constructeurs des châssis ont assisté à l'émergence d'un tout nouveau type de matériau : les composites et notamment ceux à base de carbone.

Cependant, notre étude porte sur l'utilisation de l'acier, ce dernier est le plus souvent utilisé dans la fabrication des châssis [12].

I.3.1 L'acier

L'acier est un alliage de fer contenant moins de 2 % de carbone, Il peut être répertorié selon cette teneur en carbone qui fixe son niveau de dureté maximale à l'état trempé. Un acier de haute teneur en carbone sera employé pour sa grande dureté alors qu'un acier de teneur plus faible est moins dur et plus malléable. Il contient généralement de petites quantités d'autres éléments que le fer et le carbone, incorporés, volontairement ou non, au cours de son élaboration. On peut également y ajouter des quantités plus importantes d'éléments d'alliage ; il est considéré alors comme un acier allié [9].

I.3.1.1 Classification des aciers

Du fait du nombre élevé d'éléments ajoutés au fer et de la gamme étendue de leur teneur, les aciers présentent un très grand nombre de nuances différentes. On peut classer les divers types d'alliages à base de fer selon leur composition chimique ou selon leur domaine d'utilisation.

L'adoption de cette dernière nous permet de recenser quatre familles d'aciers [9] :

- ✓ Les aciers au carbone d'usage général,
 - ✓ Les aciers de traitement thermiques, alliés ou non,
 - ✓ Les aciers à outils
 - ✓ Les aciers inoxydables
- **Les aciers ordinaires ou aciers au carbone**

Les aciers ordinaires sont des aciers standards d'usage général qui sont parfois improprement appelés aciers au carbone. Ils sont utilisés tels quels, sans traitement ultérieur, constituent environ 80% de la production des aciers (tableau). Outre le carbone, ces aciers contiennent des éléments d'addition et des impuretés dont la présence découle de leur mode d'élaboration : manganèse (1.2%), silicium (0.6 %), soufre (0.06 %), phosphore (0.06 %). Ces pourcentages présentent les teneurs limites de ces éléments dans ces aciers [9].

Tableau I.1 Aciers ordinaires ou acier au carbone non alliés.

Nuance	Pourcentage de carbone (c)	Résistance à la traction Rm (MPa)
extra doux	$C < 0.15$	330 420
Doux	$0.15 < C < 0.20$	370 460
demi doux	$0.20 < C < 0.30$	480 550
demi dur	$0.30 < C < 0.40$	550 650
Dur	$0.40 < C < 0.60$	650 750
extra dur	$0.60 < C$	> 750

Le deuxième tableau présente un exemple de quatre nuances d'aciers avec leurs compositions chimiques et caractéristiques mécaniques en traction.

Tableau I.2 Nuances de quelques aciers avec leurs compositions chimiques et caractéristiques mécaniques en traction

Nuance	C %	P%	S%	Re limite d'élasticité (MPa)	R traction (MPa)	A min (%)
E 24	0.18	0.060	0.050	235	363-441	24
E26	0.20	0.060	0.050	255	412-490	21
E30	0.24	0.050	0.050	274	461-559	21
E36	0.24	0.050	0.050	353	510-608	20

I.3.2 Tube

Un tube est un objet creux, toujours plus long que large. Toutefois, on peut distinguer le tube du tuyau par son mode de fabrication, tubes soudés, tubes sans soudure, on s'intéresse au tubes sans soudure [2].

I.3.2.1 Tubes sans soudures

On utilise comme produit de départ un produit plein qui peut être un lingot, un rond, un bloom ou une billette. Des opérations successives permettent de rendre malléable l'acier (chauffage), et de faire un trou (perçage), de réduire l'épaisseur (laminage). Le perçage et le laminage s'effectuant par déformation et sans enlèvement de matière [10].

I.3.2.2 Assemblages tubulaires soudés

Les assemblages tubulaires soudés sont très utilisés en construction métallique dans les ponts modernes, ainsi que dans l'industrie automobile, notamment dans la fabrication des châssis tubulaire, Ils sont classés selon leur forme en T, Y, X, K, DT, DY, DK.

I.3.2.3 Classification des nœuds d'assemblages de tubes

- Nœuds de types T et Y

Ces nœuds comportent une seule entretoise perpendiculaire à la membrure, ou inclinée [11].

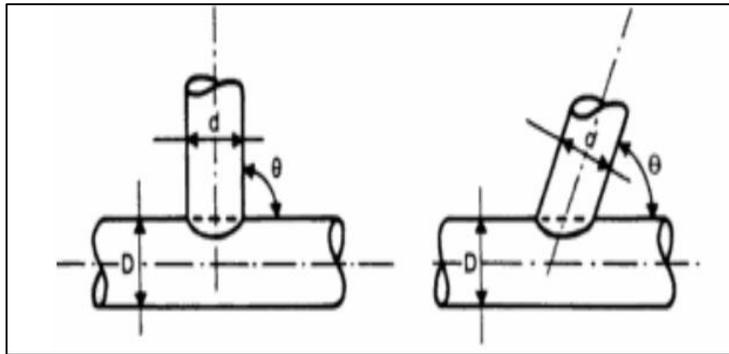


Figure I.15 Nœuds en T et en Y, avec d : diamètre du tube dit entretoise, D : diamètre de la membrure, angle d'inclinaison entre les deux éléments.

- Nœuds en X

Les nœuds en X sont constitués de deux entretoises coaxiales de part et d'autre de la Membrure [11].

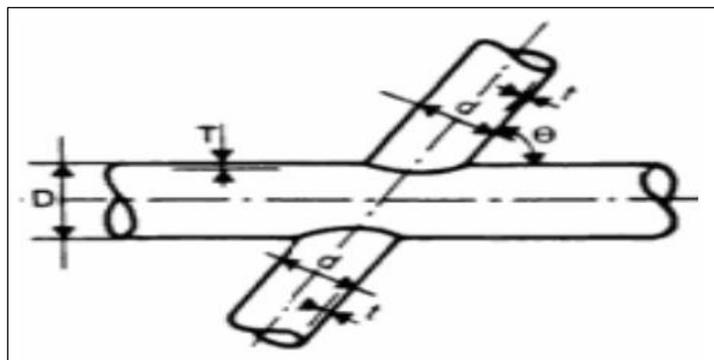


Figure I.16 Nœuds en X avec D diamètre et T l'épaisseur de la membrure et d diamètre et de t l'épaisseur d'entretoise.

Pour le châssis que nous étudions, il y a deux types de nœuds d'assemblage :

- **Nœuds de type T et Y**

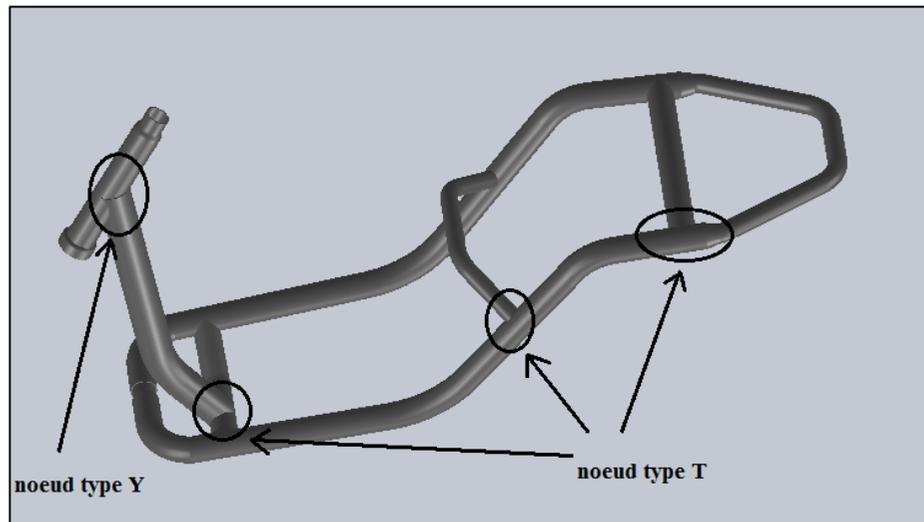


Figure I.17 Nœud d'assemblage type T et Y

I.3.2.4 Soudage Des Tubes

➤ Le poste à souder

Le poste à souder est un transformateur électrique alimenté par un réseau en courant 230 volts (ou 380 volts monophasé). Il fournit un courant de voltage plus faible (45 à 50 volts) mais avec une forte intensité (100 à 170 ampères). L'une des bornes du poste est reliée à la pièce à souder par la pince de masse. L'autre est constituée d'une électrode fixée sur le porte-électrode [13].

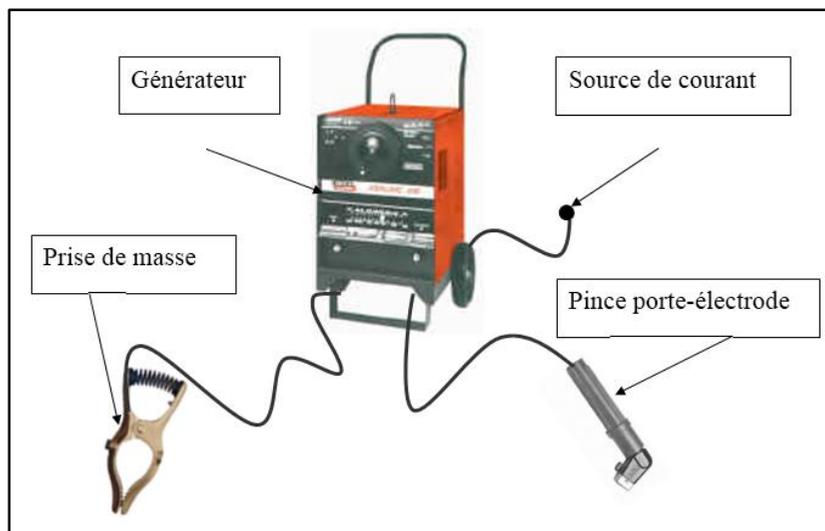


Figure I.18 Poste à souder conventionnel avec les équipements nécessaires

La règle générale pour calculer l'intensité du courant de poste soudure par rapport au diamètre de l'électrode est [13].

$$I = (\varnothing - 1) \times 50$$

➤ **Gamme de réglages usuels en soudage l'arc électrique (électrodes enrobée)**

Tableau I.3 Des diamètres d'électrode et de l'intensité en fonction de l'épaisseur du métal à souder.

Épaisseur du tube à souder	Diamètre de l'électrode	Intensité de l'arc en Ampère
1.5 à 2.5 mm	1.6 mm	35 à 52 A
2 à 2.5 mm	2 mm	52 à 75 A
2.5 à 3.5 mm	2.5 mm	75 à 100 A
3.5 à 5 mm	3.15 mm	130 à 170 A
5 à 7 mm	4 mm	180 à 210 A

➤ **Gamme de réglages usuels en soudage MIG/MAG**

Tableau I.4 Diamètre du fil électrode en fonction de l'intensité de soudage et de la vitesse de dévidage et de l'intensité de transition

Diamètre du fil Electrode mm	Intensité de soudage Ampère	Vitesse de dévidage du fil Mètre/min
0.8	50 à 200	2.5 à 17.5
1	100 à 300	3 à 17.5
1.2	100 à 350	2.5 à 12
1.6	300 à 500	5 à 11.5

Choix du diamètre du fil en fonction de l'épaisseur**Tableau.** Diamètre du fil en fonction de l'épaisseur à souder

Epaisseur du tube à souder	0.8 à 2.5 mm	2 à 5	4 à 10	8 à 40
Diamètre conseillé	0.8 mm	1	1.2	1.6

Chapitre II : Organisation d'un atelier de production

II. Organisation d'un atelier de production

II.1 Les ateliers

Une classification des problèmes d'ordonnancement dans un atelier peut s'opérer selon le nombre de machines et leur ordre d'utilisation pour fabriquer un produit, qui dépend de la nature de l'atelier considéré. Un atelier est caractérisé par le nombre de machines qu'il contient et par son type. On distingue deux types d'ateliers : à cheminement unique et à cheminement multiple [7].

II.1.1 Les ateliers de type à cheminement unique

Ce sont des ateliers où une ligne de fabrication est constituée de plusieurs machines en série; toutes les opérations de toutes les tâches passent par les machines dans le même ordre. [7]

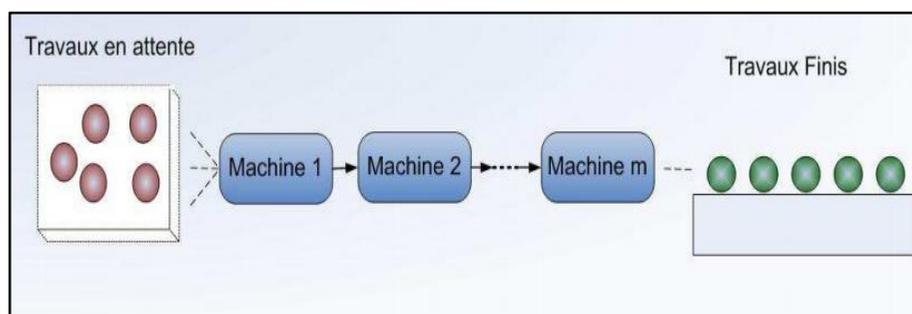


Figure II.1 Atelier à cheminement unique

II.1.2 Les ateliers de type à cheminement multiple

Ce sont des ateliers où les opérations sont réalisées selon un ordre bien déterminé, variant selon la tâche à exécuter [7].

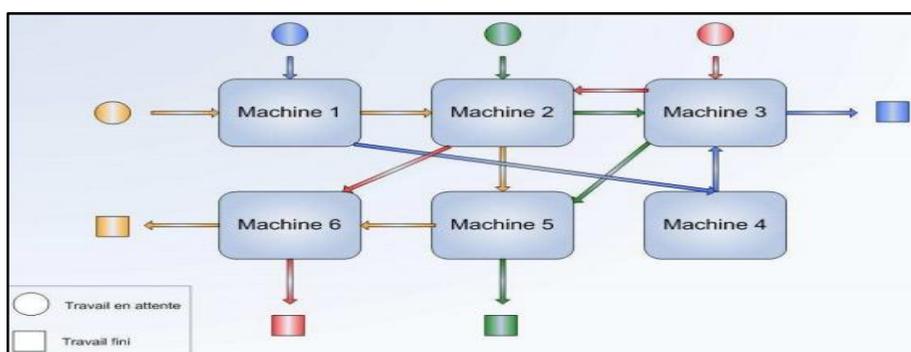


Figure II.2. Atelier à cheminement multiple

II.2 Organisation d'un atelier

Il se compose de plusieurs sections (entrepôt de stockage, ligne de transfert (montage), zone de contrôle ...etc.)

II.2.1 Entrepôt de stockage

Un entrepôt est un bâtiment logistique destiné au stockage et à la distribution de biens. Les entrepôts sont utilisés par les industriels, les entreprises d'import-export, les grossistes, les transporteurs, les douanes, etc. Ce sont de grands bâtiments, depuis quelques centaines jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés.



Figure II.3 Entrepôt de stockage

II.2.2 Les lignes transfert

Le produit se déplace le long de la ligne et les composants sont ajoutés par étapes successives sur plusieurs postes de travail. Il existe différentes catégories de ligne de transfert, nous avons définies l'une d'elles. Les lignes transfert, comme leur nom l'indique, à l'assemblage d'un seul et même produit. Chaque poste de travail ne réalise qu'une seule opération et reçoit les produits toujours dans le même ordre



Figure II.4 Ligne de transfert (montage) d'un scooter

II.2.3 Zone de contrôle

Suivant le type de contrôle et la politique de qualité de l'entreprise, les contrôles peuvent se faire :

Aléatoirement : comme son nom l'indique, on prélève de manière aléatoire quelques pièces sur lesquelles on effectuera les contrôles.

Statistiquement : on contrôle un lot homogène de produits d'après la seule observation d'un échantillon représentatif. Le contrôle peut être effectué sur les produits finis ou tout au long du processus.

Systématiquement : les produits sont tous contrôlés. [7]



Figure II.5 Zone de contrôle

II.2.4 Transport et manutention

A l'intérieur de l'enceinte de l'entreprise, la circulation est plus souvent assimilée à la fonction "transport et manutention". Cette fonction est généralement considérée comme une activité auxiliaire difficilement maîtrisable en raison du caractère aléatoire de la circulation, des interférences avec les fournisseurs et livreurs, de la variété et de la multiplicité des déplacements des chariots des piétons, etc.

A côté de l'aspect productivité, l'organisation des circulations et des flux a une influence directe sur la santé et la sécurité au travail. En effet, les risques d'accidents sont grands et les conséquences importantes sur les plans humain et financier.

Les matériaux peuvent être déplacés entre les postes de travail par des tapis roulants, des bras élévateurs, des palans mobiles et d'autres dispositifs.

Pour déplacer des matériaux, ou utilisée des chariots, supports mobiles ou autres dispositifs sur roues, ou des convoyeurs à rouleaux.

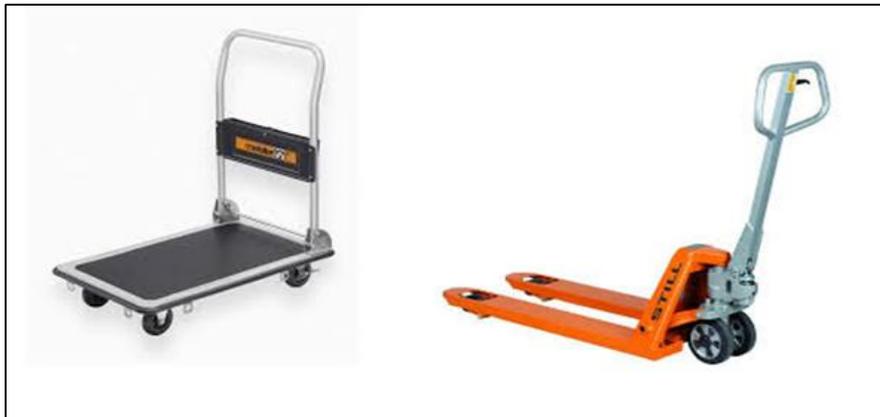


Figure II.7 Chariots de transport

II.2.5 Les indications

Tout employeur est tenu à l'obligation d'affichage d'un certain nombre d'informations dans son entreprise, la signalisation en entreprise peut-être très variée et chaque panneau a pour mission de signaler et d'informer les individus de situations précises.

- **Panneau de signalisation:** Il a pour objectif de signaler et décrire une situation spécifique : entrée, sortie, toilettes, infirmerie, vestiaires, lieu sous surveillance vidéo etc.
- **Panneau de prévention :** Il a pour mission de prévenir d'un danger immédiat ou potentiel : risque de chute de pierres, sol glissant, travaux dangereux etc.
- **Panneaux d'obligation :** Il a pour intérêt de signaler aux individus une obligation de comportement ou d'action : obligation du port de badge, de tablier, de chaussures de sécurité, de vêtements de protection, de masque à gaz, position obligatoire pour le dos, obligation d'empiler correctement, obligation de se laver les mains etc.
- **Panneau d'interdiction :** il signale la proscription absolue d'une action ou d'un comportement : Stop, interdiction de stationner, entrée interdite, accès interdit, interdiction de toucher, accès interdit aux piétons, interdiction de passer sous la charge etc.
- **Panneaux d'information :** Il a pour objectif d'informer les individus d'un lieu ou d'une situation en particulier : accueil, point information, défibrillateur cardiaque, extincteur, parking, bureau, salle d'attente, courrier, lingerie, réservé handicapés, armoire d'entretien etc.

La signalisation en entreprise, notamment à travers des panneaux de signalisation, est un moyen de prévention simple à mettre en place, souvent économique, et qui offrira surtout une meilleure sécurité, un gain de temps certain et une plus haute productivité.



Figure II.8 Panneaux d'indication

II.2.6 Les ateliers de fabrication du châssis de scooter

La fabrication du châssis se divisait en trois étapes : la découpe des tubes, le cintrage des tubes et le soudage, nécessitant trois ateliers pour chaque procédé de fabrication.

Le premier atelier est celui de la découpe des tubes, où nous allons préparer tous les profilés constitutifs du châssis avec les mesures adéquates pour passer de l'atelier de cintrage.

Le deuxième atelier est celui de cintrage où on transforme les tubes coupés en produit cintrés prêts à être soudés dans l'atelier de soudage.

Le troisième atelier est celui de soudage où on procède à l'assemblage de toutes les pièces constitutives du châssis pour en sortir un produit fini prêt à passer aux chaînes de montage.

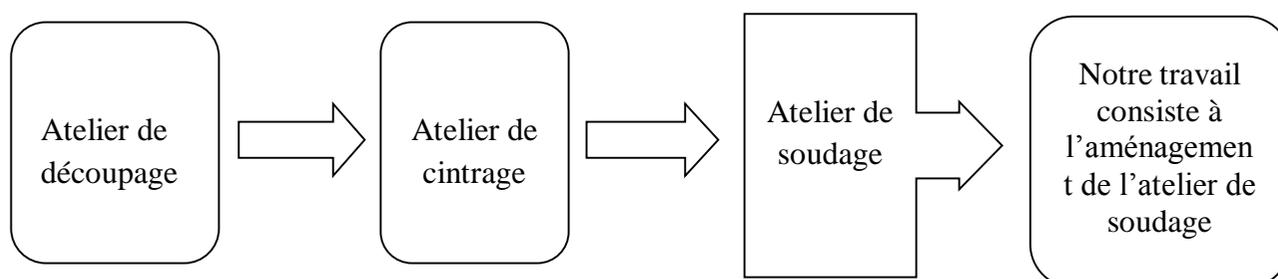


Figure II.9 Schéma représentatif des opérations de fabrication du châssis

Notre étude consiste à l'aménagement de l'atelier de soudage pour qu'elle soit adéquate à notre besoin, la fabrication du châssis de scooter requiert un ensemble de matériels qui se décompose de deux parties.

1. Les moyens standards

Ce sont des moyens qui ne sont pas spécifique à la structure qu'on va souder, on les utilise dans toutes les opérations de soudage et se trouve sur marché avec les mêmes caractéristiques pour chaque élément.

- **Installation de soudage**

Le nombre d'installation de soudage est choisi selon la cadence de travail et le nombre d'étape nécessaire pour la fabrication, un produit à plusieurs processus de soudage requiert plusieurs installations de soudage.

- **Les moyens de prévention des risques professionnels**

Le soudage est un procédé à haut risque, si les normes de prévention doivent être rigoureusement respectées.

L'opérateur doit porter obligatoirement une tenue de soudage afin de protéger des brûlures due à la fusion des métaux et d'un éventuel choc électrique, un casque pour se protéger les yeux des rayons ultra-violet.

Du fait des hautes températures attendues au point de fusion, les différents procédés de soudage ont l'inconvénient d'émettre des fumées qui peuvent être inhalées par les soudeurs et les personnes qui travaillent dans les ateliers.

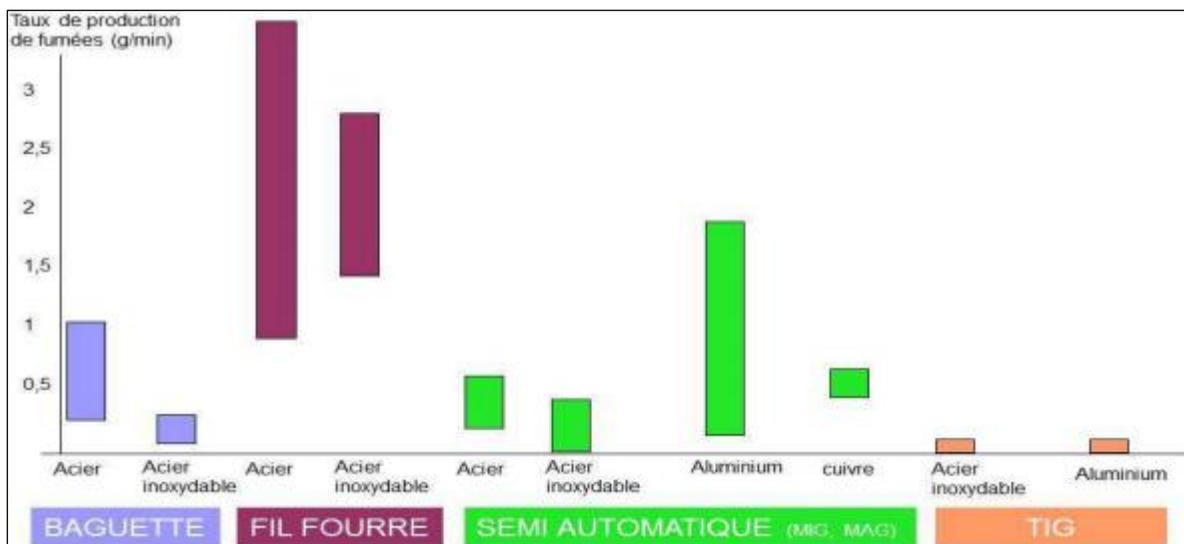


Figure II.10 Emission de fumée de soudage

Pour remédier à ce problème, on a recours aux techniques de ventilation de l'atelier de soudage qui se devise en deux catégories :

✓ **La ventilation par aspiration localisée**

Elle consiste à capter les produits dégagés au plus près possible de leurs sources d'émission, avant qu'ils ne pénètrent dans la zone des voies respiratoires des travailleurs ou ne soient dispersés dans toute l'atmosphère du local de travail.

Pour cela on utilise trois techniques

○ **Cabine de soudage**

La cabine de soudage est un dispositif de captage qui contient à la fois les pièces et l'opérateur

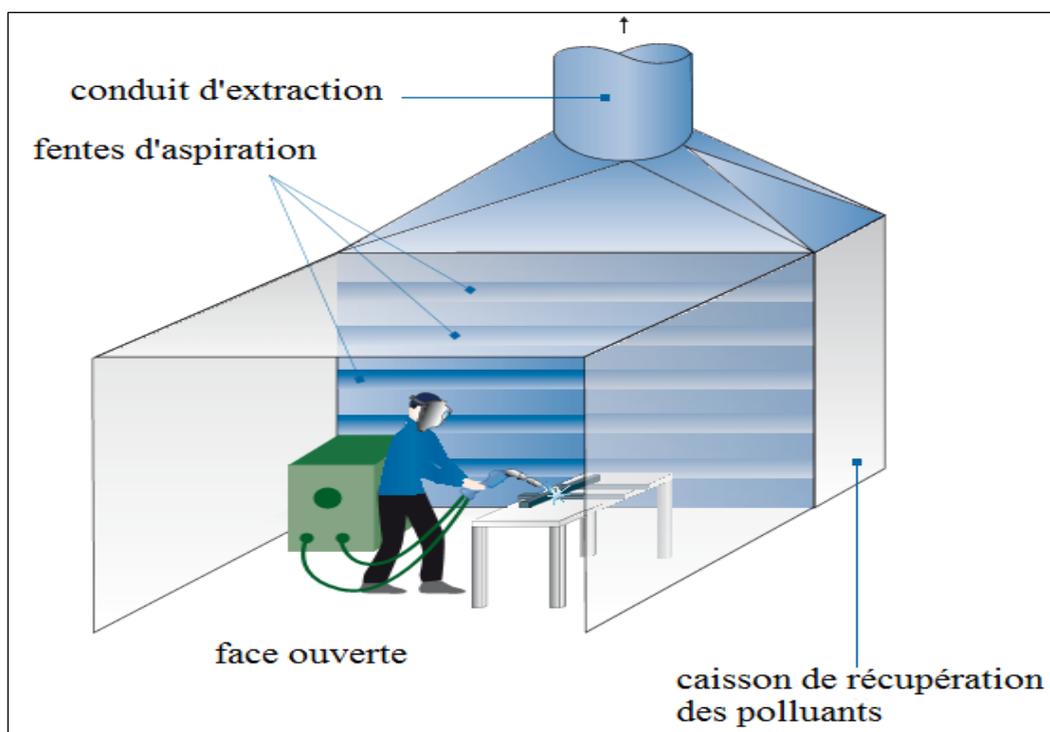


Figure II.11 Cabine de soudage

○ **Caisson aspirant**

L'emploi de caisson aspirant peut être envisagé lorsque la mise en œuvre de cabine de soudage est impossible

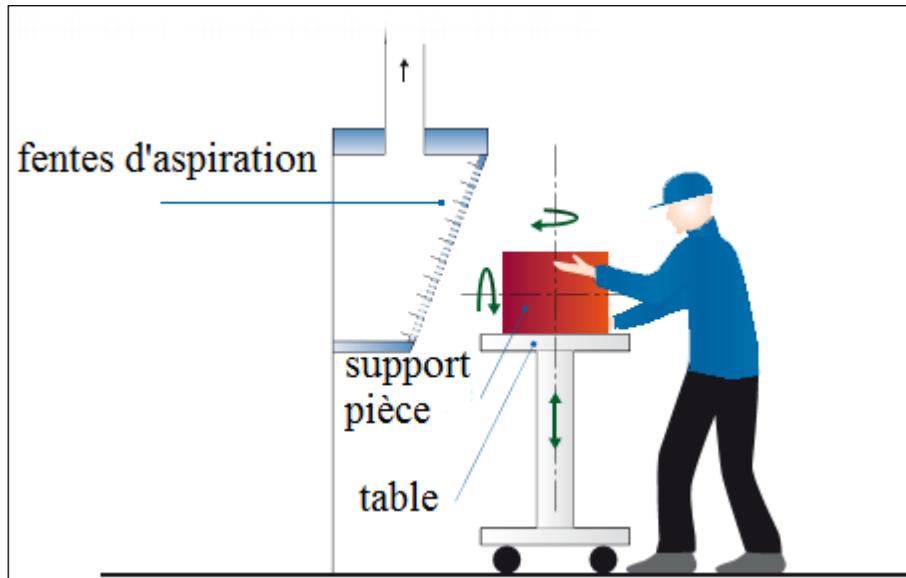


Figure II.12 Caisson aspirant

○ **Bras articulé**

Le captage des fumées est effectué à l'aide de bras orientable ou articulés, de flexibles, de petites fentes et de bouche d'aspiration qui nécessite l'intervention du soudeur pour être correctement positionné

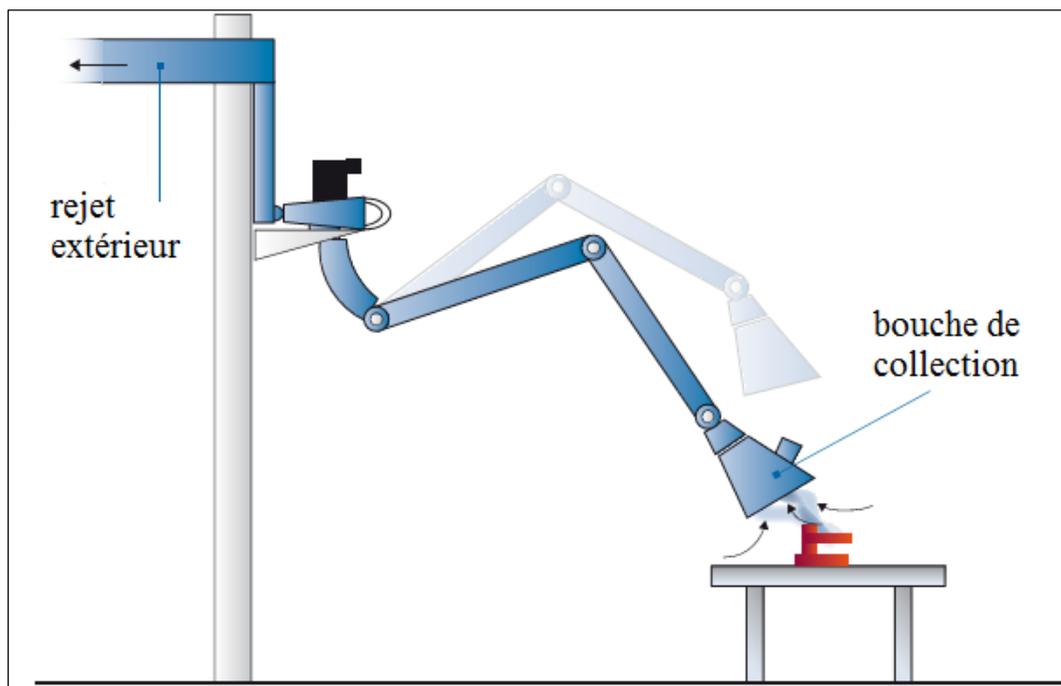


Figure II.13 Bras articulé

- **La ventilation générale**

Elle opère par dilution des polluants à l'aide d'un apport d'air neuf dans le local en quantité suffisante pour amener les concentrations de substances dangereuses en dessous des valeurs limites d'exposition

Le principe est de souffler de l'air frais dans l'atelier et d'extraire l'air pollué à l'aide des extracteurs placés en haut de l'atelier

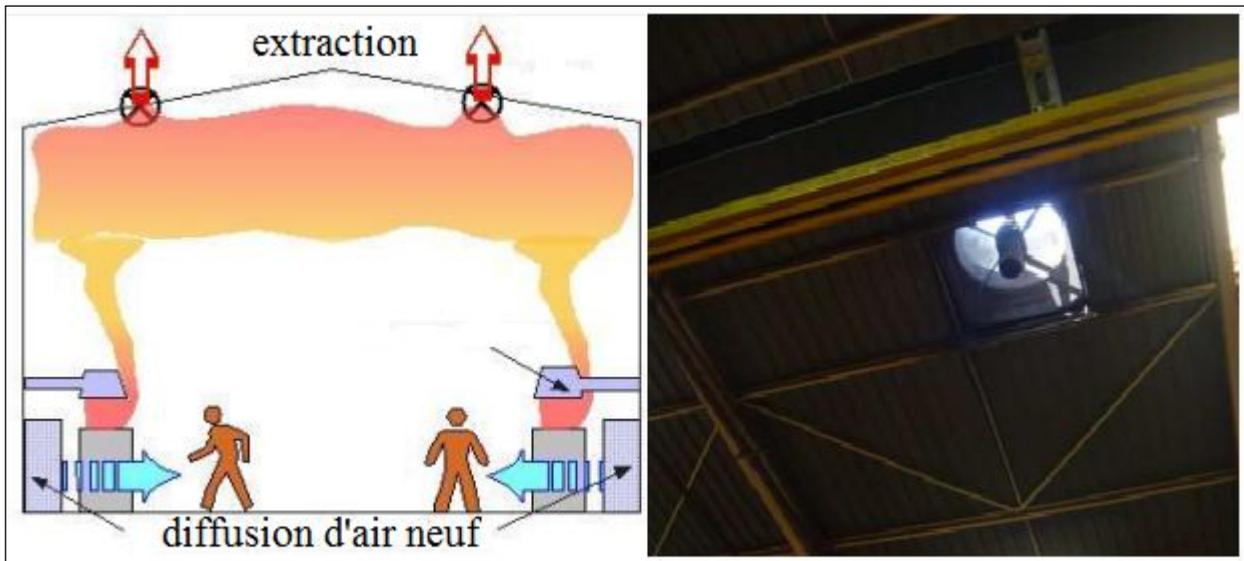


Figure II.14 Système de ventilation

2. Les moyens spéciaux

Les moyens spéciaux sont les moyens nécessaires et spécifiques à la fabrication de chaque produit tels que les gabarits de soudage.

Dans toutes les activités de construction répétitive, un gabarit est un outil d'une forme déterminée auquel on fait référence pour assurer la conformité de la chose construite. Le gabarit est spécial pour un produit bien déterminé et ne peut en aucun cas être utile pour fabriquer d'autres produits.

Dans le troisième chapitre, nous allons exposer le gabarit de soudage de notre châssis pour compléter les éléments nécessaires pour que notre atelier soit prêt pour entamer la phase de fabrication.

Chapitre III : Conception des gabarits de soudage

III. Conception des gabarits de soudage

III.1 Introduction

La production en série est la fabrication d'un produit unique avec des grandes quantités, est qui le caractérise et non la répétition des mêmes opérations de fabrication pour chaque unité. Le processus de fabrication a une grande influence sur la productivité, car le temps qui se perd dans la fabrication d'une unité se multiplie par des milliers de fois. Pour optimiser le temps de production d'une seule unité, on essaye de minimiser au maximum les interruptions du processus de fabrication. Pour cela, on a recours à des méthodes de fabrication le plus optimisées possibles. L'une des solutions techniques est d'utiliser un gabarit de fabrication qui va être la base du processus de fabrication. Le gabarit est un moyen de fabrication qui résout tous les problèmes techniques et donne à l'opérateur la possibilité de travailler sans la prise des mesures, sans le contrôle répétitif et sans avoir à réfléchir sur les problèmes techniques lors de l'accomplissement. Donc le gabarit est un outil indispensable pour être à la hauteur en termes de productivité dans le travail en série.

III.2 Gabarit 1

Ce gabarit nous aide à souder la (**partie 1**) de la (**figure 1**), dans ce qui suit nous présentons les caractéristiques de cette structure.

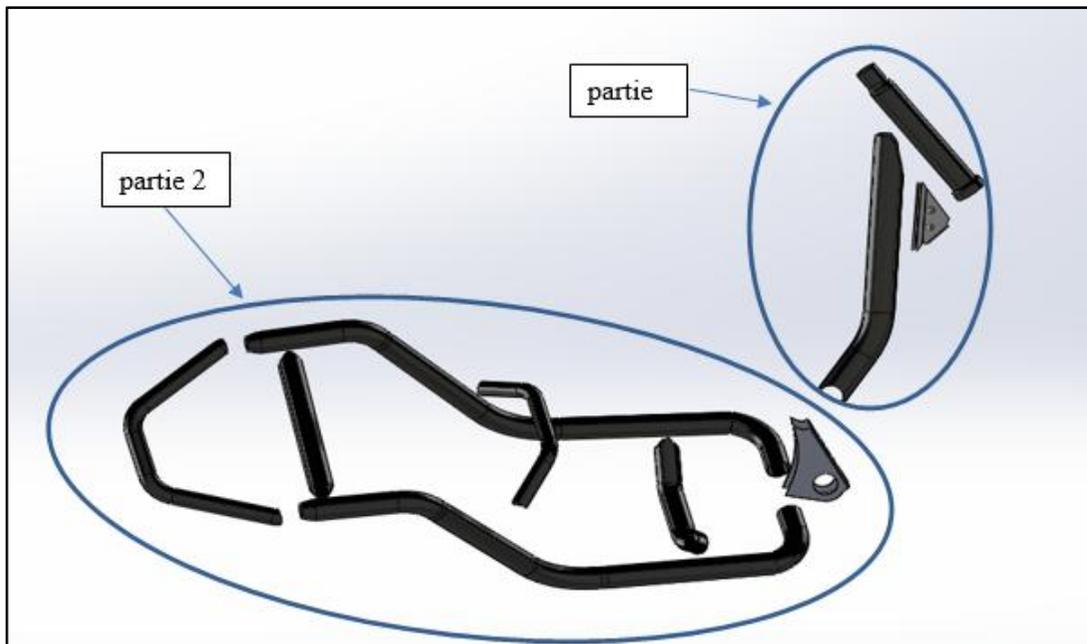


Figure III.1 Ensemble des pièces à souder sur chaque gabarit

III.2.1 Constituants du premier gabarit de soudure

Le gabarit de soudure est un outil de travail fixe dans un atelier de soudage et ne sera pas déplacé sauf en cas de déménagement, du fait, nous avons profité de cet avantage pour le fixer sur la terre à l'aide des vis de béton. Cette technique donne au gabarit une grande stabilité lors de l'opération de soudage, car les forces appliquées sur la base peuvent provoquer le glissement ou le renversement de la structure et cela a de mauvaises conséquences tels que l'exposition de l'opérateur à des risques professionnels, les défauts de fabrication qui peuvent aller jusqu'à le déclassement du produit. Les désordres de l'atelier de soudure peuvent altérer le bon fonctionnement des opérations de soudure, ce qui induit forcément une diminution de la productivité

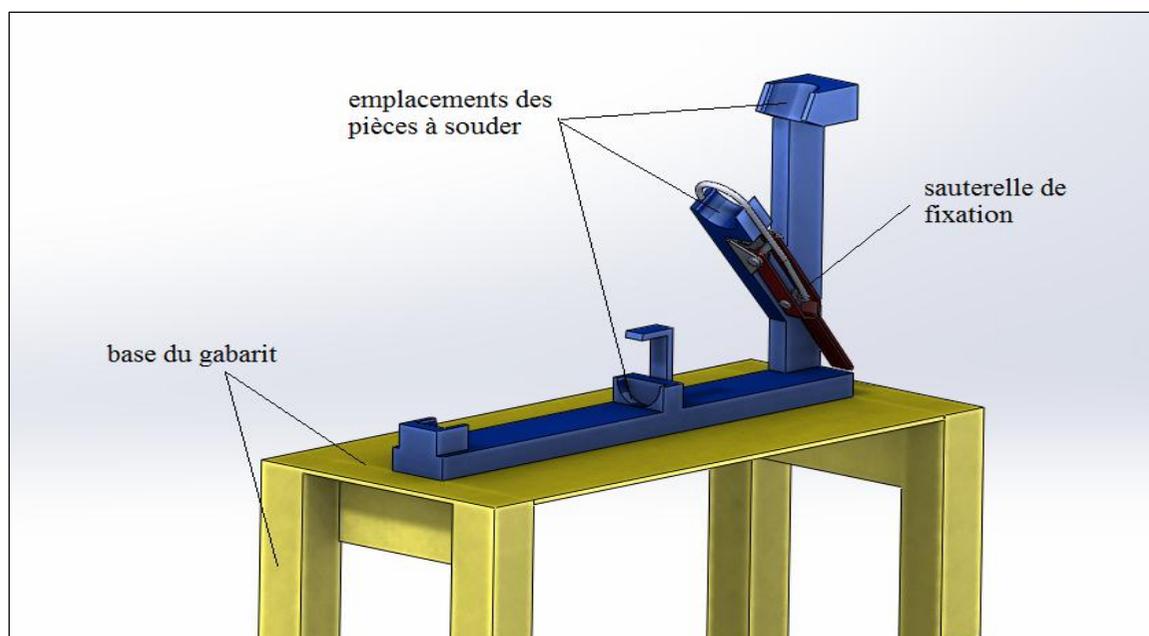


Figure III.2 Constituants du premier gabarit de soudure

Le premier gabarit (figure III. 2) est constitué d'une base pour porter les éléments essentiels du gabarit pour les mettre à la hauteur moyenne du travail. Les pieds de la base sont faits avec des profilés tubulaires rectangulaires, les éléments de fixation des pièces à souder sont soudés sur une plaque de 3mm qui est elle-même soudé aux pieds de la base. Toute la structure est fixée à la terre pour ne pas se déplacer dans l'atelier et pour éviter qu'elle se renverse.

III.2.2 Sauterelle de fixation des tubes

Pour améliorer le rendement, on doit optimiser le temps de fabrication, la concrétisation de cet objectif n'est possible que si nous optimisons dans chaque étape de fabrication, nous avons en tous huit points de fixation, ce qui rend l'opération de fixation des pièces sur le gabarit une tâche sensible dans la course de l'optimisation du temps de fabrication. En se basant sur cette théorie, nous avons fait le choix de fixation parmi une multitude des produits existant par des sauterelles du fait de leurs efficacités et de la vitesse avec laquelle on peut effectuer un serrage.

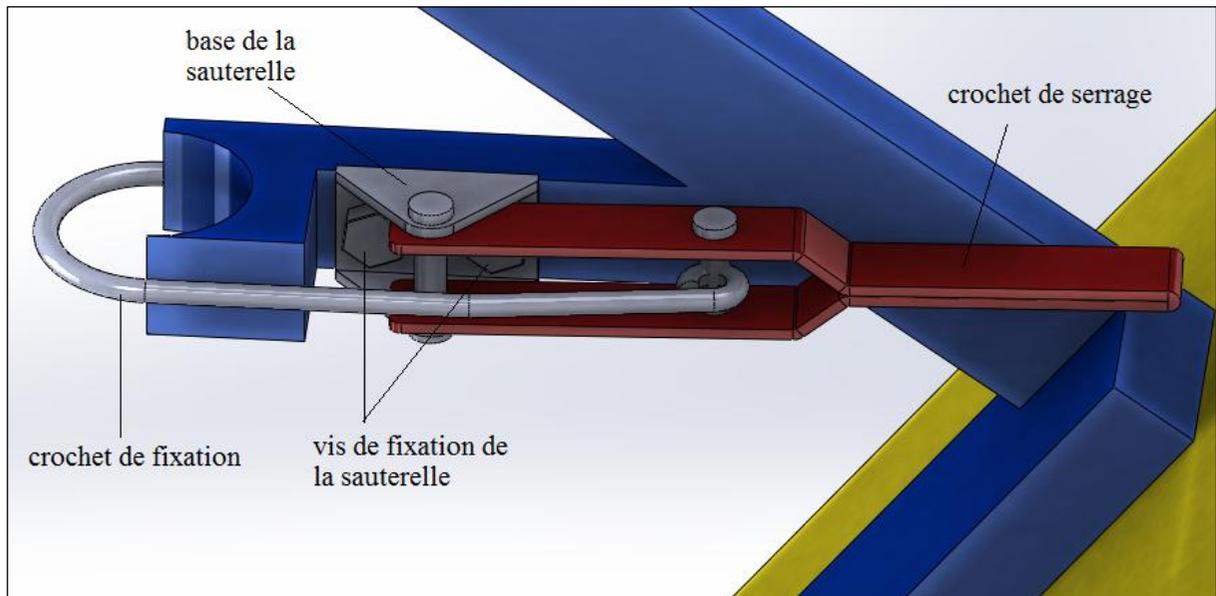


Figure III.3 Sauterelle de fixation des tubes

Pour fixer le tube sur le gabarit (figure III.3), on positionne le tube sur le palier, on guide le crochet sur le tube et enfin nous actionnons le bras de serrage, c'est une action qui dure quelque secondes.

III.2.3 Palier de fixation

Sur la figure suivante nous présentons les paliers de fixation des tubes sur le gabarit. Les paliers sont ronds à grande largeur pour obtenir un maximum de surface du contact entre le palier et le tube afin de minimiser les erreurs de positionnement et avoir un meilleur guidage.

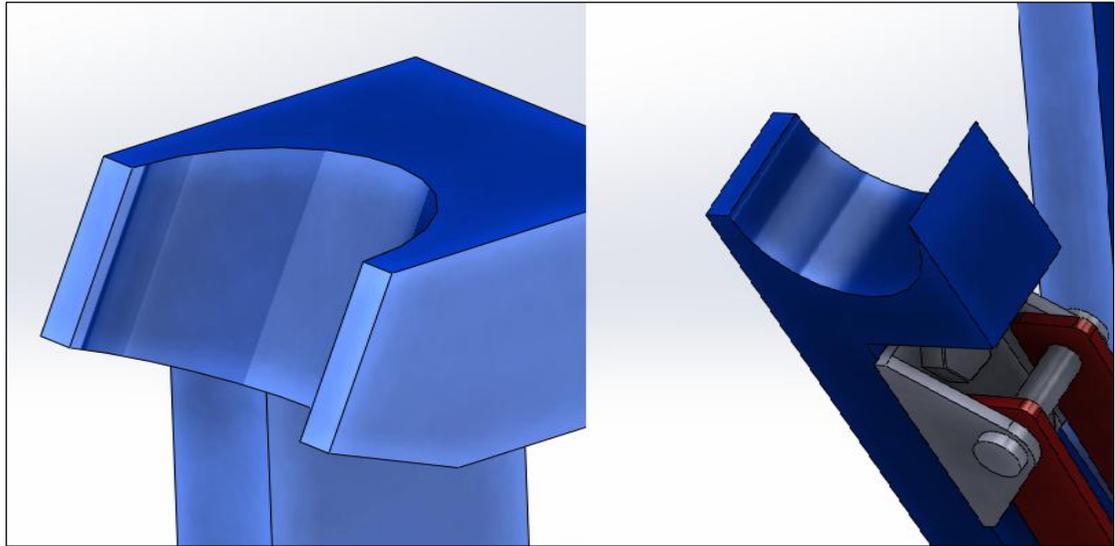


Figure III.4 Palier de fixation du tube à souder sur le gabarit

III.2.4 Sections à souder avec le premier gabarit

Les sections à souder sur le premier gabarit sont toutes accessible à la torche de soudage et se situent sur le même niveau.

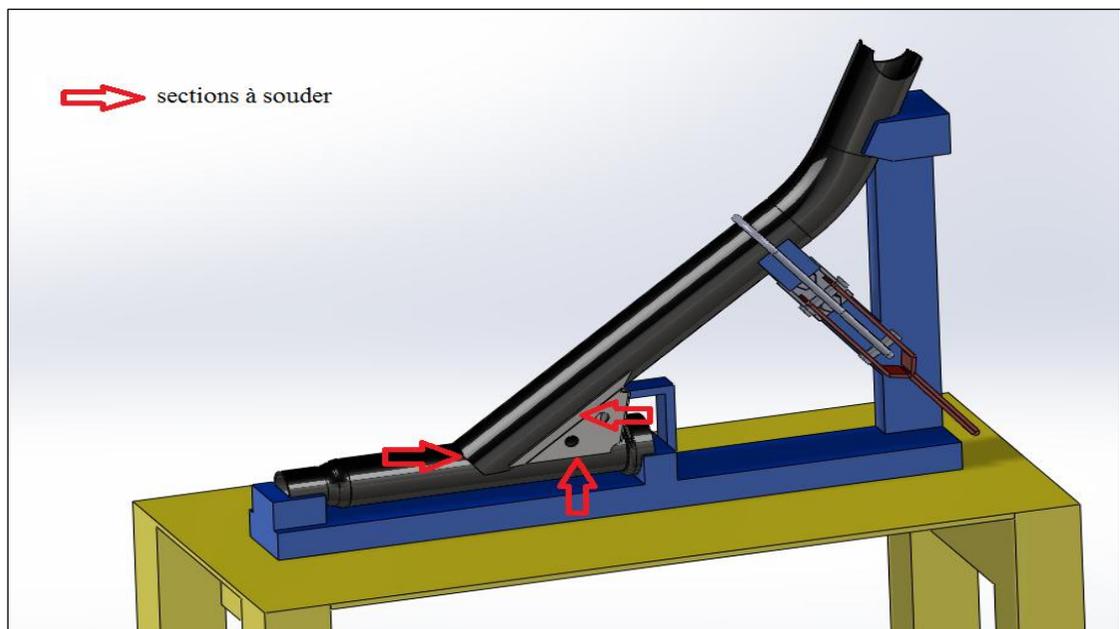
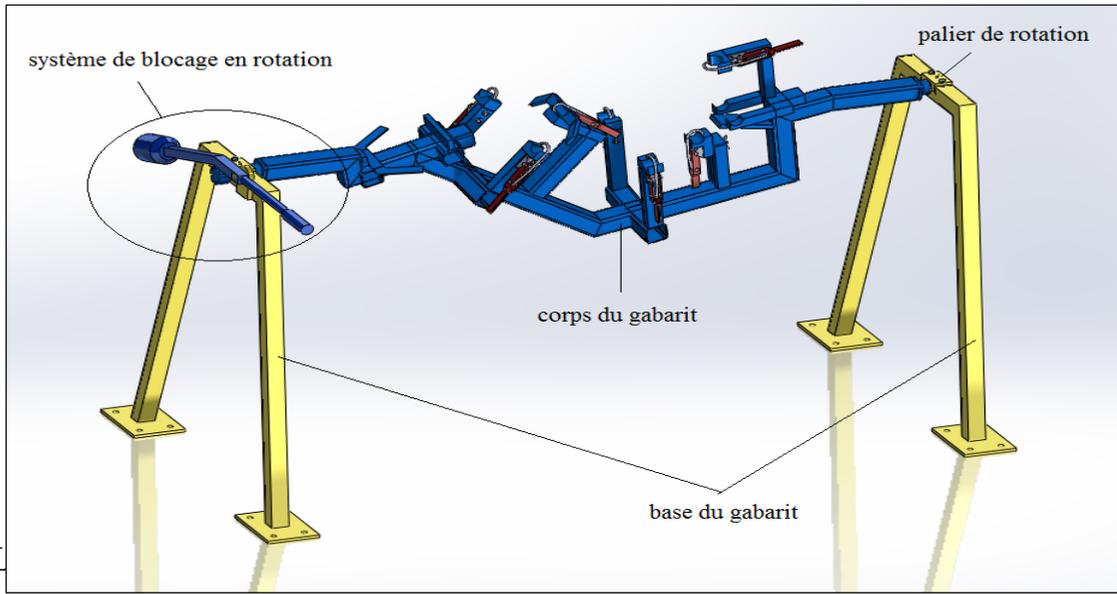


Figure III.5 Sections à souder avec le premier gabarit

III.3 Gabarit 2

Ce gabarit nous aide à souder la partie 2 de la (figure III.1), dans ce qui suit nous présentons les caractéristiques de cette structure.

III.3.1 Constituants du deuxième gabarit de soudure



III.3.2I

Figure III.6 Constituants du deuxième gabarit

Le gabarit de soudure est doté d'une base faite d'un ensemble de profilés rectangulaire creux, d'un palier qui portera le corps du gabarit et de deux plaques de fixation sur terre et d'une tige de fixation du bras de blocage. Les pièces seront assemblées avec le procédé de soudage.

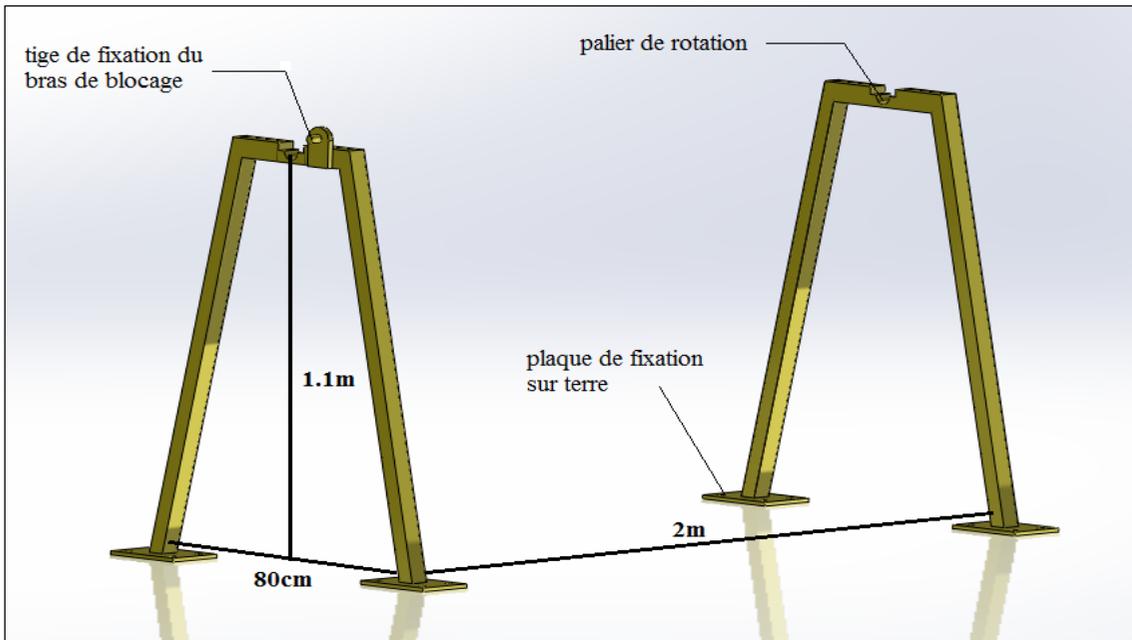


Figure III.7 Base du deuxième gabarit

La base du deuxième gabarit est constitué de deux pieds indépendant, qui sont fait de profilés tubulaire rectangulaire portant un palier de rotation et des plaque de fixation sur terre suffisamment rigide pour supporter toute les charge que la structure va subir.

La bonne fixation sur terre est utile pour éviter de mettre une barre stabilisatrice entre les pieds de la base, pour éviter qu'elle gêne l'opérateur aux pieds lors de son positionnement pour réaliser une opération de soudure.

Le rendement du travail dans l'atelier non robotisé est basé sur la capacité de l'être humain à accomplir sa fonction durant le temps de travail, toute opération difficile va influencer sur le rendement de l'opérateur ce qui a un lien direct avec le rendement total de travail. En se basant sur cette hypothèse, nous avons pris **1.1** mètre comme hauteur de la base du gabarit en se basant sur la taille moyenne d'un être humain.

III.3.3 Le palier

La base du gabarit contient un palier pour supporter et guider en rotation le corps du gabarit, ce dernier se divise en deux parties pour faciliter le montage du corps du gabarit et il permet un démontage sans dévisser toute la base.

Le palier va recevoir un arbre en rotation, étant donné qu'ils sont du même matériau et que l'arbre va travailler sous des faibles vitesses de rotation, nous avons prévu un emplacement des coussinets, le coussinet est en bronze qui présente un faible coefficient de frottement et un bon comportement avec l'acier vis-à-vis de l'usure. Pour travailler dans les meilleures conditions possibles, nous avons prévu un système de graissage constitué d'un téton pour faciliter la mise en place de la graisse.

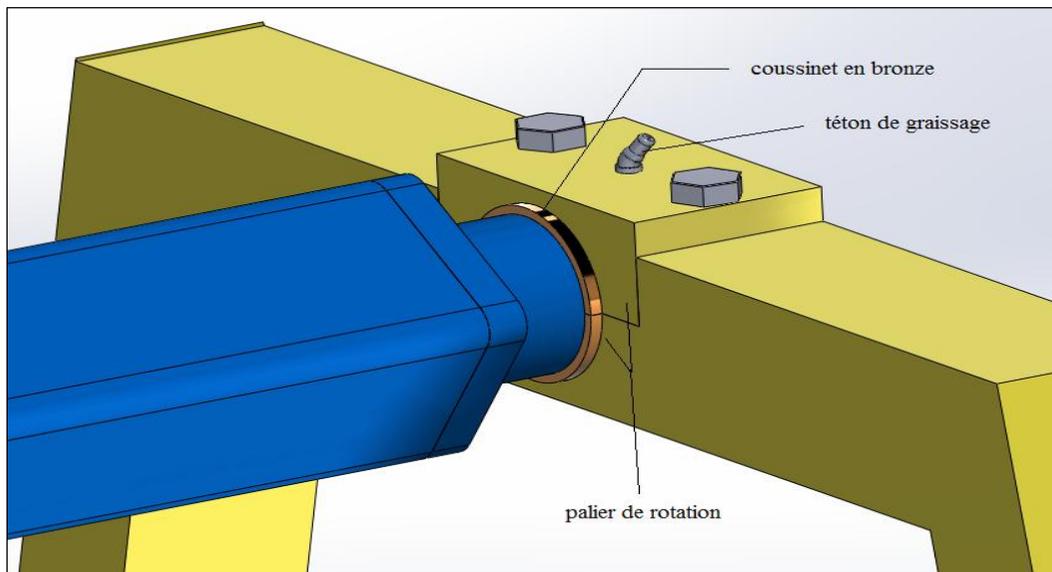


Figure III.8 Palier de rotation avec téton de graissage

III.3.4 Les coussinets

La fonction des coussinets est de réduire les frottements, donc de diminuer les résistances au mouvement et d'éviter l'usure ou encore le grippage des pièces. Les coussinets se composent de deux éléments appelés coquilles qui forment un anneau entre le palier et l'arbre tournant. Pour assurer la lubrification, nous avons prévu une rainure sur la face intérieure du coussinet. Elle permet le stockage et la distribution de la graisse sur toute la surface de l'arbre.

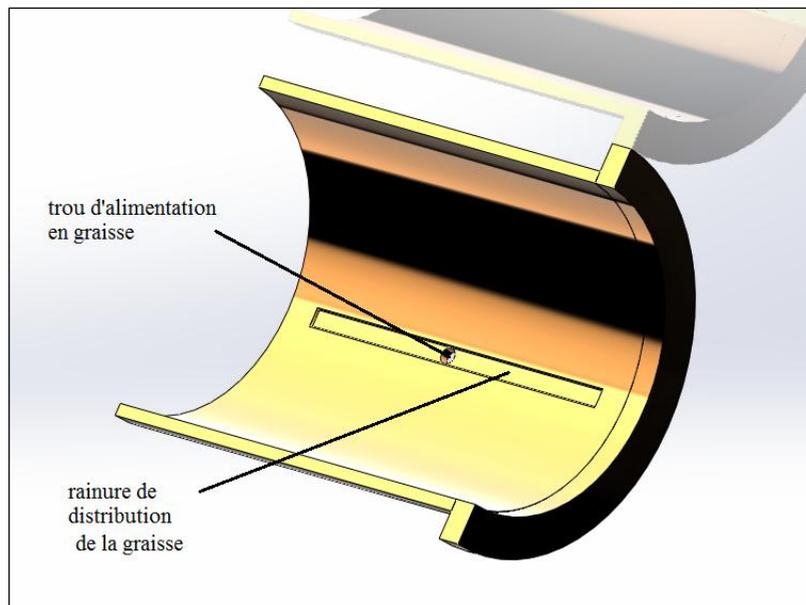


Figure III.9 Coussinet avec trou et rainure de graissage

III.3.5 Le corps du gabarit

Le corps du gabarit (figure III.10) est conçu à base d'éléments mécano-soudé, il est constitué d'une poutre principale relié à la base avec des arbres de rotation, des poutres secondaire qui portent des emplacements pour recevoir les éléments du châssis à souder et des sauterelles de serrage pour maintenir les pièces en place avant d'entamer l'opération de soudage.

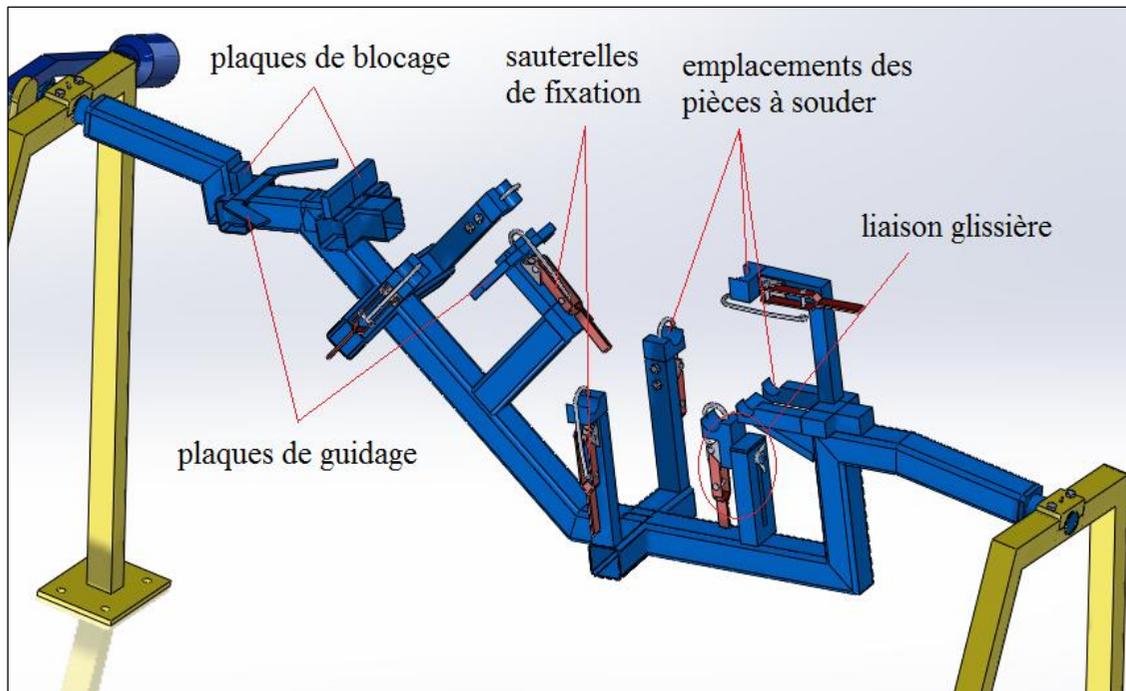


Figure III.10 Constituant du corps du deuxième gabarit

III.3.6 Système de blocage

La rotation du corps du gabarit lors du fonctionnement n'est pas continue d'où la nécessité de prévoir un système de blocage (figure III.11). Pour cela, nous avons choisi le blocage par obstacle qui est à la fois simple à réaliser et efficace. Nous avons utilisé une roue dentée qui sera fixée sur l'arbre de rotation du corps du gabarit, et d'un bras de blocage fixé sur la base du gabarit. Ce dernier est doté d'une dent de blocage qui sert à s'introduire entre des dents de la roue pour assurer le blocage.

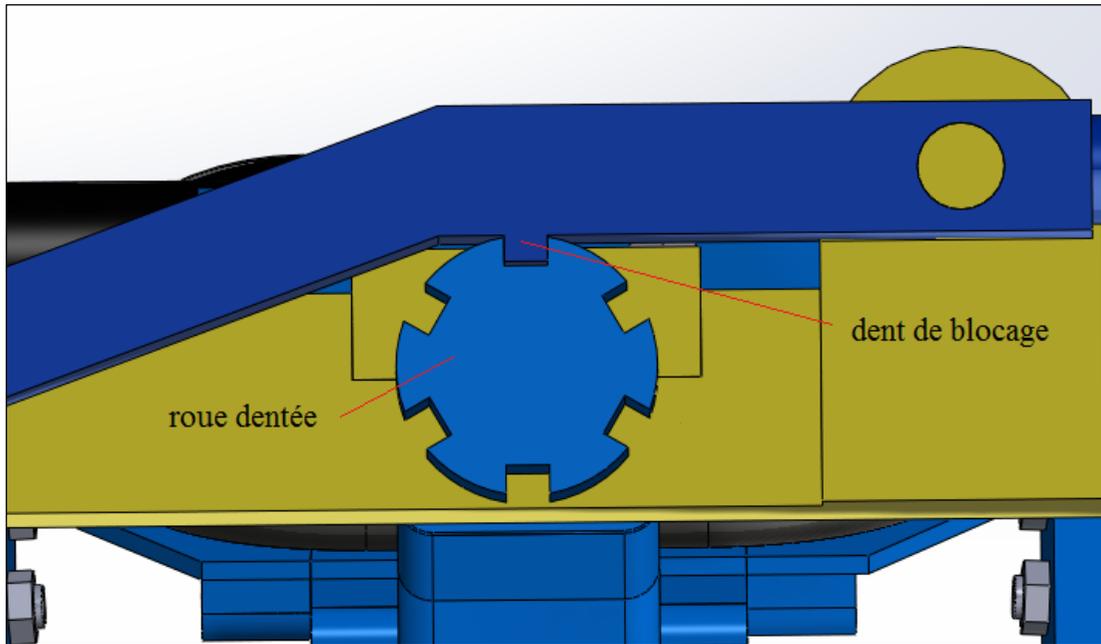
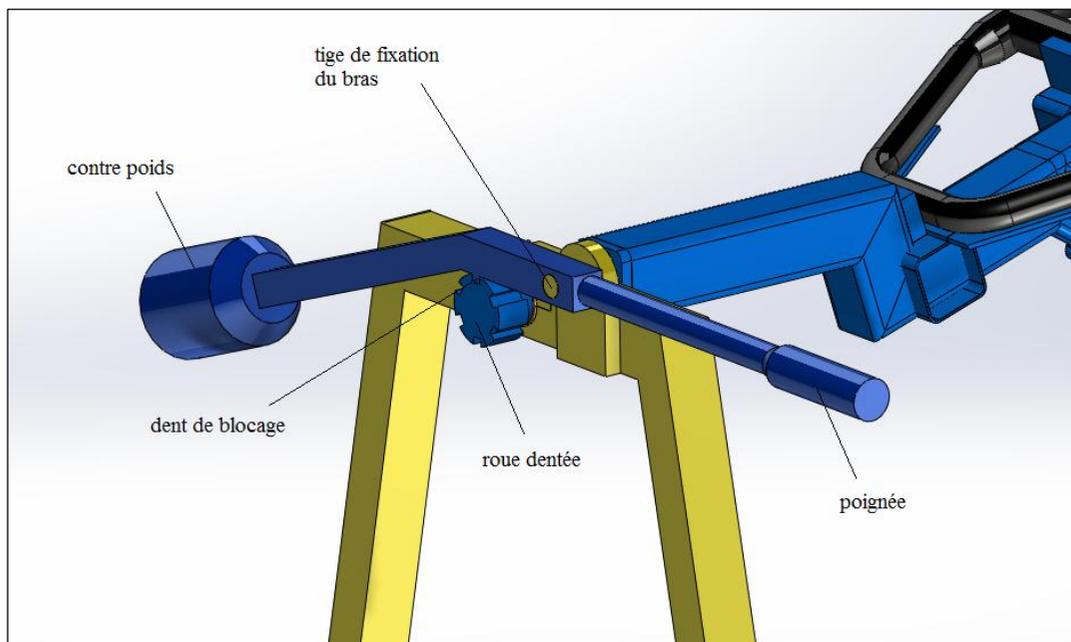


Figure III.11 Positionnement de la dent de blocage sur la roue dentée

Le bras de blocage est constitué d'une poignée pour l'actionner et d'un contre poids pour maintenir la dent de blocage en place, pour faire tourner le corps du gabarit, on appui sur la poigné pour libérer la roue dentée, ensuite on tourne le corps sur la position de travail, à la fin on lâche la poignée pour remettre la dent en place et assurer le blocage.

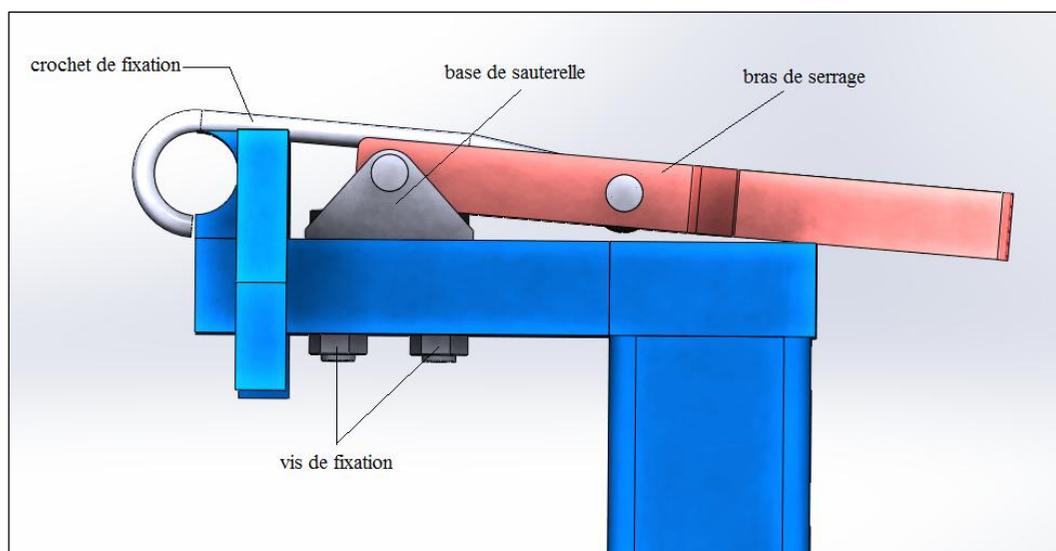
Nous avons choisi le système du bras de fixation et d'un contre poids (figureIII.12) pour sa simplicité et pour les conditions d'utilisation. La poignée est conçue de telle sorte à ce qu'elle soit facilement accessible par l'opérateur, car au même temps, il assure l'action d'appuyer sur la poigné et l'autre de soulever le corps du gabarit pour le faire tourner, une action qui le contraint à prendre la position du milieu ou bien un peu décalé de côté. Pour rendre cela possible nous avons choisi la longueur adéquate pour la poigné, tandis que le contre poids est suffisamment dimensionné pour ne pas se lâcher pendant le temps de travail.



Le bras de blocage est fixé sur la base du gabarit avec une liaison pivot assuré par un alésage sur le bras et d'une tige fixé sur la base.

III.3.7 Sauterelle de fixation des tubes

La figure suivante illustre la sauterelle en position fermée pour le serrage des éléments du châssis sur le gabarit.



III.3.8 Une pièce de fixation coulissante

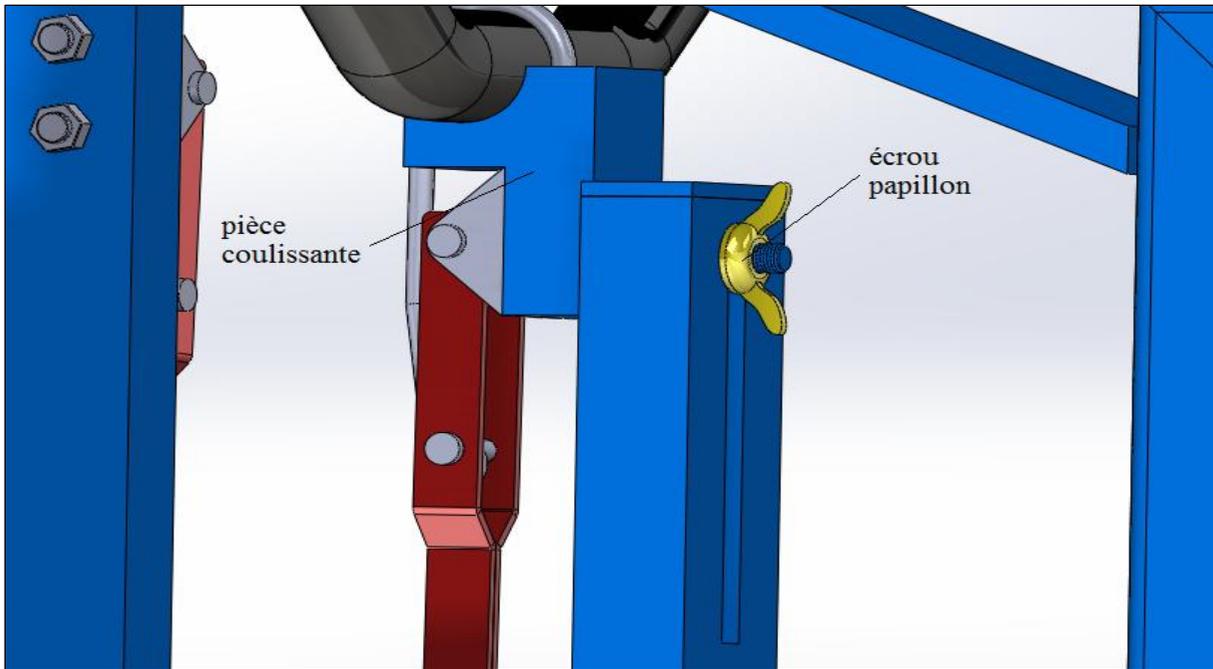


Figure III.14 Système d'une pièce coulissante

Dans l'une des opérations de soudage nous avons un chevauchement d'un endroit de fixation et une section à souder d'où l'impossibilité d'effectuer la soudure, pour remédier à ce problème nous avons décidé de mettre la sauterelle de fixation sur une base coulissante (figure III.14) pour l'éloigner de la pièce à souder. Pour que l'opération soit rapide, nous avons choisi le système vis écrou papillon qui est facile à manipuler.

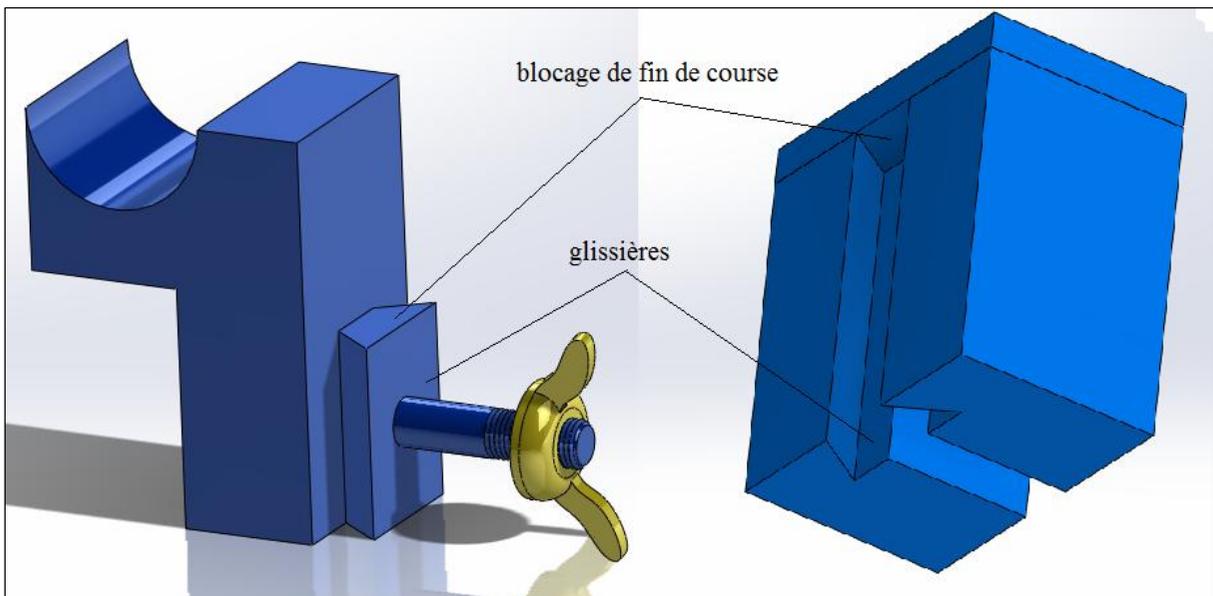


Figure III.15 Principe de blocage des pièces coulissantes

Le système comporte deux position essentielles : tout en haut pour la première étape de soudure et tout en bas pour éloigner la sauterelle pour compléter la deuxième opération, pour mettre la sauterelle dans la première position, on la tire en haut jusqu'à atteindre la fin de course et on serre l'écrou papillon pour bloquer les glissière. Dans la deuxième opération, on a qu'à desserré l'écrou et la sauterelle va descendre toute seul du fait de la gravité.

III.3.9 Inclinaison du corps du gabarit

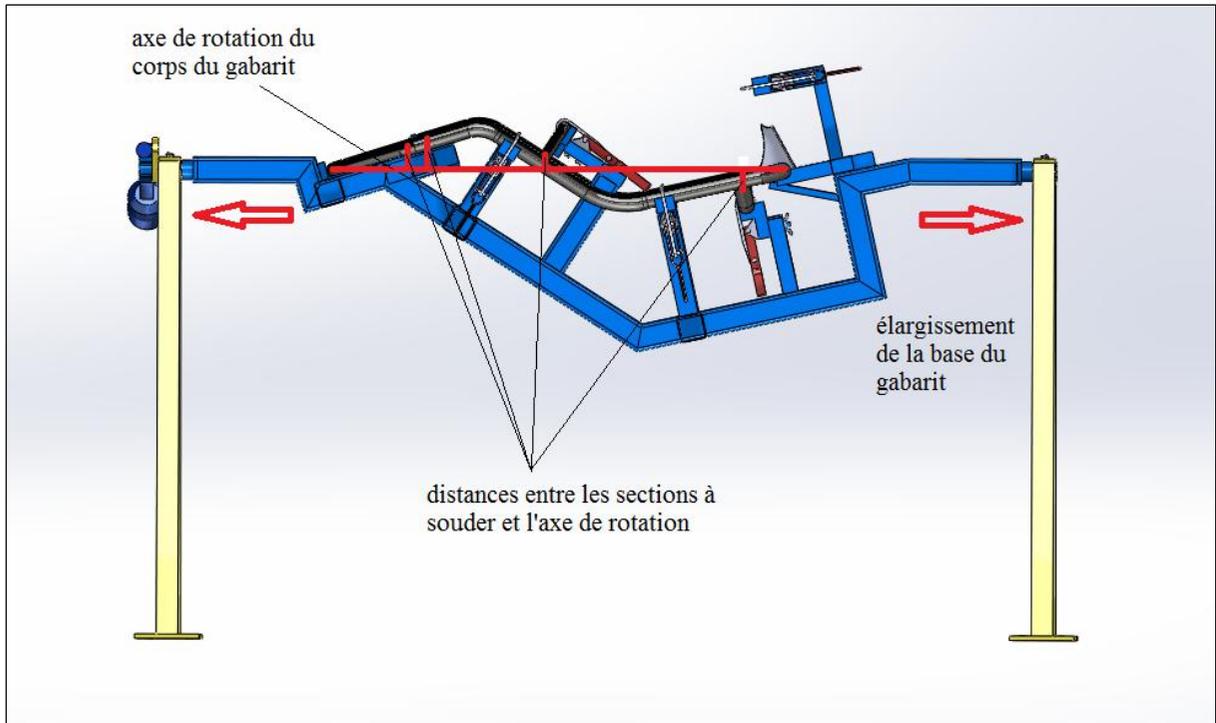


Figure III.16 Choix de l'inclinaison du corps du gabarit

L'élargissement de la base donne plus d'espace libre pour l'opérateur afin de pouvoir prendre les positions de soudage souhaité sans être gêné par la base du gabarit.

L'inclinaison du corps du gabarit est choisie d'une manière à ce que toutes les sections à souder seront plus ou moins au même niveau par rapport à l'axe de rotation indiqué en rouge, cela permet à l'opérateur de travailler approximativement sur la même hauteur. Cela lui permet de garder son dos bien droit le plus longtemps possible pour éviter de mettre sa santé en danger et veiller sur son bien-être et rendre le poste de travail confortable.

Le deuxième objectif après celui de préserver la santé des travailleurs est celui d'augmenter le rendement journalier du travailleur car les facultés morales et physiques de l'être humain s'affectent d'une manière proportionnelle à sa fatigue.

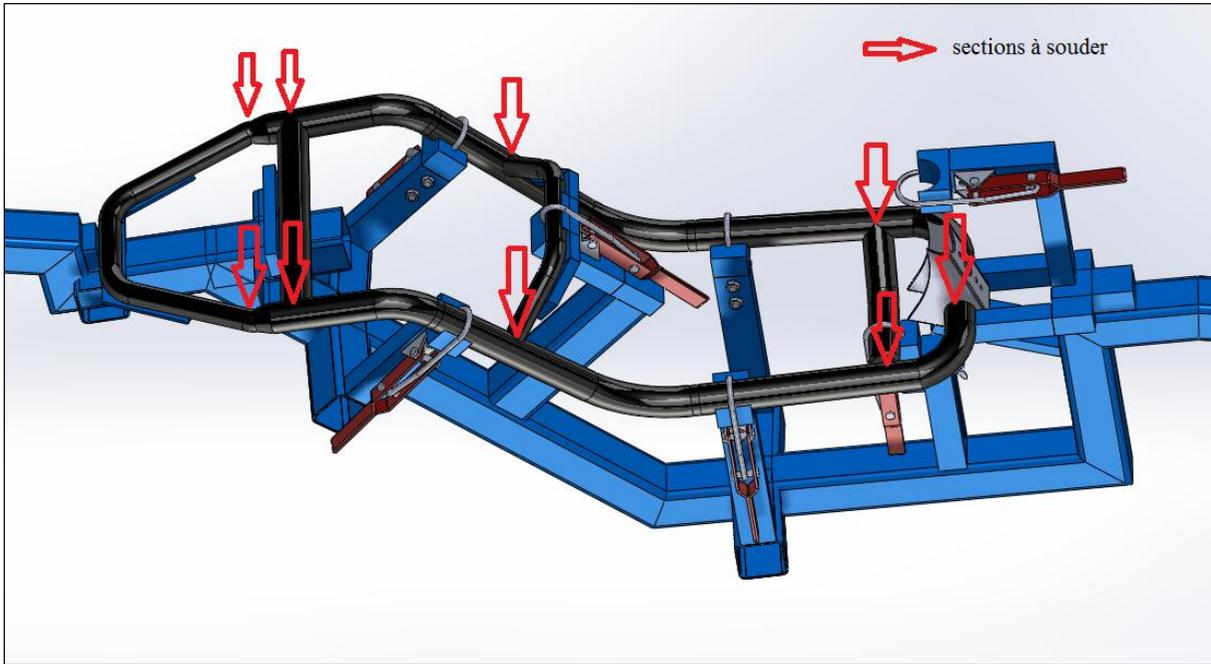


Figure III.17 Endroits des opérations de soudure

Notre assemblage est constitué d'un ensemble de soudure des sections tubulaires, donc pour le réaliser, il nous faut suffisamment d'espace pour pouvoir introduire la torche de soudage autour de la section à souder. Un positionnement aléatoire des endroits de fixation va rendre la tâche impossible. Pour qu'il n'y ait pas de chevauchement entre ces zones, nous avons fait en sorte que les endroits de fixation seront suffisamment loin des zones de soudure.

III.4 Processus de fabrication du châssis

Le châssis du gabarit doit être fabriqué en suivant des étapes bien définies pour que sa fabrication soit possible et pour qu'elle dure le moins de temps possible, le gabarit est conçu de telle sorte à ce que toutes les opérations de soudage soient possibles et faciles à réaliser. Pour cela, nous avons devisé sa fabrication en trois étapes.

- Première étape : soudage de trois pièces sur le premier gabarit
- Deuxième étape : soudage des 7 autres pièces restantes sur le deuxième gabarit
- Troisième étape : soudage des deux blocs obtenus dans les deux premières étapes sur le deuxième gabarit.

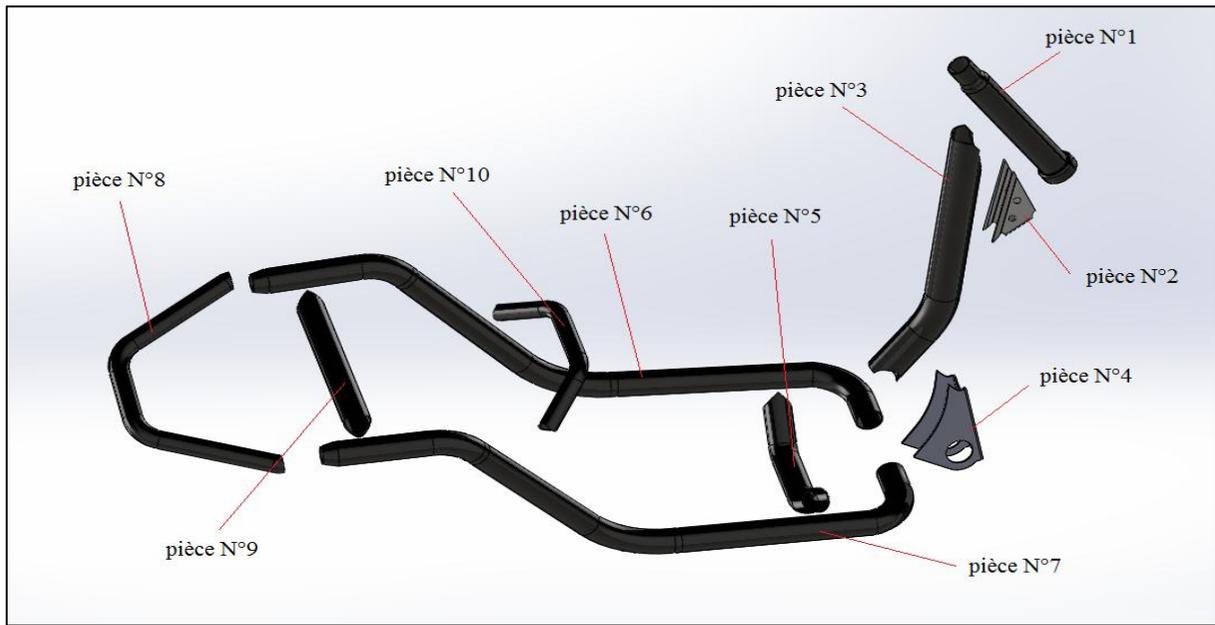


Figure III.18 Vue éclatée des 10 pièces constitutives du châssis

III.4.1 La première étape de fabrication

Comme indiqué sur la (figure III.19), nous allons commencer par le positionnement de la pièce N° 1 dans son emplacement, puis poser la pièce N° 2 et la glisser jusqu'au contact avec la plaque de blocage longitudinal, le guidage dans la direction transversale sera assuré par le positionnement de la pièce N° 3.

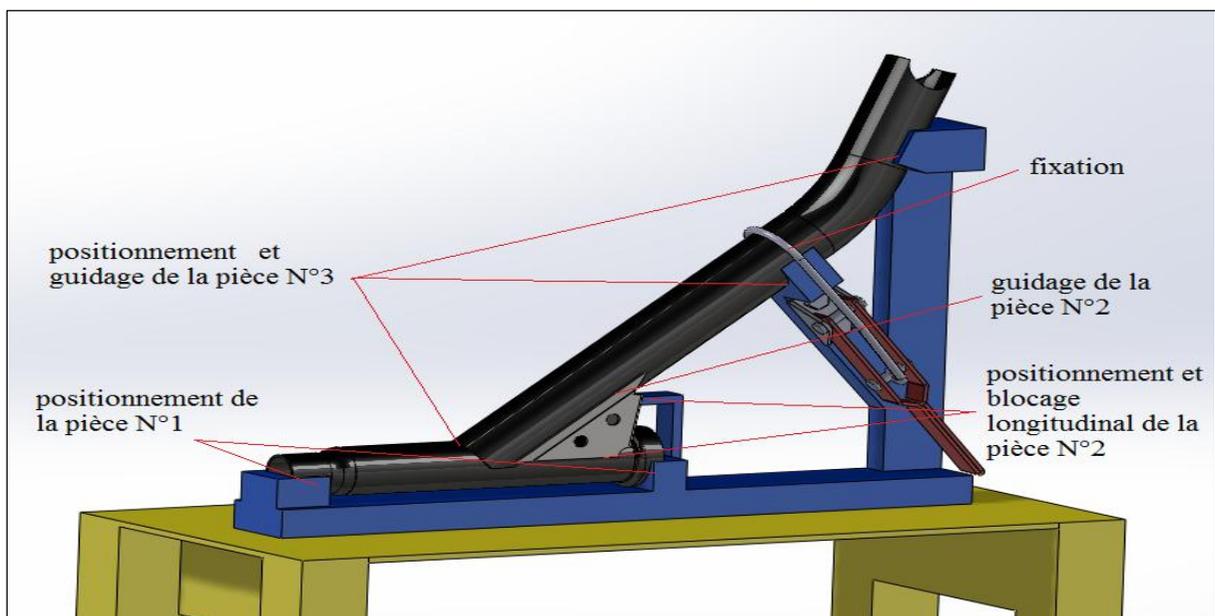


Figure III.19 Positionnement et fixation des pièces sur le premier gabarit

Le positionnement de la pièce N°3 est assuré par trois emplacements qui assurent le guidage longitudinal et transversal. Le guidage transversal de la pièce N°2 est ainsi assuré, on applique à la fin un serrage pour maintenir tous les pièces en place pour effectuer l'opération de soudage dans les sections de jonction entre les trois pièces. À la fin de soudage, on a qu'à desserrer la sauterelle et tirer les pièces soudées vers le haut pour les extraire en un seul bloc.

III.4.2 Deuxième étapes de fabrication

La deuxième étape de fabrication se fait sur le deuxième gabarit

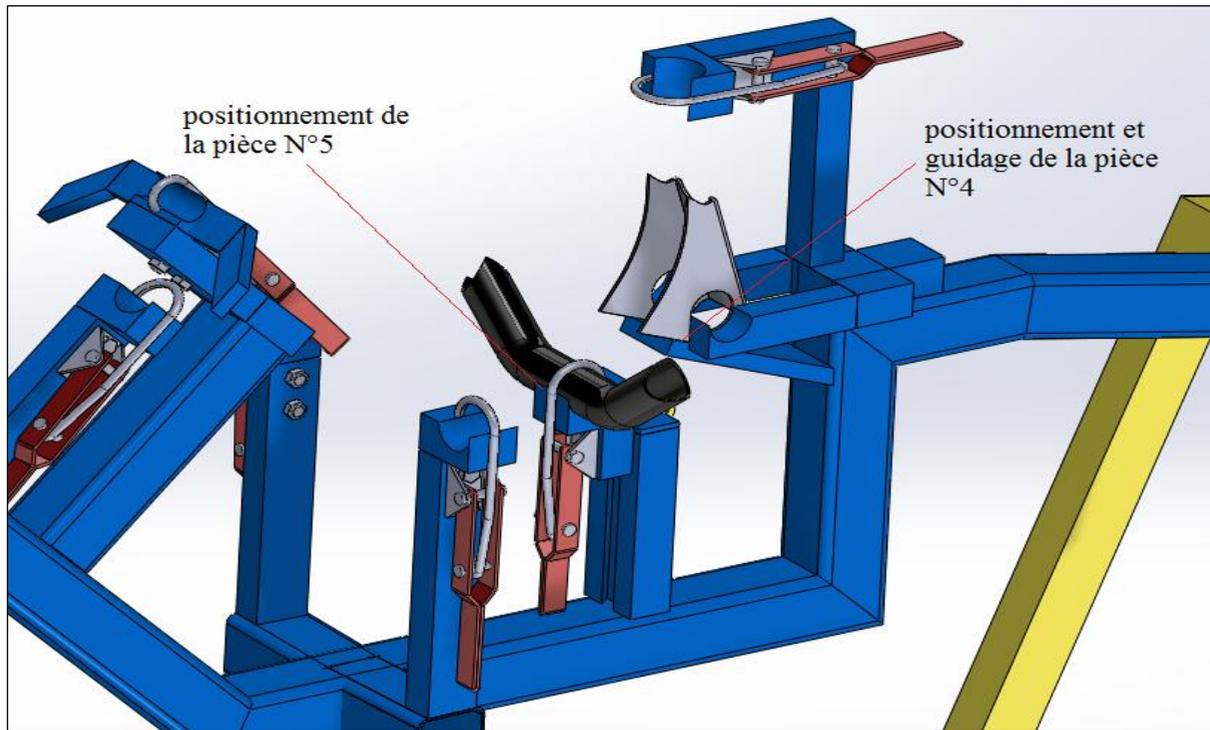


Figure III.20 Positionnement des pièces N° 4 et 5

La deuxième étape de fabrication commence par les positionnements de toutes les pièces sur le gabarit, il faut suivre le bon ordre de positionnement pour éviter de bloquer l'axe au positionnement d'une pièce et devoir détacher tous et refaire l'ordre.

Pour cette étape, on va commencer par le positionnement de la pièce N°4 et la pièce N°5 qui seront ensuite guider par les pièces N° 6 et 7 (figureIII.21).

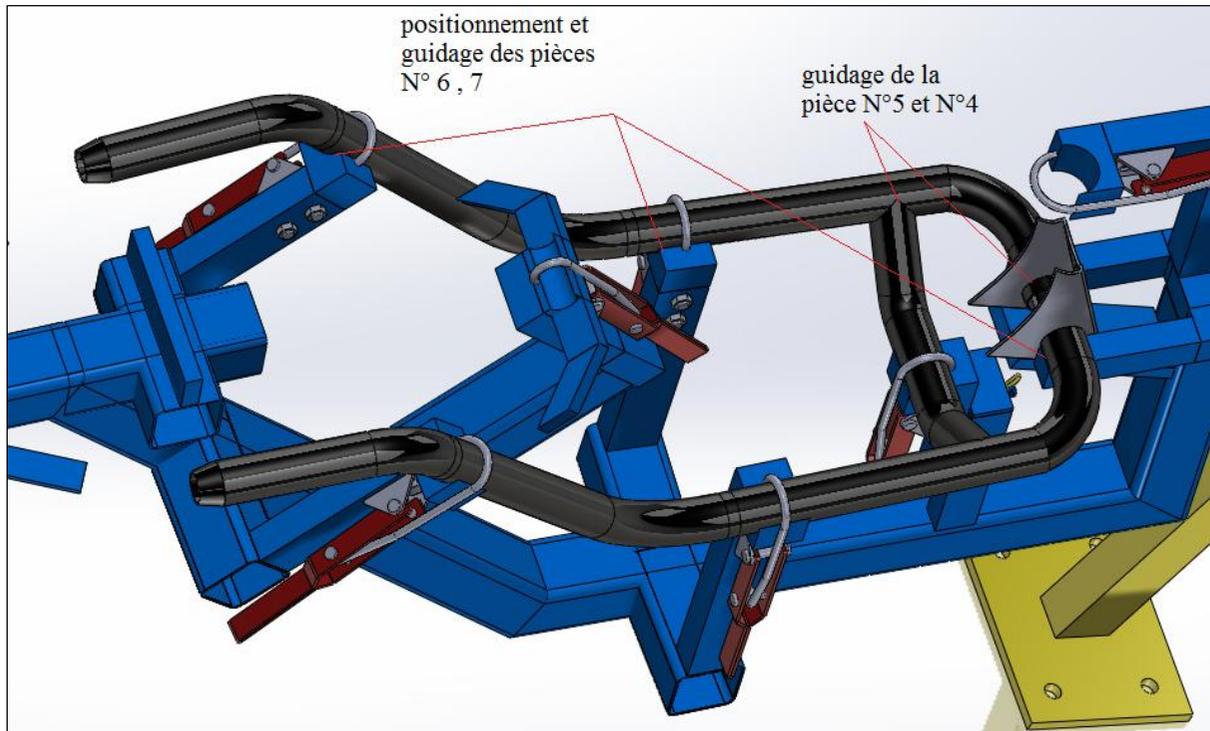


Figure III.21 Positionnement de pièces N° 6 et 7

Par la suite, on positionne les pièces N° 6 et 7 sur les trois emplacements destinés pour chacun, l'inclinaison et l'emplacement et l'inclinaison de chaque point de serrage assure le guidage longitudinal et transversal des deux pièces.

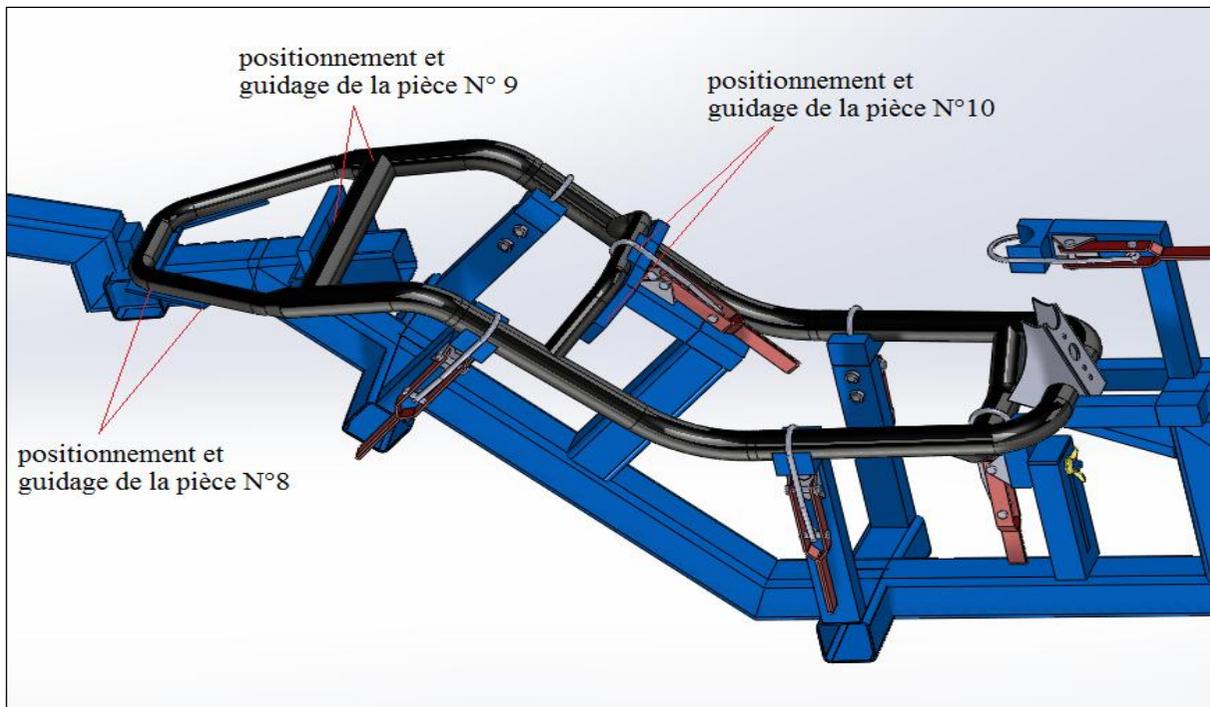


Figure III.22 Positionnement des pièces 8, 9 et 10 sur le gabarit

Enfin, les pièces N° 8 et 9 sont maintenues sur des plaques assurant leurs guidages et leurs blocages, ces deux pièces ne seront pas fixées avec des sauterelles car elles sont posées sur un plan incliné, alors la gravité vas les maintenir en place.

La pièce N° 10 va être guidé par des plaques de guidage et fixé par une sauterelle.

À la fin de la fixation, on entame l'opération de soudage en commençant par les jonctions qui incluent les pièces N°8 et 9 pour éviter qu'elle tombe quand on tourne le corps du gabarit, ensuite poursuivre pour toute les pièces restantes.

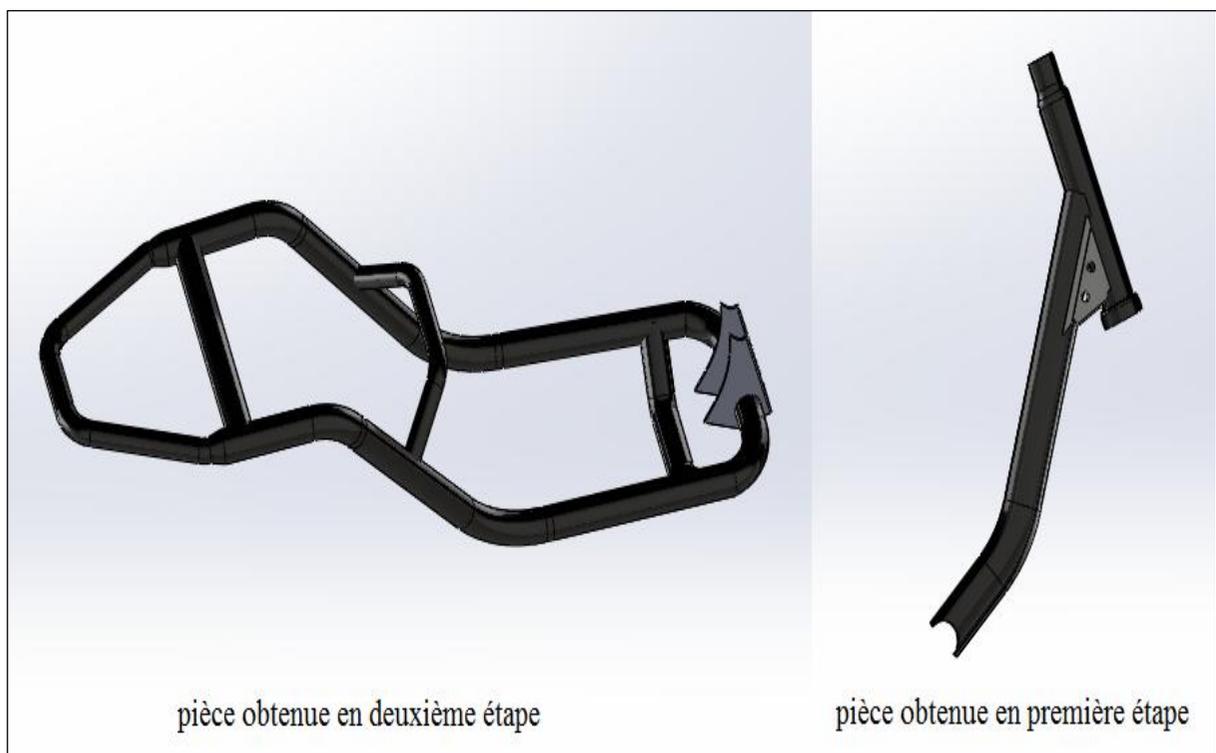


Figure III.23 Les pièces à assembler en troisième étape.

III.4.3 Troisième étape de fabrication

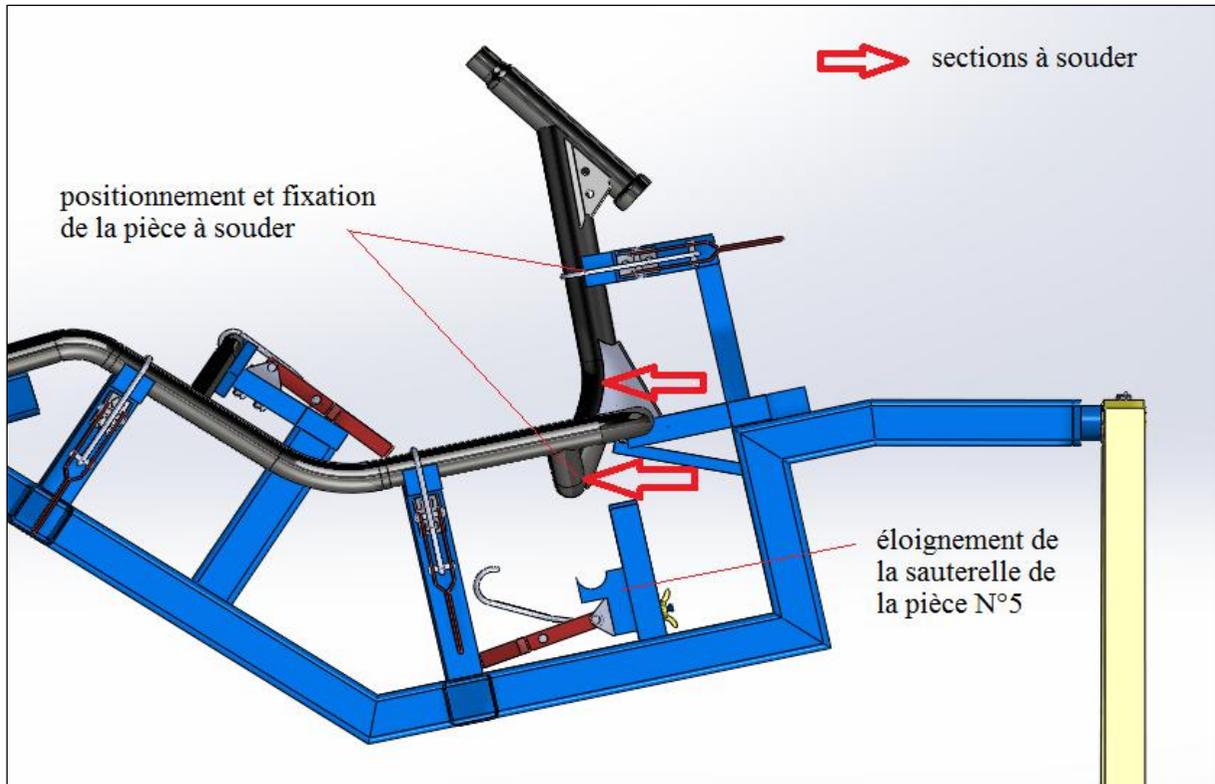


Figure III.24 Positionnement et fixation de la pièce à souder en troisième étape

La troisième étape consiste à souder la pièce obtenue dans la première étape à celle obtenue en deuxième étape et cela toujours sur le deuxième gabarit.

On détache la sauterelle de fixation de la pièce N°5, on dévisse l'écrou papillon pour éloigner la sauterelle du point de jonction des pièces. Puis on fixe la pièce à souder en s'appuyant sur la pièce N°5 et on la fixe par une sauterelle.

On effectue l'opération de soudage entre la dernière pièce et les pièces N° 4 et 5. Quand on termine on détache toutes les sauterelles on enlève le châssis du gabarit et on entame une autre opération de soudage pour une autre unité.

III.5 Simulation de pièces constitutive des gabarits

Pour valider les modèles numériques que nous avons conçus, on fait des simulations pour analyser les comportements des différents constituants pour localiser et améliorer les zones faibles afin que les structures finales résistent aux sollicitations pour que chaque élément assure la tâche pour laquelle il est conçu.

III.5.1 Simulation de la base du premier gabarit

Après avoir simulé plusieurs profilés pour construire la base du gabarit, nous avons tranché sur le choix d'un profilé tubulaire rectangulaire pour ses bonnes caractéristique mécanique d'un côté et d'autre pour son coût faible et sa fabrication qui demande des moyens simples tels que l'outil de découpe et les moyens de soudage. En revanche, sa fabrication avec des plaques pleines requiert des moyens lourds tels qu'une découpeuse plasma et des plaques de grande épaisseurs.

Nous avons fait plusieurs simulations de la structure avec différents profilés, la variation des résultats obtenus nous ont permis de se situer dans le choix du profilé final, nous avons écarté les choix surdimensionné et sous-dimensionné et nous avons amélioré la structure pour qu'elle puisse faire face aux contraintes que la base va subir lors de son fonctionnement.

Le profilé de construction est un tube rectangulaire de dimension 50mm*40mm d'épaisseur 3mm.

Le premier gabarit a une structure petite et légère, et il se constitue d'un seul bloc, ce qui lui donne plus de stabilité. Nous avons estimé que la force verticale sera égale à 200N (**d**) qui représente les poids des pièces constitutives du gabarit et celles des pièces à souder, plus l'éventuelle charge supplémentaire appliquée par l'opérateur lors de l'opération de soudage et nous avons appliqué deux forces latérales, l'une est de 1000N (**b**) appliqué par les collisions des chariots ou lors de déplacement des pièces lourdes dans l'atelier, l'autre est de 200N (**c**) appliqué par l'opérateur en s'appuyant sur la structure du gabarit.

Si on considère que le corps du gabarit est une poutre, nous allons appliquer les chargements latéraux suivant son moment d'inertie faible. Ça veut dire le cas le plus défavorable.

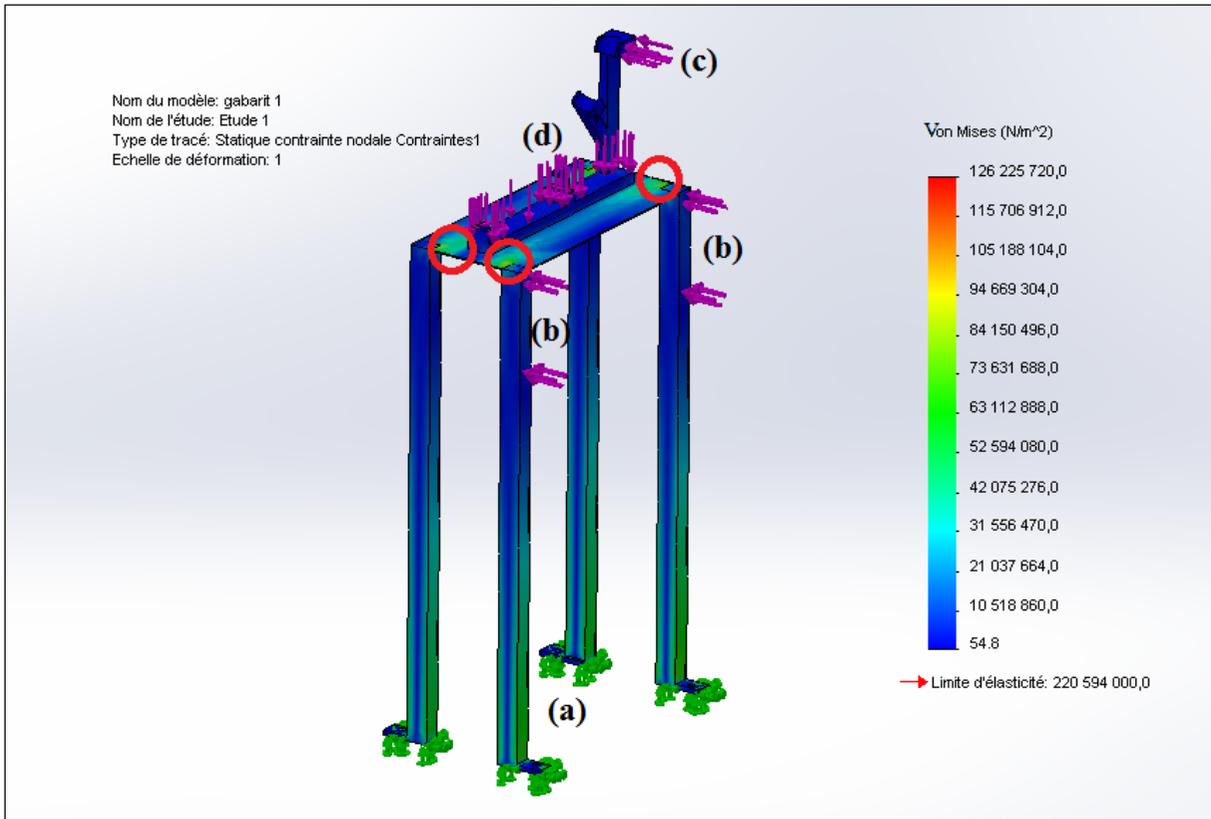


Figure III.25 Distribution des contraintes de Von mises sur la plaque de la base du gabarit avec (a) zone de fixation, (b) chargement latéral de 1000N, (c) chargement latéral de 200N et (d) chargement vertical de 200N

En appliquant une force, nous avons remarqué une localisation des contraintes dans l'endroit de jonction du profilé et la plaque qui sert de base pour le gabarit entourés par des cercles sur l'illustration, ce point faible a diminué le coefficient de sécurité jusqu'à **1.7**. Pour remédier à cette faiblesse, nous avons ajouté des plaques de renfort noté (r) sur la (figureIII.26) pour empêcher la localisation des contraintes.

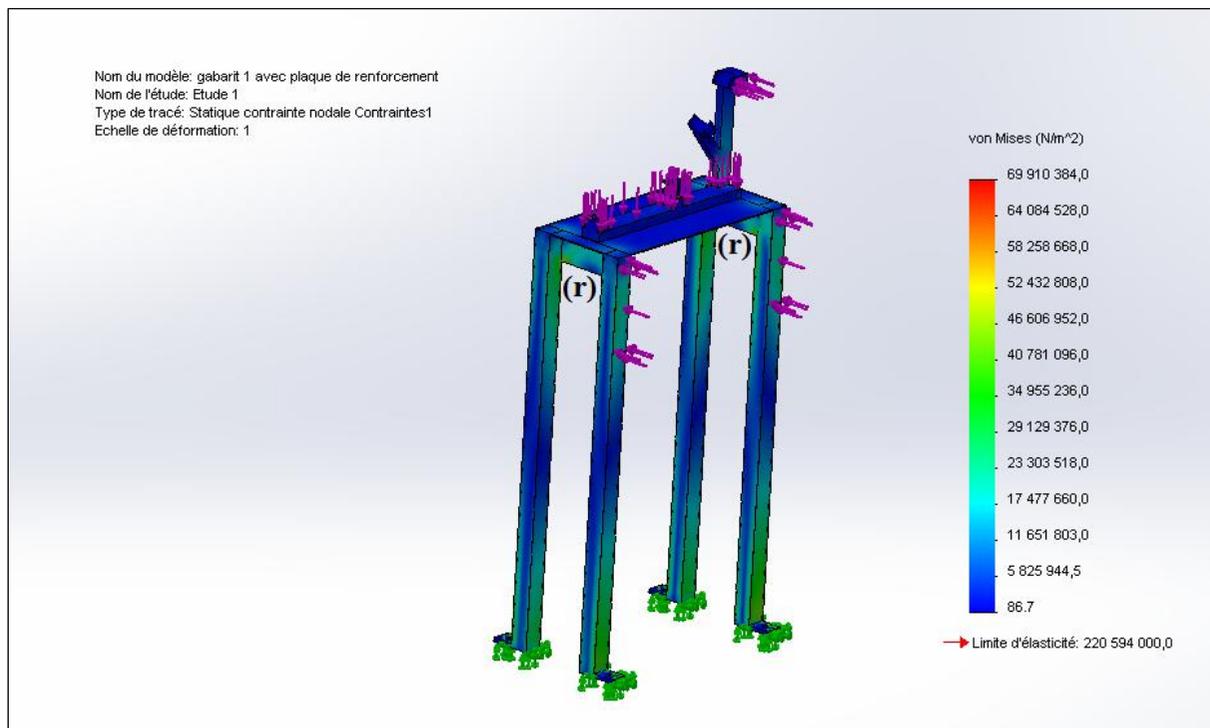


Figure III.26 Ajout d'un renforcement noté (r), distribution des contraintes sur la plaque de la base de gabarit 1

Nous avons renforcé la structure avec des plaque de dimension 180mm*80mm d'épaisseur 3mm, nous remarquons une meilleur distribution des contraintes sur la base du gabarit, La contrainte maximale a diminué de **126 Mpa** jusqu'à **69 Mpa**, ce qui a fait que le coefficient de sécurité a augmenté de **1.7** à **3.5** (figure III.27).

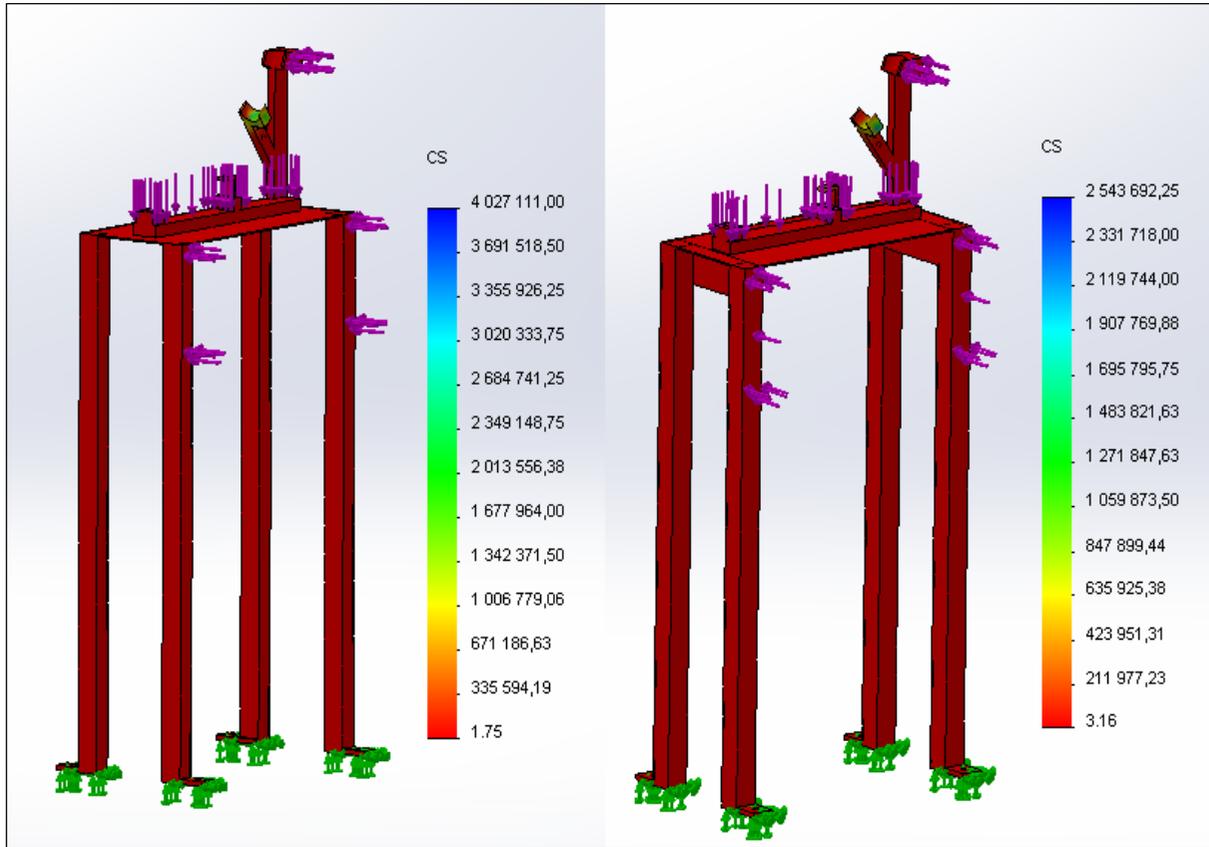


Figure III.27 Augmentation du coefficient de sécurité après renforcement de la plaque de la base du gabarit CS min=3.5

On valide le résultat obtenu après renforcement de la base du premier gabarit après avoir eu un coefficient de sécurité de **3.5**.

III.5.2 Simulation du corps du deuxième gabarit

Le corps du gabarit est la structure la plus essentielle du gabarit sur laquelle on fabrique le châssis, toute déformation du corps se répercute sur la qualité des produit fabriquer, une bonne résistance est indispensable pour éviter le déclassement des produits finals qui va forcément diminuer la productivité.

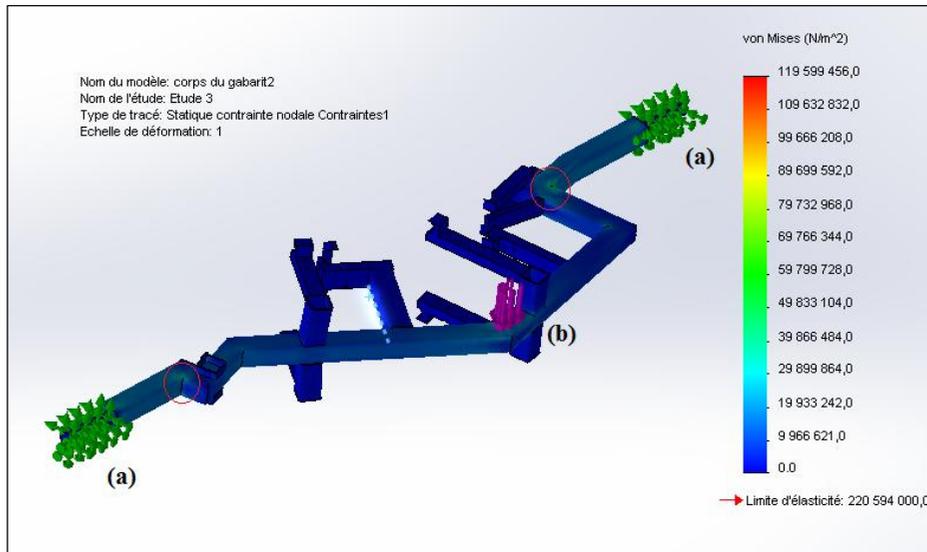


Figure III.28 Distribution des contraintes de Von mises sur le corps du gabarit 2 avec (a) fixation et (b) chargement de 1000N

La contrainte maximale est de 120 Mpa, elle est inférieure à la limite élastique du matériau qui est de 220 Mpa, mais on remarque une localisation de contraintes dans les endroits indiqués par des cercles, ce qui risque de provoquer des déformations intolérables. Pour renforcer la structure, nous avons passé d'un profilé de dimension 60mm*60mm à 70mm*70mm, et nous avons aussi renforcé les zones faibles par des nervures de grande épaisseur (figure III.29).

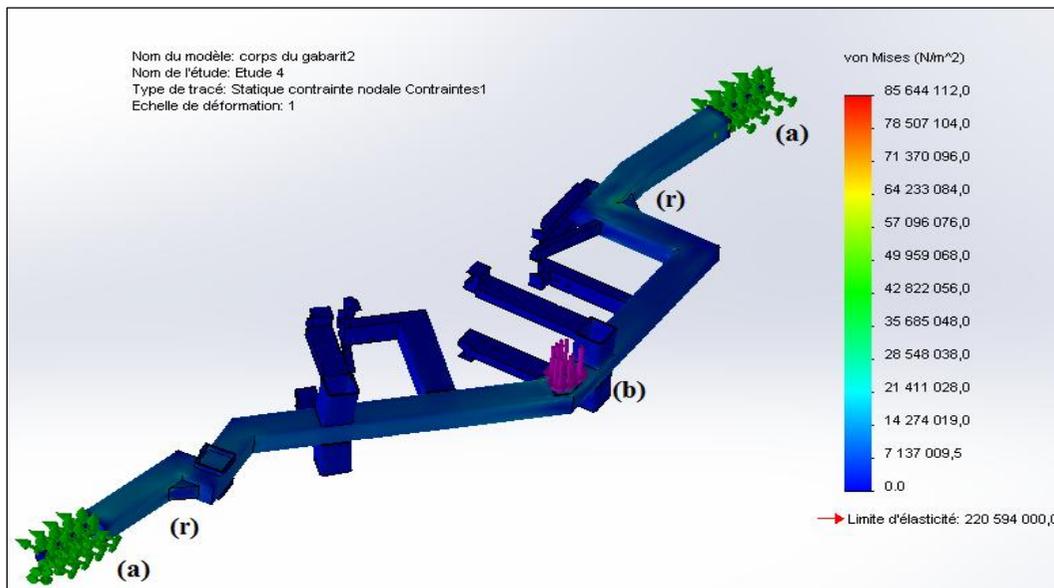


Figure III.29 Distribution des contraintes de Von mises après augmentation des dimensions du profilé et ajout des renforcements notés (r)

On remarque une diminution de la contrainte maximale de Von mises après renforcement des zones faible de la structure d'une valeur de 120 Mpa à 85 Mpa. Le renforcement a donné une meilleur distribution des contraintes ce qui élimine le risque des déformations de la structure.

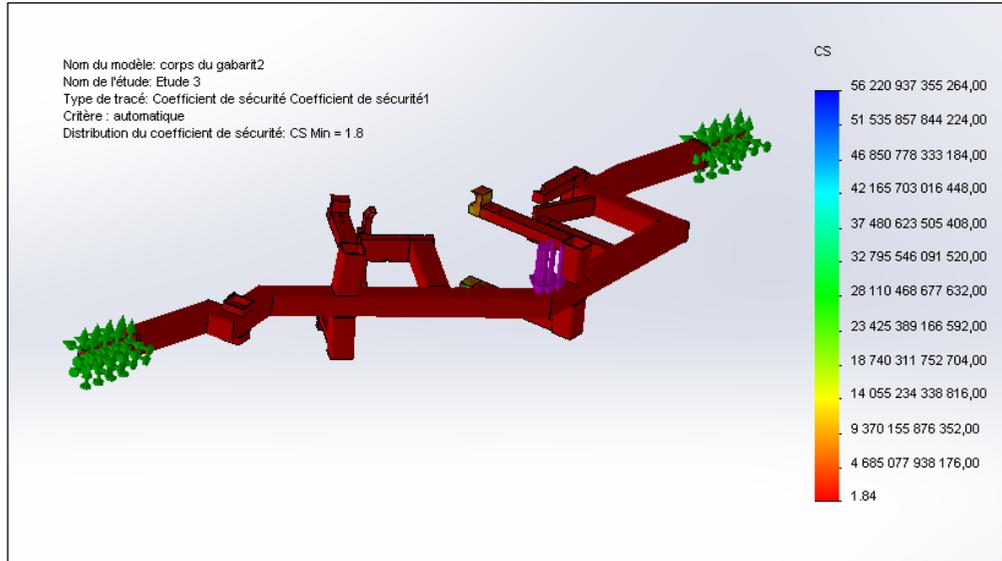


Figure III.30 Le coefficient de sécurité obtenue avant l'amélioration

Obtention d'une valeur de 1.8 du coefficient de sécurité dans la première simulation, ce qui nous a poussés à améliorer la structure.

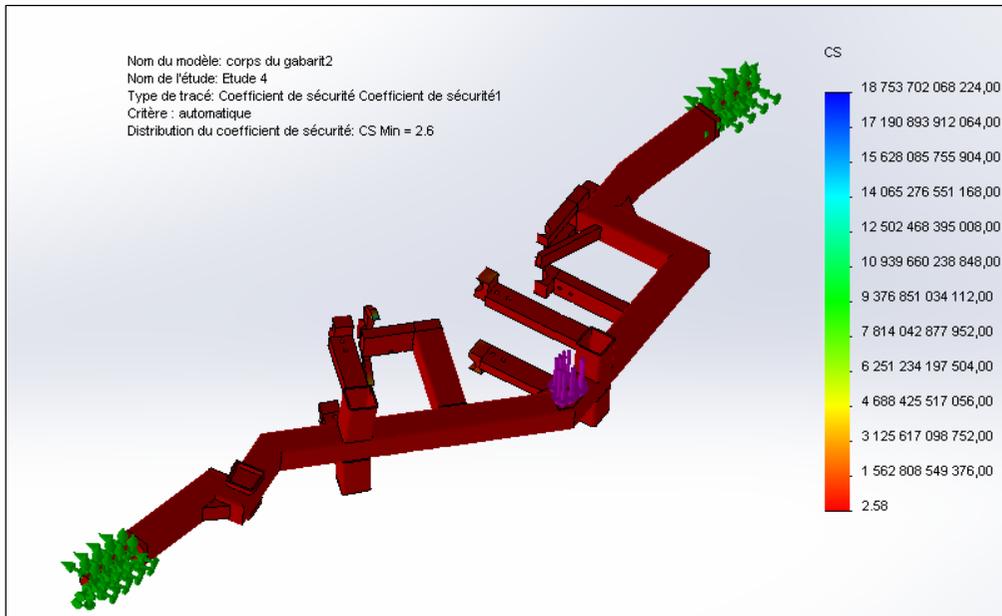


Figure III.31 Augmentations du coefficient de sécurité après amélioration de la structure

Le coefficient de sécurité obtenu après l'amélioration de la structure est d'une valeur de **2.6**, on valide le model car pour cette valeur la structure vas suffisamment résister aux sollicitations appliquées.

III.5.3 Simulation de la base du deuxième gabarit

Nous avons appliqué la première charge verticale de 1000N qui représente le poids du corps de gabarit, les poids des pièces constitutives du châssis et de l'éventuelle charge supplémentaire appliquée par l'opérateur lors de l'opération de soudage, la deuxième charge latérale de 1000N, elle représente les forces latérales appliqué par l'opérateur, et des forces appliquées par les collisions des chariots chargé, et lors de déplacement des pièces lourdes dans l'atelier. Le poids total du corps du gabarit et du châssis à souder est de 60kg.

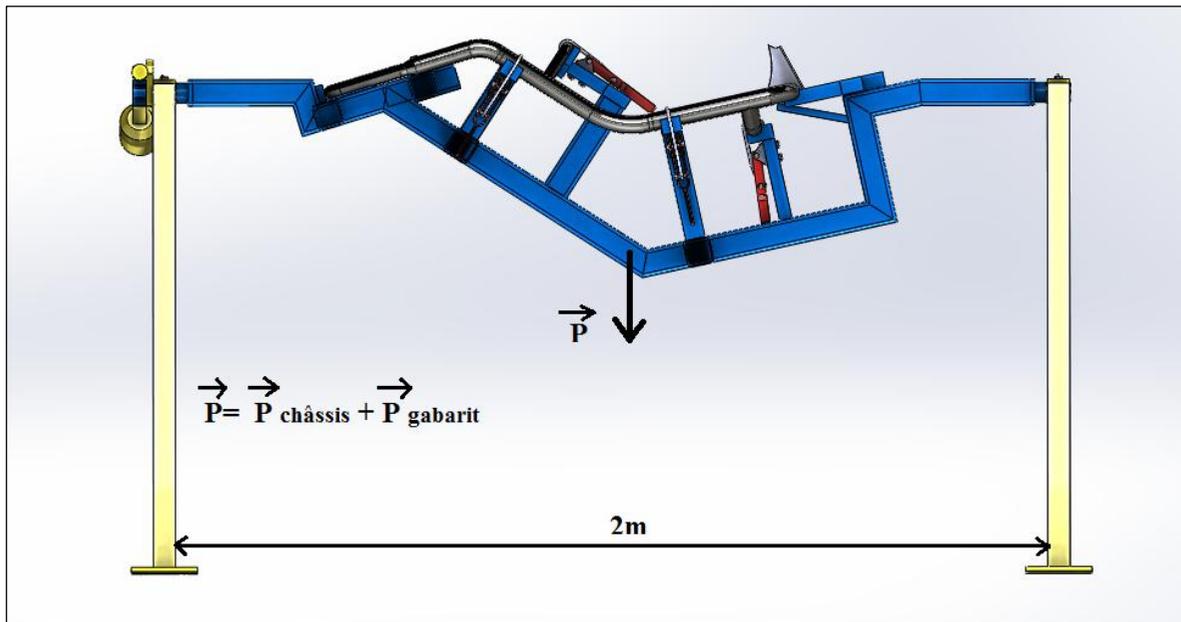


Figure III.32 Les poids agissant sur la base du gabarit

La base du gabarit supporte la charge transmise par le corps du gabarit, cette charge englobe le poids du corps du gabarit lui-même, celui du châssis à souder et des efforts appliqué par l'opérateur.

Pour étudier le comportement de la base, il faut d'abord connaître le type de force qui agit sur elle, On considère que le gabarit est une structure rigide qui ne présente pas de flexion lors du chargement, ça veut dire que le gabarit ne transmet aucune flexion à la base. Par contre il transmet une force de compression noté **(b)**, la base est aussi sollicitée par une force latérale notée **(a)** causé par des collisions des chariots ou appuis d'une structure externe.

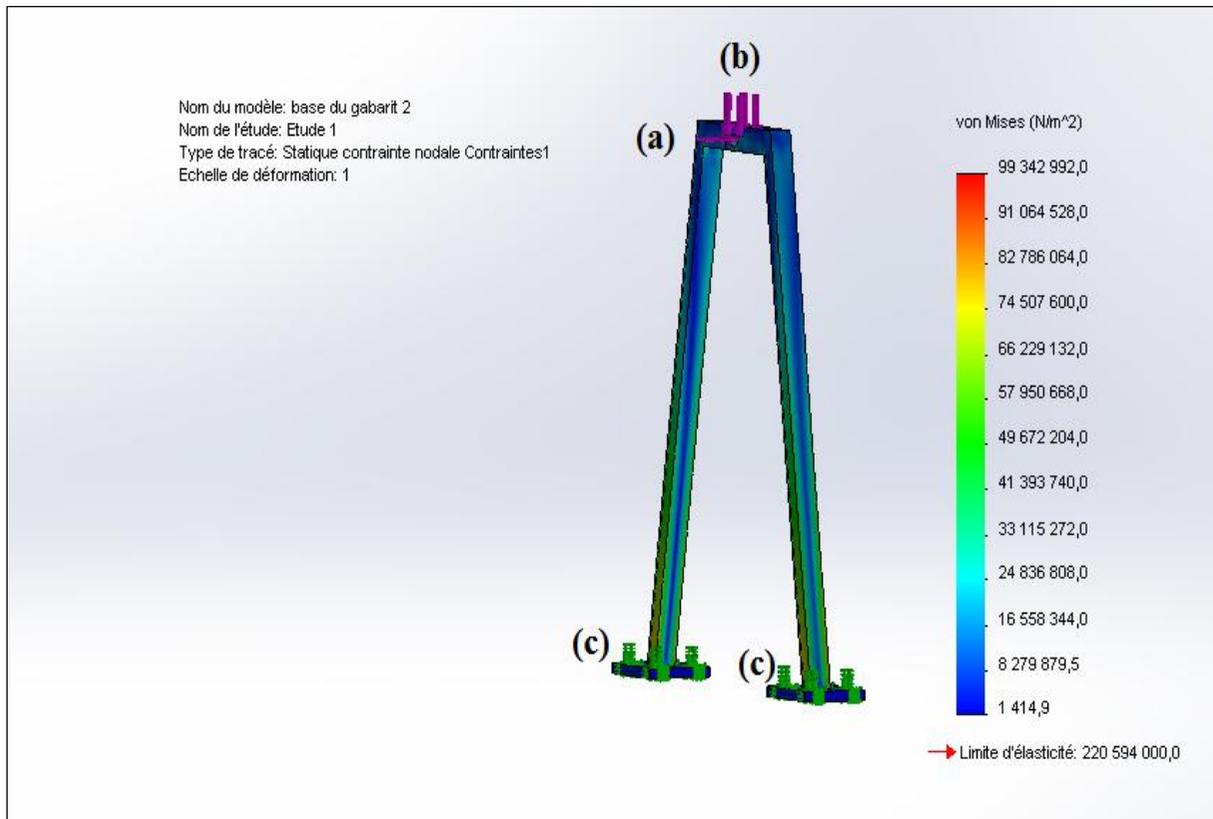


Figure III.33 Distribution des contraintes de Von mises sur les pieds de la base du gabarit avec (c) fixation, (a) un chargement latéral de 1000N et (b) un chargement vertical de 1000N

Nous remarquons que la valeur de la contrainte maximale est de 99.3 Mpa, inférieure à la limite élastique du matériau qui est de 220Mpa, les endroits les plus sollicités sont les faces latérales du profilé qui contiennent des zones faibles dans la zone de jonction à la plaque de fixation sur terre.

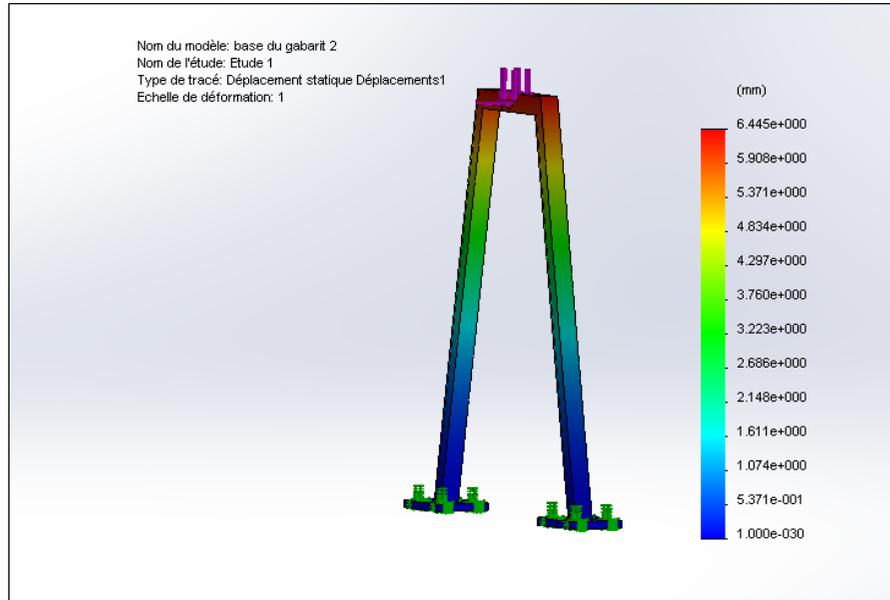


Figure III.34 Déplacement maximale sur la base du gabarit

Dans le tracé de déplacement, nous distinguons les zones à grand déplacement d'où la nécessité de faire des améliorations ou des renforcements pour écarter le risque de rupture dans ces endroits de concentration de contraintes.

Pour cela, nous avons ajouté des goussets dans la plaque de fixation pour favorisé l'axe fort du profilé.

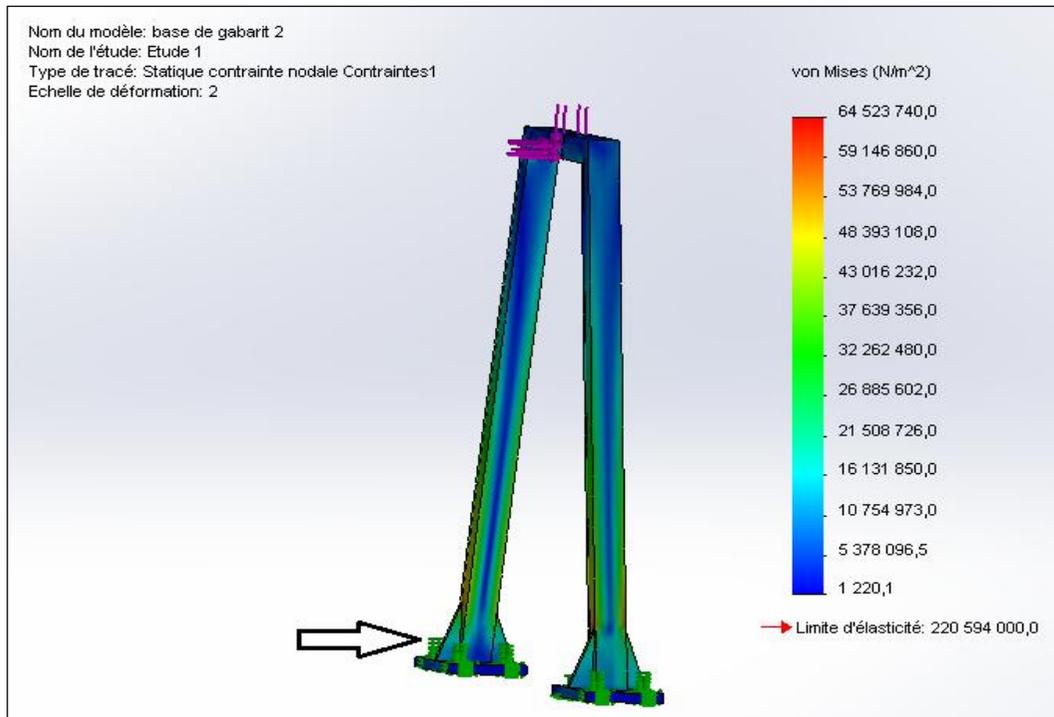


Figure III.35 Diminution de la contrainte maximale après ajout du gousset au niveau des pieds de la base du gabarit

Sur la (figureIII.35), nous remarquons une diminution de la contrainte maximale de Von mises de la structure de 99.3 Mpa à la valeur de 64.5 Mpa après avoir renforcé les zones de localisation des contraintes qui présentent la plus grande déformation.

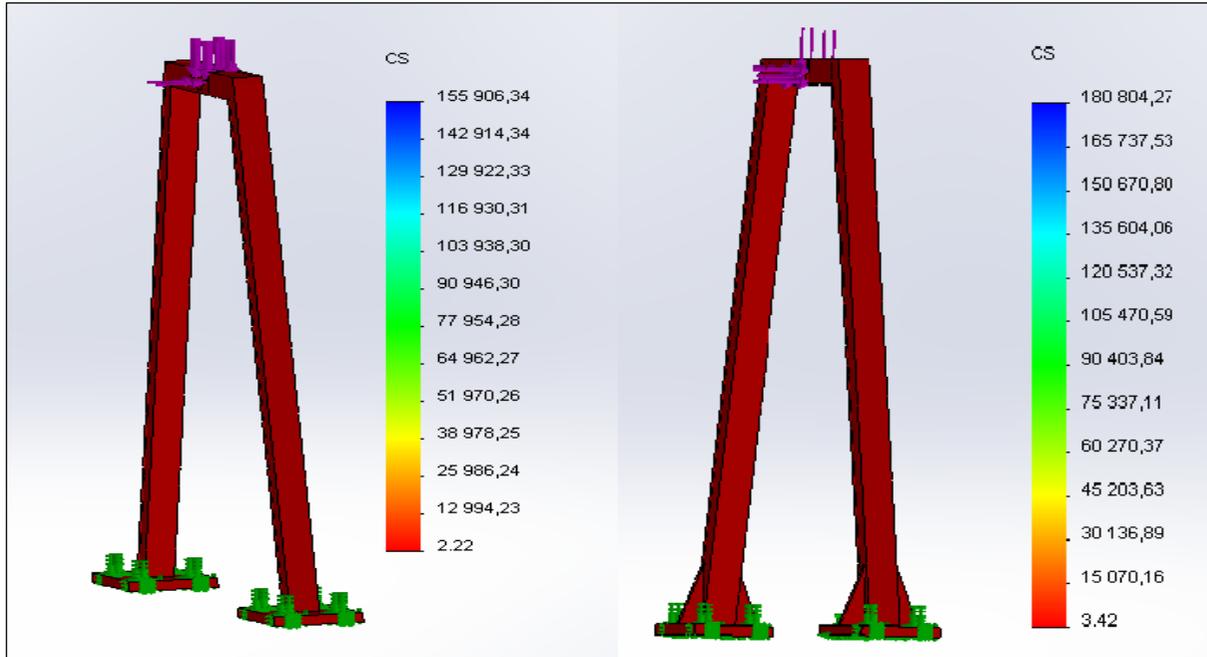


Figure III.36 Augmentation du coefficient de sécurité après renforcement par des goussets de la valeur CS min=2.2 à CS min=3.4

On remarque sur la (figureIII.36) une augmentation du coefficient de sécurité de la valeur **2.2** à **3.4**, c'est-à-dire que la valeur de la contrainte maximale est 3,4 fois inférieure à la limite élastique du matériau.

III.5.4 Simulation de la dent de blocage

La dent de blocage reçoit toutes les forces appliquées sur le corps du gabarit, pour maintenir le corps immobile pendant le travail, il faut qu'elle soit suffisamment résistante.

- **Calcul de la force agissante sur la dent de blocage.**

On dimensionne la dent de blocage pour le cas le plus défavorable, la force verticale étant au point au plus grand bras de levier.

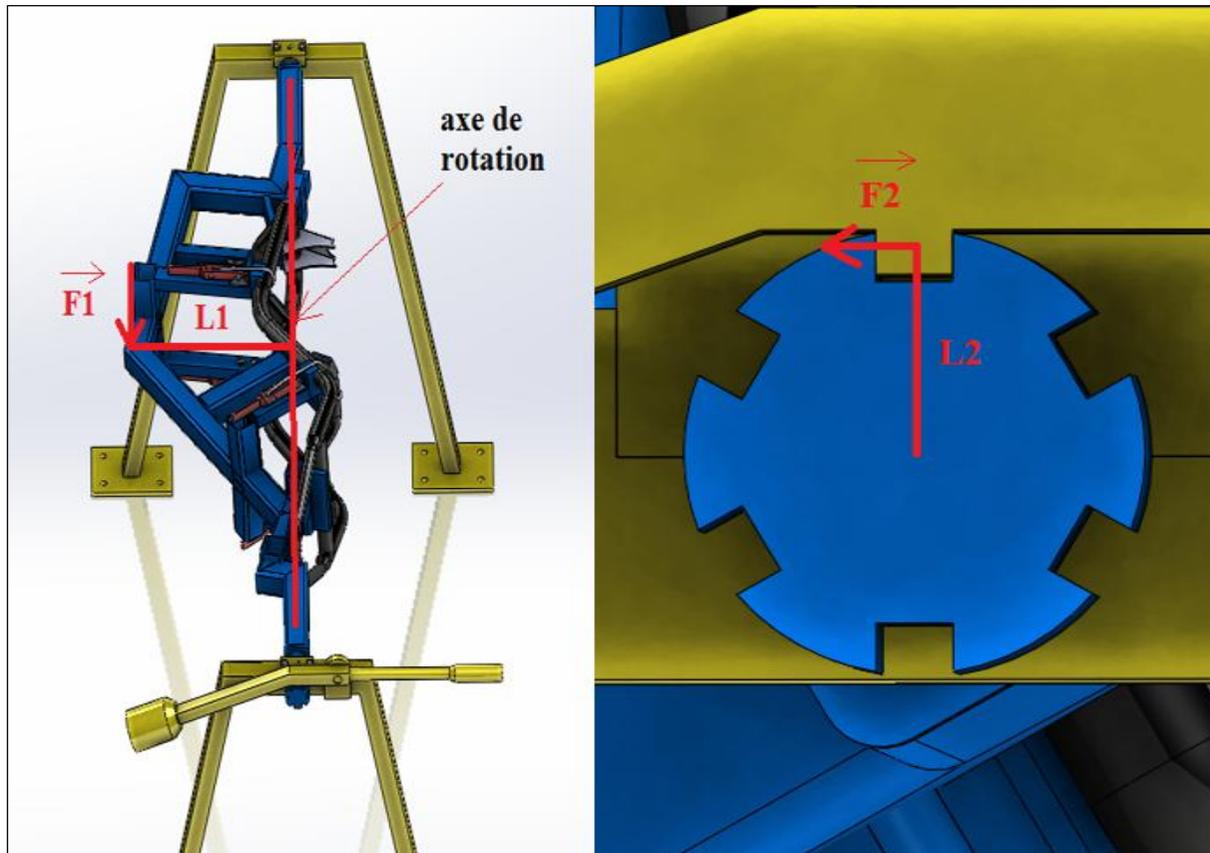


Figure III.37 Illustration de la force appliquée sur le corps de gabarit (**F1**) et la force générée sur la dent de blocage (**F2**)

$$F_1 = 1000\text{N}$$

$$L_1 = 400\text{mm}$$

$$L_2 = 30\text{mm}$$

$$1000 \cdot L_1 = F_2 \cdot 30$$

$$F_2 = \frac{1000 \cdot L_1}{L_2} \approx 13000\text{N}$$

La force que la dent de blocage subit est de 13000N

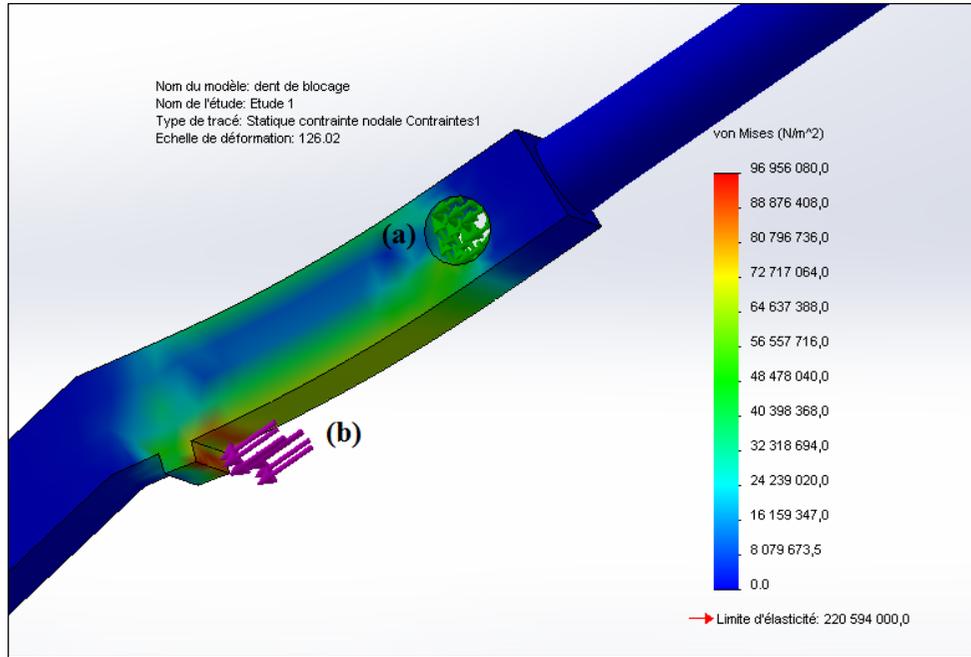


Figure III.38 Distribution de la contrainte de Von mises sur la dent de blocage avec (a) zone de fixation, (b) chargement de 13000N

Nous remarquons une localisation des contraintes sur la dent avec une valeur maximale de 96 Mpa qui est inférieure à la valeur de la limite élastique 220 MPa, ce qui nous donne le coefficient de sécurité de valeur **2.3** (figureIII.39).

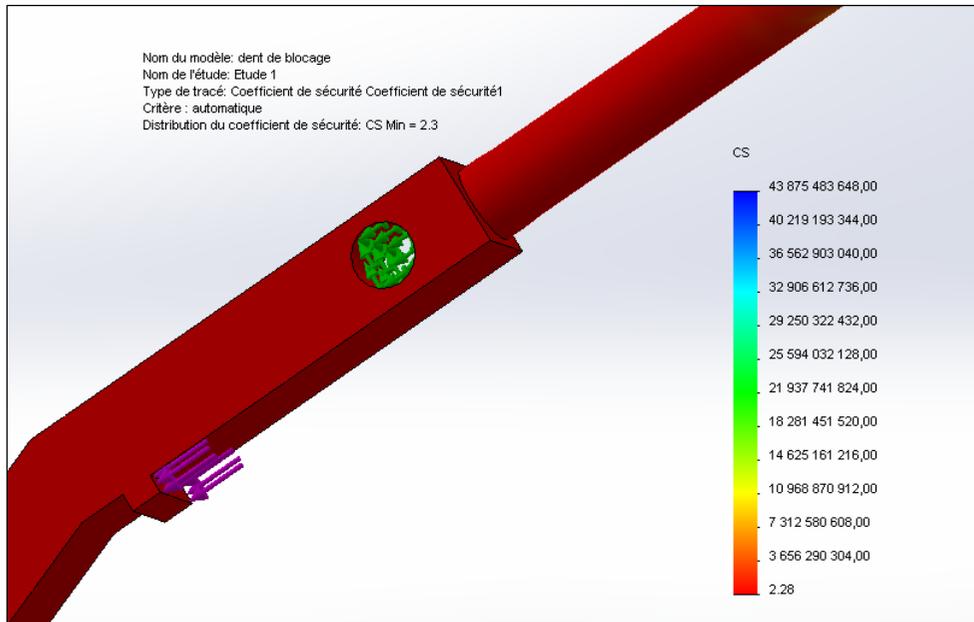


Figure III.39 Le coefficient de sécurité obtenue sur la dent de blocage CS min= 2.3

III.5.5 Simulation de la tige du bras de blocage

La tige qui maintient le bras de blocage reçoit la force transmise par la dent, la force est égale 13000N, donc la tige doit résister aux contraintes de cisaillement

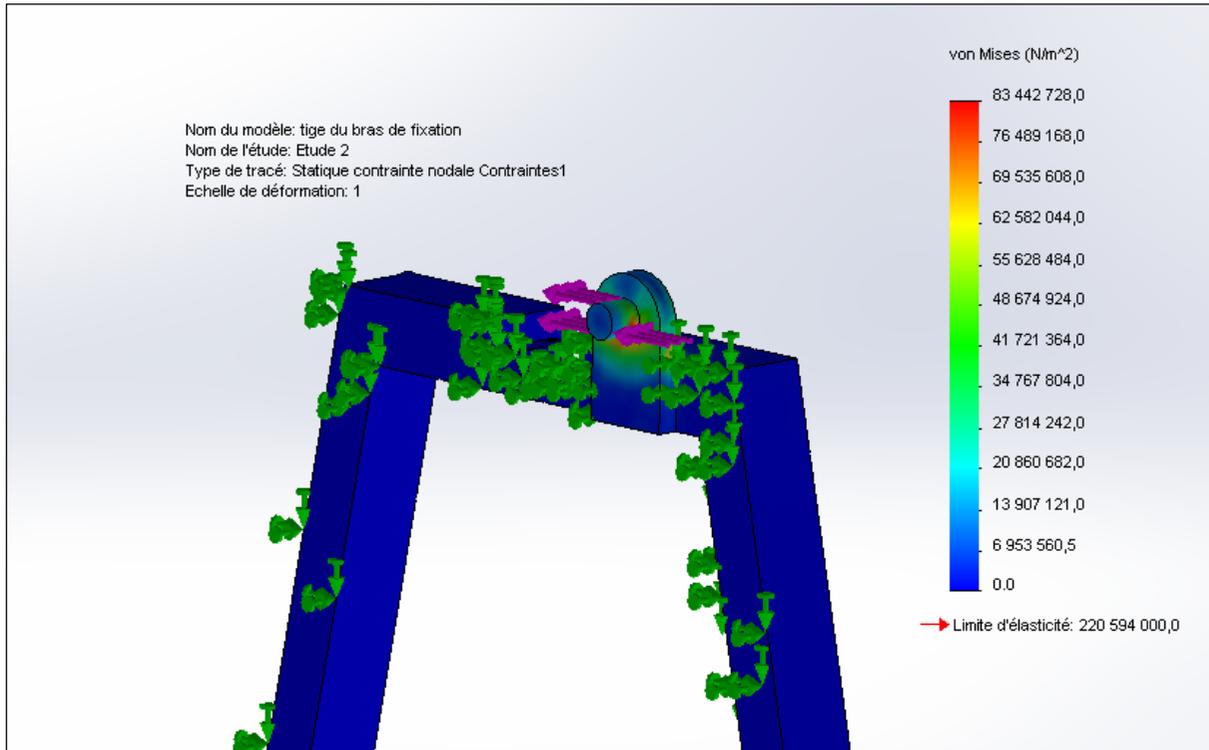


Figure III.40 Distribution de la contrainte de Von mises sur la tige du bras de fixation avec un chargement de 13000N

Nous avons pris un diamètre de 20mm de la tige, pour la force 13000N, la contrainte maximale obtenue est de 83 Mpa, elle est inférieure à la limite élastique du matériau qui est de 220Mpa, ce qui nous donne un coefficient de sécurité de 2.6, ce qui est suffisant pour que la tige résiste aux sollicitations.

III.5.6 Simulation du comportement du coussinet

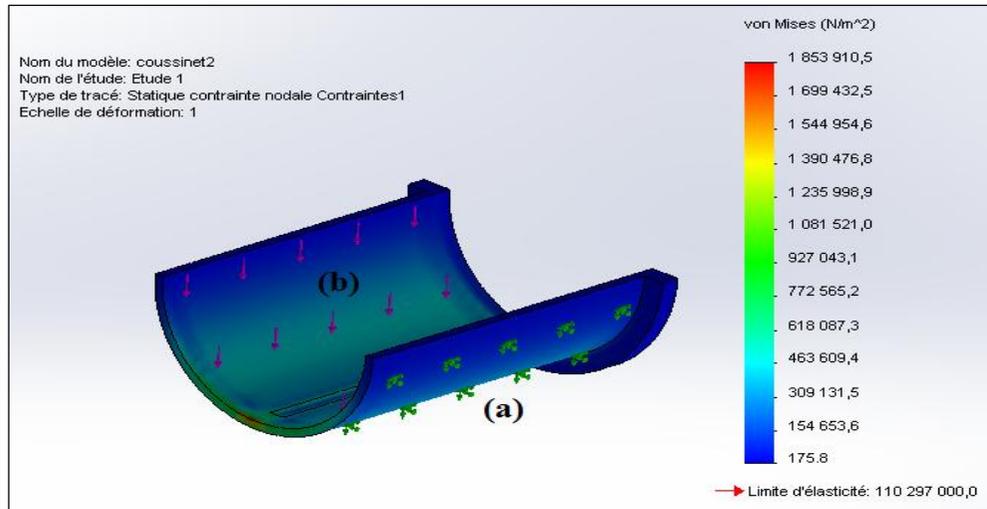


Figure III.41 Distribution de la contrainte de Von mises avec (a) fixation et (b) chargement du palier de 1000N

Pour assurer le guidage en rotation et de diminuer les frottements entre l'arbre tournant et le palier, nous avons opté pour la solution coussinet en bronze. Le coussinet est soumis à des chargements de type palier.

Il faut qu'il présente une petite déformation pour que la surface de contact reste la plus grande possible. Dans notre cas (figure III .41) le coussinet présente une bonne résistance envers le chargement appliqué. La contrainte de Von mises est négligeable par rapport à la limite élastique du matériau, donc le coussinet se comporte très bien vis-à-vis de la charge appliquée et présente un coefficient de sécurité de **59** (figure III .42)

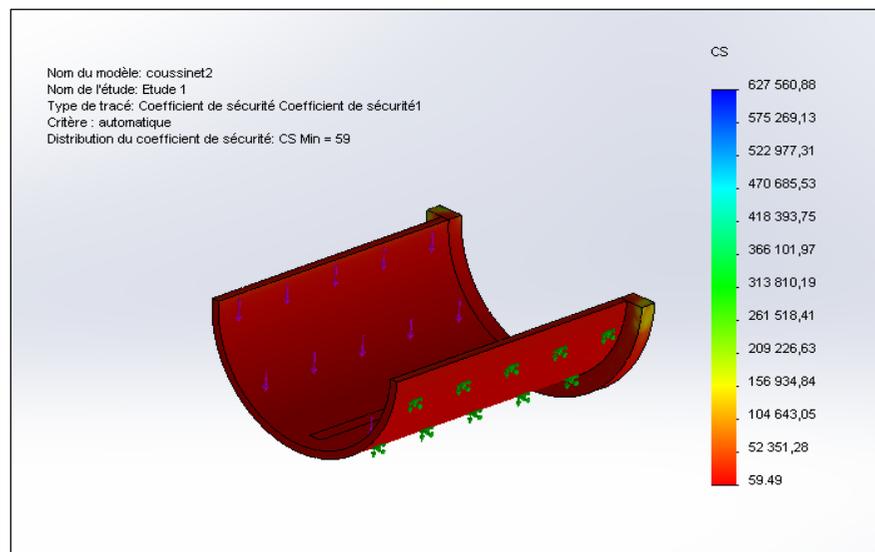


Figure III.42 Coefficient de sécurité du coussinet

Le coussinet va assurer son rôle de guidage en rotation et de minimiser le frottement entre le palier et l'arbre en rotation, le coefficient de sécurité obtenue est très grands, ça veut dire que la sollicitation imposée est négligeable par rapport à la limite élastique du matériau, ce qui lui assure une longue durée de vie.

Durant ce chapitre nous avons étudié le comportement des deux gabarits où nous avons détecté les zones faibles que nous avons renforcé afin d'atteindre une sécurité acceptable. Ainsi que le corps du deuxième gabarit que nous avons jugé important de le contrôler et effectivement nous avons trouvé des zones nécessitant des renforcements.

Conclusion générale

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 et 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 de deux gabarits permettant le montage par soudage du châssis de ce produit. L'étude est passé de la façon la plus adéquate au montage de ce châssis puis proposition d'une structure nous assurant un travail le plus conviviale possible, et enfin une étude de résistance faite avec le logiciel de conception assistée par ordinateur SolidWorks version 2012. En analysant le comportement de notre structure, par la suite nous avons ajouté des renforcements afin d'améliorer le mieux la résistance de ces structures.

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, *procède de soudage*, Edition DUNOD 2012.

[3] JEAN-PIERRE PLANCKAERT, **Thèse de Doctorat** de l'université de Nancy sous le thème : *"Modélisation du soudage MIG/MAG en mode short-arc"*, 1^{er} juillet 2008.

[4] EMILIE LE GUEN **Thèse de Doctorat**, université de Bretagne-sud sous le thème *"Etude du procédé de soudage hybride laser/MAG : Caractérisation de la géométrie et de l'hydrodynamique du bain de fusion et développement d'un modèle 3D thermique"* 04 Novembre 2010.

[5] JONATHAN MONGENOT **Thèse de Doctorat** de l'université de Toulouse sous thème *"Modélisation de l'interaction entre un arc électrique et matériau: application au soudage TIG "* 13 novembre 2013.

[6] GUILLAUME FILION **Mémoire de fin d'étude Master** de l'université Laval sous thème *"fabrication virtuelle et expérimentale de tubes d'aluminium de formes complexes par hydroformage"* 2011.

[7] GEORGES JAVEL *Organisation et gestion de la production-* 4ème Edition DUNOD 2010.

[8] CHOUA YAHYA **Thèse de Doctorat** de l'université paris-sud 11 sous le thème *"Application de la méthode des éléments finis pour la modélisation de configurations de contrôle non destructif par courants de Foucault"* 01 octobre 2009.

[9] HANIFA MAROUF **Mémoire de fin d'étude Master** de l'université de Mouloud Mameri Tizi-Ouzou sous le thème *"caractérisation structural et mécanique du joint soudé de la liaison bimétallique acier ordinaire E36/acier anti-usure NAXTRA70 utilisé par l'unité grue de Bejaia dans l'assemblage de la pelle chargeuse et godet d'excavation"* 2012.

[10] CONAN DES GARCH **Cours** *Elaboration des tubes en acier Caractéristiques des tubes Assemblage des tubes* 29/03/2010.

[11] BELLAGH KAMEL **Mémoire fin d'étude Master** de l'Université Mentouri Constantine sous le thème *calcul du facteur de concentration de contraintes dans les jonctions tubulaires soudées soumises à des chargements combinés.*

[12] MOREL-TREMBLAY, PIERRE-OLIVIER Et GILBERT, MARC-OLIVIER **Projet de conception en ingénierie** de l'Université du Québec à Chicoutimi sous le titre *Conception du châssis de la formule SAE 30 AVRIL 2010.*

[13] HICHEM BEKOUCHE **Mémoire de Fin d'Etudes Master** de l'Université de Biskra sous le thème *Optimisation de la vitesse de soudage à l'arc électrique des aciers* Juin 2013.

Annexe

Unités de pression

Tableau de conversion 1

Y	X	Pa N/m ²	MPa MN/m ²	Bar	mbar	mCE	mmCE	mmHg (Torr)	Psi	kp/cm ² (at)
1 Pa = 1N/m ²		1	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻²	1,02 • 10 ⁻⁴	1,02 • 10 ⁻¹	7,5 • 10 ⁻³	1,45 • 10 ⁻⁴	1,02 • 10 ⁻⁵
1 MPa = 1 MN/m ²		10 ⁶	1	10	10 ⁴	102	1,02 • 10 ⁵	7500	145	10,2
1 bar		10 ⁵	10 ⁻¹	1	10 ³	10,2	1,02 • 10 ⁴	750	14,5	1,02
1 mbar		10 ²	10 ⁻⁴	10 ⁻³	1	1,02 • 10 ⁻²	10,2	7,5 • 10 ⁻¹	1,45 • 10 ⁻²	1,02 • 10 ⁻³
1 mCE		9,81 • 10 ³	9,81 • 10 ⁻³	9,81 • 10 ⁻²	9,81 • 10 ⁻¹	1	10 ³	7,36 • 10 ¹	1,42	10 ⁻¹
1mmCE		9,81	9,81 • 10 ⁻⁶	9,81 • 10 ⁻⁵	9,81 • 10 ⁻²	10 ⁻³	1	7,36 • 10 ⁻²	1,42 • 10 ⁻³	10 ⁻⁴
1mmHg (Torr)		1,33 • 10 ²	1,33 • 10 ⁻⁴	1,33 • 10 ⁻³	1,33	1,36 • 10 ⁻²	1,36 • 10 ¹	1	1,93 • 10 ⁻²	1,36 • 10 ⁻³
1 psi		6,89 • 10 ³	6,89 • 10 ⁻³	6,89 • 10 ⁻²	6,89 • 10 ¹	7,03 • 10 ⁻¹	7,03 • 10 ¹	5,17 • 10 ¹	1	7,03 • 10 ⁻²
1 kp/cm ²		9,81 • 10 ⁴	9,81 • 10 ⁻²	9,81 • 10 ⁻¹	9,81 • 10 ²	10 ¹	10 ⁴	7,36 • 10 ²	1,42 • 10 ¹	1

Tableau de conversion 2

Unit	Multiply With	Unit				
From		To				
		kg/cm ²	N/mm ²	N/mtr ²	psi	Mpa
kg/cm ²		1.0	0.098	98000	14.205	0.09791
N/mm ²		10.2041	1.0	1000000	144.949	0.9991
N/mtr ²		1.02041 X 10 ⁻⁵	0.000001	1.0	0.000144949	9.991 X 10 ⁻⁷
psi		0.0704	0.00690	6898.98	1.0	0.006893
Mpa	10.2135	1.00092	1000919.2	145.0822	1.0	

Critère de plasticité

Un critère de plasticité, ou critère d'écoulement plastique, est un critère permettant de savoir, sous des sollicitations données, si une pièce se déforme plastiquement ou si elle reste dans le domaine élastique. De nombreux essais ont montré que l'on pouvait utiliser deux critères principaux : le critère de **Tresca-Guest** ou le critère de **Von Mises**. En résistance des matériaux, on désire parfois rester dans le domaine élastique, on parle alors de critère de résistance.

Limite d'élasticité

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

Coefficient de sécurité CS

Les coefficients de sécurité sont des paramètres permettant de dimensionner des dispositifs, lorsque l'on conçoit un dispositif, il faut s'assurer qu'il remplisse ses fonctions en toute sécurité pour l'utilisateur. Il faut pour cela connaître la charge à laquelle il sera soumis. Le terme « charge » est utilisé de manière générale : puissance électrique pour un circuit électrique, force pour un dispositif mécanique, ... Cela mène au dimensionnement du dispositif : choix de la section du fil débitant le courant, section de la poutre supportant la structure.

La condition de validation dit « à l'état limite ultime » (ELU) s'écrit :

$$S = \frac{\textit{limite d'élasticité}}{\textit{force appliquée}}$$

Contrainte de traction

La traction est une sollicitation qui consiste à tirer sur une poutre droite. Le contraire de la traction est la compression. Voir Essai de traction et Machine de traction.

Contrainte de flexion

D'une manière générale, le mot flexion désigne l'action de fléchir, de courber, de plier, ou son résultat. Plus particulièrement en science des matériaux, la flexion est un type de déformation de la matière.