

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

FACULTÉ DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

MASTER

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : CONSTRUCTION MÉCANIQUE

PAR :

ZEMMOURA MAHMOUD

Thème

Etude de conception et dimensionnement d'un châssis de moto à benne de la SARL « VMS »

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

Pr. BRADAI Mohand Amokrane	Président
Dr. IDIR Abdelhek	Rapporteur
Dr. METHIA Mounir	Examineur

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Remerciements

Nous remercions en premier lieu Dieu de nous avoir donné le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon promoteur, Dr IDIR Abdelhek, pour sa disponibilité et ses aides précieuses dans la réalisation de mon travail.

Je remercie l'entreprise de vms et tout leur personnel de m'avoir accompagné dans ce projet et pour toutes les informations et conseils qu'ils m'ont donnés ainsi ceux qui ont contribué au développement de mon parcours universitaire.

Je remercie également tous les enseignants du département de génie mécanique, plus particulièrement à Mr BEKKA Djamel.

Mes remerciements vont aussi à tous ce qui, de près ou de loin, ont eu l'amabilité de contribuer à la réalisation de mon présent projet.

Je remercie chaleureusement les membres du jury d'avoir accepté de consacrer de leur temps pour juger ce travail.

Mes remerciements vont également vers mes très chers parents pour leur amour, patience, confiance, éducation et sacrifices, et leur soutien, sans oublier nos très chers frères et sœurs.

Merci à vous tous.

Dédicaces

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce travail à ma famille qui m'a doté d'une éducation digne, leur amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

A MON TRES CHER PERE, Autant de phrases et d'expression aussi éloquentes sont-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ton encouragement est pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Que dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur et te protège de tout mal.

A MA TRES CHERE MERE, Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. Ce travail est signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te préserve, te donne santé, bonheur et longue vie.

A mes chers amis merci pour le soutien et l'aides que vous m'avez apporté durant ce travail.

Sommaire

Sommaire

Introduction générale	1
I. Généralités sur les châssis.....	3
I.1 Définition.....	3
I.2 Les longerons du châssis	3
I.3 Les fonctions d'un châssis.....	5
I.4 Caractéristiques de conception	5
I.5 Différents types de châssis.....	6
I.5.1 Châssis poutre	6
I.5.2 Châssis en échelle / en H.....	6
I.5.3 Châssis plateforme	7
I.5.4 Châssis monocoque (1963 – 1980)	8
I.5.5 Châssis tubulaire en acier (1950 – 1962)	9
I.6 Conclusion	10
II. Châssis Tubulaire et Procédés de D'assemblage	11
II.1 Définition du châssis tubulaire	11
II.2 Conception du châssis tubulaire	11
II.3 Avantages du châssis tubulaire	11
II.4 Inconvénients du châssis tubulaire	11
II.5 Choix du matériau des châssis tubulaires	12
II.5.1 Caractéristiques de résistance des tubes.....	12
II.5.2 L'intérêt des tubes pour la fabrication d'un châssis tubulaire.....	12
II.6 Le découpage	13
II.6.1 La découpe laser.....	13
II.6.2 La découpe plasma	14
II.7 Cintrage des tubes.....	15
II.7.1 Techniques de cintrage.....	16
II.8 Le soudage	19

II.8.1	Le soudage avec électrode enrobée	19
II.8.2	Le soudage TIG	20
II.8.3	Le soudage MIG/MAG	21
II.9	Conclusion	22
III.	Conception du châssis de moto à benne	23
III.1	Présentation de logiciel SolidWorks.....	23
III.2	Le modèle à étudier.....	23
III.3	Procédures de conception dans Solidworks.....	24
III.3.1	Réalisation de la pièce.....	24
III.3.2	Définition du matériau	25
III.4	Les étapes de conception de notre châssis	25
III.4.1	Création des pièces :.....	25
III.4.2	Assemblage de partie arrière et partie avant du châssis :.....	26
III.5	Conclusion	27
IV.	Etude et Simulation Numérique Par SolidWorks	28
IV.1	Efforts appliqués au châssis.....	28
IV.1.1	Efforts appliqués au repos	28
IV.1.2	Torsion du châssis	28
IV.2	Méthode de calcul.....	29
IV.2.1	Logiciel utilisé.....	29
IV.3	Propriétés du modèle	29
IV.3.1	Section.....	29
IV.3.2	Matériau	30
IV.3.3	Les grandeurs de modèle.....	31
IV.4	Analyse statique.....	32
IV.4.1	Maillage appliqué.....	32
IV.4.2	Etude de flexion	34
IV.4.3	Etude de torsion.....	38
IV.5	Dossier technique.....	39

IV.6	Conclusion	39
V.	Calcul de soudage	40
V.1	Soudage.....	40
V.1.1	Calcul de cordon de soudure	40
V.1.2	Les forces appliquées	41
V.2	Conclusion	49
	Conclusion générale	50

Listes des figures

Liste des figures

Figure I-1 Châssis de Pick-up. [1].....	3
Figure I-2 Châssis personnalisé hautes performances. [1].....	4
Figure I-3 Châssis poutre. [14].....	6
Figure I-4 Châssis en échelle H. [15].....	7
Figure I-5 Châssis plateforme. [16]	7
Figure I-6 châssis monocoque en aluminium. [4].....	8
Figure I-7 Structure en nid d'abeille. [4].....	9
Figure I-8 Châssis tubulaire en acier. [17]	10
Figure II-1 Principe d'une découpe laser. [18].....	13
Figure II-2 Principe d'une découpe plasma [19]	14
Figure II-3 Cintrage d'un tube avec utilisation d'un mandrin interne. [8].....	16
Figure II-4 Schématisation du cintrage par compression. [8].....	17
Figure II-5 Schématisation du cintrage par enroulement. [8]	17
Figure II-6 Schématisation du cintrage par tension-rotation. [8].....	18
Figure II-7 Schématisation du cintrage par cisaillement. [8].....	18
Figure II-8 Illustration de soudage à l'électrode enrobée. [20]	20
Figure II-9 Schématisation du soudage TIG. [10]	21
Figure II-10 procédé de soudage MIG/MAG. [21].....	22
Figure III-1 Moto à benne tricycle.....	24
Figure III-2 Partie avant du châssis.....	25
Figure III-3 la partie arrière du châssis.	26
Figure III-4 la forme complète du châssis état initial.	26
Figure III-5 Forme finale du châssis de la moto à benne.	27
Figure IV-1 Roues sur une route ondulée	28
Figure IV-2 Profil des poutrelles utilisées pour la conception du châssis.	29
Figure IV-3 Structure de notre châssis à étudier.	30
Figure IV-4 Position de centre de gravité.	31
Figure IV-5 Maillage de la structure.	33
Figure IV-6 Maillage de la structure échelle agrandis.	33
Figure IV-7 Chargements appliqués sur la structure.....	34
Figure IV-8 Contrainte Von Mises sur SolidWorks.	35
Figure IV-9 Déplacement total.....	36
Figure IV-10 Déformation équivalente élastique du châssis.	37

Figure IV-11 Distribution du coefficient de sécurité au châssis.	37
Figure IV-12 Contrainte de Torsion sur SolidWorks.....	38
Figure V-1 Cordon de soudure. [22]	40
Figure V-2 Chargements maximales appliqués sur la structure.....	42
Figure V-3 Contrainte Von Mises de chargement maximal sur SolidWorks.....	43
Figure V-4 Déplacement total du châssis sous chargements maximales.	43
Figure V-5 Déformation équivalente élastique sous chargements maximales.....	44
Figure V-6 Echelle de déformation sous chargements maximales.	44
Figure V-7 distribution du coefficient de sécurité du châssis sous chargements maximales.....	45
Figure V-8 la partie la plus sollicité de la structure.	46
Figure V-9 Taille de soudure estimée.	46
Figure V-10 Paramètres de cordon de soudure ainsi que sa taille estimée.	47
Figure V-11 Tracé de taille du cordon de soudure.....	48

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau IV-1 Unités utilisé.....	29
Tableau IV-2 Caractéristique mécanique du matériau S235JR	30
Tableau IV-3 Propriétés chimiques de l'acier S235JR	31
Tableau IV-4 Propriétés des études de l'analyse statique.....	32
Tableau V-1 coefficient β_w et γ_{Mw} . β_w [23].....	41

Introduction générale

Introduction générale

En zone urbaine des pays subsahariens, les moyens de transport individuel sont très répandus à cause de l'insuffisance des réseaux et équipements de transport en masse. Cette insuffisance est d'ailleurs due à une croissance trop rapide et incontrôlée des zones urbaines et un afflux important des populations des zones rurales vers celles-ci (zones urbaines). Le besoin croissant en mobilité de la population et l'indiscipline des conducteurs sont les causes essentielles des ralentissements injustifiés du trafic urbain. Les réponses à ce problème étant inéluctablement pour l'instant les transports de masse, les solutions adoptées sont intimement liées au niveau du développement du pays auquel appartient la ville. Les pays du Sud qui plus est, brillent par une extension anarchique en inadéquation avec l'aménagement des voies d'accès à certains centres d'intérêts, ont vu émerger la moto communément appelée « Tricycle Moteur de Ville ».

Ce moyen de transport (la moto) a des avantages avérés tels que le souci de l'utilisateur de se voir déposer devant sa porte, le gain de temps dû au fait que la moto se faufile et ne fait presque pas de ramassage, l'accès à des zones rurales enclavées. D'autres événements ont participé à imposer ce moyen de transport en région kabyle (montagnes), en régions sub-saharienne...etc. En Algérie par exemple, AS Motors est le premier constructeur privé de véhicules motocycles. Créée en 2010 par Mr Walid Khababa, cette entreprise a débuté son activité avec les tricycles pour personnes à mobilité réduite avec de longues années d'effort dans les procédés de fabrication. Pourvue d'une grande expérience dans le domaine de l'assemblage, AS Motors a su se diversifier en développant aussi une large gamme de scooters et de motos pour le grand public, il y a aussi VMS Industrie (Viva Motors Saigh) créée en 2014 dans la région d'Ifri Ouzellaguen, leader dans le secteur motocycle et la première entreprise algérienne à se lancer dans le créneau du montage de scooters., cette marque algérienne est devenue l'une des plus appréciées par les utilisateurs de tout âge.

Cependant, il n'en demeure pas moins que ce moyen de transport constitue un danger sanitaire (réurrence d'accidents graves), environnemental (la pollution) et économique (perturbation de la circulation). L'Algérie est l'un des pays les plus touchés par les accidents de circulation. Chaque année, plus de 25000 accidents surviennent en Algérie faisant près de 4000 décès, plus de 35000 blessés et environ 3000 à 4000 nouveaux handicapés. Dans l'optique de trouver une alternative au fléau de la moto, un « transport » a été proposé dont l'objectif est la conception d'un véhicule modulable urbain (VMU) ultra compact. Celui-ci aura quasiment la même capacité de pénétration dans notre réseau routier que la moto, mais avec une bonne garantie de la sécurité de personnes transportées et le respect de l'environnement. L'approche des véhicules modulables est aussi intéressante pour l'avènement des automobiles autonomes et de l'électro-mobilité. Ce travail sera en grande partie focalisé sur la conception, le dimensionnement et l'analyse statique du châssis

Introduction générale

amovible d'une tricycle moteur de ville. Ce projet de mémoire a été inscrit dans le cadre d'une collaboration avec entreprise VMS Industrie Bejaia, dont j'ai bénéficié d'un stage pratique d'une durée d'un mois. Dans un premier temps je me suis fait familiariser avec l'entreprise et les différents ingénieurs. Dans second temps, nous avons entamé notre conception qui consiste en un châssis d'une tricycle moteur de ville designer au transport urbain, plus particulièrement le transport de la marchandise (fellah) dans les zones subsahariennes, ou les montagnes kabyle. Pour ce faire nous avons réalisé le projet sur un logiciel de conception et de dimensionnement (SolidWork).

Généralités sur les châssis

I. Généralités sur les châssis

Le développement du châssis est primordial si l'on veut améliorer les caractéristiques des véhicules. Sa conception a beaucoup évolué pour aujourd'hui atteindre un excellent compromis entre légèreté, aérodynamisme et fiabilité mécanique [1].

Dans ce chapitre, nous allons faire une présentation générale sur les châssis des véhicules. Ainsi, nous présentons les différentes solutions de leurs types et caractéristiques.

I.1 Définition

Le châssis est le principal soutien de la structure du véhicule à moteur sur lequel tous les autres composants sont attachés.

I.2 Les longerons du châssis

Le longeron d'une voiture fait partie intégrante du châssis de cette dernière. Constitués d'acier au carbone ou d'alliages d'aluminium, les longerons constituent des éléments assurant la rigidité du véhicule. Ils sont situés de part et d'autre du châssis et sont souvent les premiers touchés lors d'un choc ou d'un accident.

Le longeron de voiture est une des pièces indispensables constituant le châssis du véhicule. Comme le châssis est soumis à de grandes tensions, notamment lors des phases de freinage, d'accélération ou au sein des virages les plus serrés, il nécessite d'être renforcé par des éléments métalliques rigides.

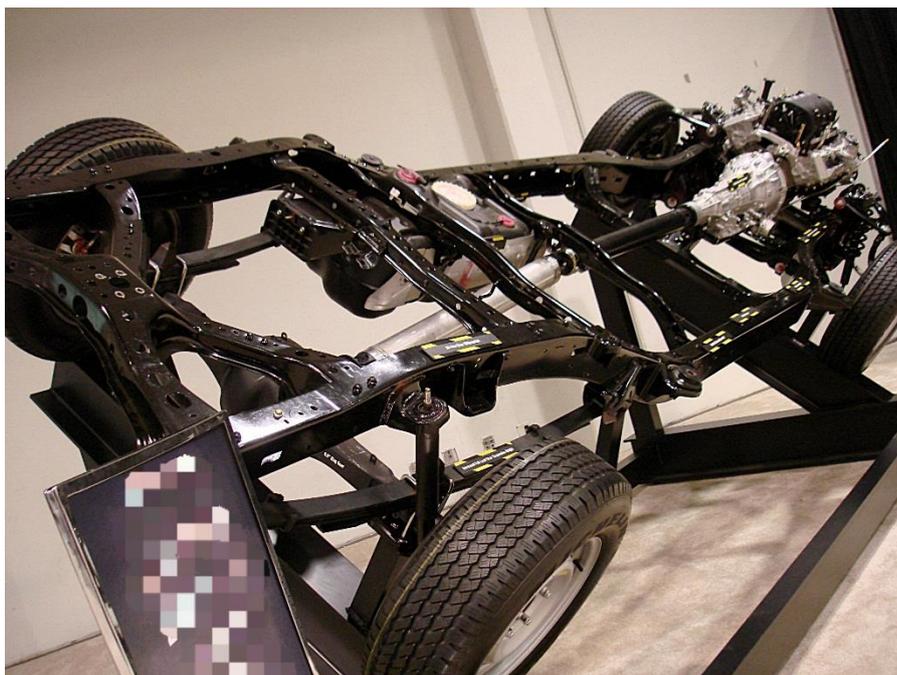


Figure I-1 Châssis de Pick-up. [1]

Les longerons ont une hauteur variable car ils constituent les parois verticales du châssis dont la forme et la taille dépendent du modèle de véhicule. Ce sont de grandes barres en fer dont le rôle est d'assurer la rigidité de la voiture.

À cause de leur positionnement, ce sont souvent les premiers à être pliés ou tordus lors d'un choc. Généralement, le longeron porte la carrosserie du véhicule et se situe sur les côtés et à l'avant du véhicule. L'aile de votre voiture est fixée sur le longeron tandis que le longeron avant peut être démonté aisément avec la traverse.



Figure I-2 Châssis personnalisé hautes performances. [1]

Afin que le longeron soit maintenu en place, il est soudé aux roues et au tablier. Ainsi, c'est un élément indispensable pour la sécurité de votre voiture et notamment en cas de collision car le longeron peut se déformer de façon plus ou moins importante.

Les longerons d'une voiture sont placés de part et d'autre du châssis sur les parties latérales mais également à l'avant du véhicule. Ils ne sont pas visibles de prime abord car ils sont

situés sous la carrosserie : un démontage est nécessaire donc pour les observer et vérifier leur état de santé.

Ces caissons de tôle d'acier sont peints avec une peinture antirouille afin de maximiser leur durée de vie et éviter que ces derniers ne soient attaqués par de la rouille qui les détériorerait [1].

I.3 Les fonctions d'un châssis

Les principales fonctions d'un châssis dans les véhicules à moteur sont les suivantes [2] :

1. Porter les composants mécaniques et la carrosserie.
2. Traiter les forces statiques et dynamiques, sans trop de flèche ni de distorsion.

Ces forces comprennent :

- Le poids du moteur, de la carrosserie, des passagers et des cargaisons.
- La traction longitudinale au démarrage et à l'accélération, ainsi que la compression au freinage.
- Les torsions verticales et longitudinales transmises en circulant sur des surfaces inégales.
- Des forces latérales causées par les conditions de la route, le vent et le pilotage du véhicule.

I.4 Caractéristiques de conception

Tout en paraissant au premier abord comme une simple armature de métal, le châssis est soumis à de grandes tensions et compressions et est construit en conséquence. Le premier thème abordé est la hauteur des longerons, ou hauteur de la paroi verticale du châssis. Plus elle est élevée, plus le châssis résistera aux flexions verticales lorsqu'une force est appliquée à sa partie supérieure. C'est la raison pour laquelle les semi-remorques ont de plus hauts rails de châssis que d'autres véhicules au lieu d'être simplement plus épais.

Quand l'aspect, la qualité de la conduite et la tenue de route deviennent de plus en plus importants pour les consommateurs, de nouvelles formes sont intégrées dans les châssis. Les parties les plus visibles sont les arcs et les renforcements. Au lieu de courir tout droit sur les deux essieux, les châssis sont arqués pour asseoir leur partie inférieure à peu près au niveau des axes et courbés sur les essieux avant de redescendre de l'autre côté pour le placement des pare-chocs. Les renforcements servent aussi au passage des axes et des roues, mais ne se courbent pas vers le bas de l'autre côté, et sont plus fréquents sur les extrémités avant.

On peut rencontrer des rails étroits coniques à l'avant de l'habitacle du véhicule. Cela se fait principalement sur les camions afin de réduire le poids et d'augmenter légèrement la place pour le moteur à l'avant du véhicule qui ne porte pas autant de poids que le chargement à l'arrière. Les

développements de conception ont créé des châssis qui utilisent plus d'une forme dans le même longeron. Par exemple, certains camions ont un châssis boîte à l'avant de la cabine, des longerons plus courts et plus étroits sous la cabine et des profils en C sous le lit [2].

I.5 Différents types de châssis

Le châssis est la pièce maîtresse de la voiture, découvrez les différents types et les évolutions dans le temps.

I.5.1 Châssis poutre

Ce type de châssis constitue principalement d'une poutre centrale de gros calibre qui parcourt le véhicule dans sa longueur. La carrosserie est fixée au-dessus de cette dernière, il y a donc séparation entre cellule habitacle et châssis. Sa résistance face aux chocs latéraux est moyenne [3].



Figure I-3 Châssis poutre. [14]

I.5.2 Châssis en échelle / en H

Ce type de châssis est encore utilisé sur les camions et quelques 4X4 tel le vieillissant mais non moins apprécié classe G de Mercedes. Il ressemble un peu au châssis poutre sauf qu'au lieu de reposer sur un axe principal il est constitué de plusieurs sections métalliques qui forment une sorte de H ou même d'échelle, d'où son nom.

Parmi les avantages, on peut citer sa bonne capacité à subir les lourdes charges (camions ou encore croisements de ponts en utilisation tout terrain). De ce fait, il est aussi assez facile à réparer en cas de déformation (passage au marbre). Hélas, le fait qu'il ne soit pas solidaire avec la caisse le rend bien moins efficace en cas de choc, car il n'y a pas de coordination entre habitacle et châssis. On peut donc se retrouver avec deux types de phénomènes en cas de choc :

S'il se désolidarise à ce moment-là, le châssis peut glisser vers l'arrière sans absorber le choc tandis que le haut (la cabine qui abrite les occupants) s'écrase en subissant le plus de contrainte. Si l'ensemble reste solidaire, le châssis qui est très rigide ne va pas se déformer : la décélération sera alors telle que les passagers risquent de ne pas survivre (les organes ont une limite en ce qui concerne le nombre de G encaissés). C'est le fameux problème des voitures trop résistantes à l'époque.

En revanche, si l'auto percute un obstacle déformable (ex : voiture qui arrive en pleine face), c'est l'obstacle qui va le plus amortir le choc. Donc dans ce cas il vaut mieux être passager du 4X4 rustique que de l'auto moderne qui va se plier fortement, malgré tout il reste difficile de faire des généralités car les variables peuvent largement diverger d'une auto à l'autre [3].



Figure I-4 Châssis en échelle H. [15]

I.5.3 Châssis plateforme

Très ressemblant au châssis échelle, il bénéficie cette fois d'un plancher. La coque qui sera greffée par-dessus n'aura donc pas à avoir de "sol". On pourrait donc ici presque conduire la voiture sans sa cabine contrairement aux autres types de châssis de cet acabit [3].



Figure I-5 Châssis plateforme. [16]

I.5.4 Châssis monocoque (1963 – 1980)

De manière générale, on peut définir le châssis monocoque comme un caisson sur lequel vient s'ajouter les autres pièces de véhicule. Ce type de châssis joue à la fois le rôle de châssis et de coque extérieure.

- **Châssis monocoque en aluminium**

Le choix de l'aluminium n'a lui non plus pas été fait au hasard. Parmi ses nombreuses caractéristiques, l'aluminium est le métal le plus léger après le lithium et le magnésium et il a une bonne résistance à la corrosion. De plus, l'aluminium est un métal robuste. En effet, bien que les caractéristiques de l'aluminium pur soient faibles, la réalisation d'alliage à base d'aluminium permet d'obtenir des matériaux résistants pouvant avoir une charge de rupture supérieure à 700 MPa, donc largement équivalente à celles des aciers trempés. L'utilisation d'alliages à base d'aluminium permet donc de concevoir des châssis résistants et très nettement plus légers que les châssis en acier, l'aluminium étant 3 fois moins dense que l'acier [4].



Figure I-6 châssis monocoque en aluminium. [4]

- **Châssis monocoque en aluminium avec une structure en nid d'abeille**

Par la suite, le monocoque rigide en aluminium céda la place à un châssis en nid d'abeille en aluminium. La structure en nid d'abeille est un alliage d'aluminium ou un papier polyamide. Parmi ses avantages, on peut citer sa très bonne résistance aux impacts, à la fatigue et aux efforts de compression et de flexion. Mais son plus grand avantage vient du fait qu'à résistance égale, le gain en masse peut aller jusqu'à 66% par rapport à un matériau classique [4].

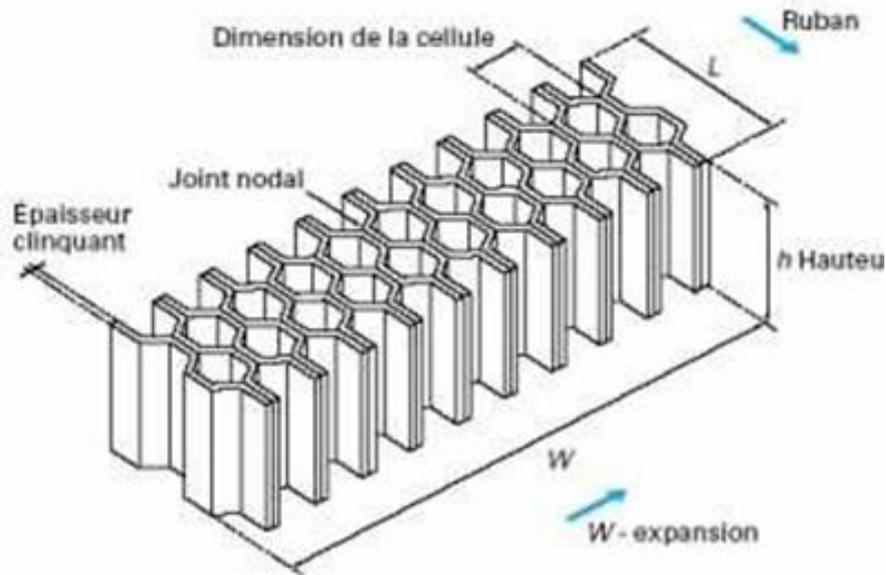


Figure I-7 Structure en nid d'abeille. [4]

I.5.5 Châssis tubulaire en acier (1950 – 1962)

On peut définir de manière générale le châssis tubulaire comme une cage constituée de tubes d'acier soudés les uns aux autres.

Il fût le premier type de châssis à être utilisé dans la compétition. Bien qu'actuellement il soit supplanté par d'autres types de châssis, il reste encore utilisé lors de la conception de voiture à coût réduit.

Sa structure composée de tubes (profile rond, carré ou rectangulaire) en acier offre une grande rigidité ainsi qu'une très bonne résistance aux chocs en cas d'accident. Il encaisse plus aisément les contraintes imposées par les suspensions et garantit ainsi un bon comportement du véhicule. La solidité de l'acier autorise à concevoir une structure à la fois compacte et résistante. La compacité de la voiture étant un atout en matière d'agilité et d'efficacité aérodynamique.

D'un point de vue économique le châssis tubulaire en acier est particulièrement adapté à une production en petite série. Cependant au début des années soixante, la volonté grandissante des écuries à vouloir améliorer les performances de leurs voitures ont amené à la création d'un tout autre type de châssis : le châssis monocoque [4].



Figure I-8 Châssis tubulaire en acier. [17]

I.6 Conclusion

Comme nous venons de le voir, le châssis dans un véhicule constitue un enjeu majeur dans la vie humaine. C'est par volonté d'améliorer leurs performances, la conception des châssis a toujours bénéficié des meilleures innovations de chaque époque.

Les chapitres suivants feront l'objet d'une conception et l'étude d'un châssis tubulaire.

Châssis Tubulaire et Procédés de D'assemblage

II. Châssis Tubulaire et Procédés de D'assemblage

Le châssis est l'ossature du véhicule. Il permet de supporter leurs différents éléments. Le châssis tubulaire est un format particulièrement léger, généralement utilisé par les véhicules de compétition et très difficile à se procurer dans un cadre quotidien.

II.1 Définition du châssis tubulaire

Le châssis tubulaire, est composé uniquement de tubes soudés entre eux de façon à apporter une rigidité optimum très léger, on le trouve généralement sur les véhicules spécifiquement créés pour la compétition (Formule1, prototypes de rallye, etc.) et sur les véhicules de sport haut de gamme (Ferrari, Lamborghini, etc.).

II.2 Conception du châssis tubulaire

La conception de ce type de châssis est assurée par des constructeurs spécialisés dans les châssis de compétition ce sont souvent de petites sociétés ou artisans (Caze compétition, olmèque Sport). Il existe aussi des structures plus imposantes comme Poulain Véhicules, qui possèdent un bureau d'études avec Conception Assistée par Ordinateur [4].

II.3 Avantages du châssis tubulaire [4]

- Meilleure rigidité.
- Centre de gravité abaissé.
- Légèreté.
- Protection contre les chocs latéraux et renforcement de la cellule de survie.
- Coût faible.
- Réalisation facile (par rapport à un châssis classique monocoque).

II.4 Inconvénients du châssis tubulaire [4]

- Réalisation artisanale.
- Nombreuses soudures, demandant une grande maîtrise technique.
- Réservé à la fabrication à l'unité ou aux très petites séries.
- Type de châssis difficilement homologable réservé principalement à la compétition sur circuits ou routes fermées.

II.5 Choix du matériau des châssis tubulaires**II.5.1 Caractéristiques de résistance des tubes**

- **Résistance à la torsion**

Les tubes résistent assez bien en torsion, d'ailleurs, ont démontré que théoriquement, pour un même poids, la résistance à la torsion d'un tube rond courant est de 100 à 150 fois plus élevée que celle d'un autre profilé, quel qu'il soit.

Cette qualité donne une grande rigidité transversale aux poutres ou ouvrages en tubes. L'utilisation de tubes a aussi pour conséquence d'augmenter la résistance au déversement des charpentes, ce qui permet la réalisation d'ossatures en forme de voûtes ou de coupes par exemple. Les tubes carrés sont légèrement moins résistants que les tubes ronds mais leur résistance est cependant de 60 à 100 fois celle d'un autre profilé de même masse au mètre [5].

- **Résistance au flambement et à la compression**

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

- **Résistance à la flexion des tubes**

Les tubes rectangulaires ont une excellente résistance, comparable à celle des poutrelles de même masse au mètre. Les tubes se prêtent très bien à la confection de poutres en treillis et spécialement de poutres triangulaires qui résistent admirablement à la flexion et au déversement (flexion dans le plan horizontale). Les tubes permettent également l'emploi de tirant ou de câbles précontraintes (placés axialement à l'intérieur des tubes), dans le cas d'effort de flexion pouvant provenir de plusieurs direction (cas du vent), il est fortement conseillé de prendre du tube, sa résistance étant la même dans toutes les directions [5].

II.5.2 L'intérêt des tubes pour la fabrication d'un châssis tubulaire

Le tube peut être utilisé de plusieurs façons et reste généralement esthétique, qu'il soit rond, carré ou rectangulaire, droit ou cintré, utilisé seul ou en treillis, ou utilisé avec d'autres profilés. Les poutres triangulées, les structures tridimensionnelles, les ossatures en voûte, sont plus faciles à réaliser en tube qu'avec des profilés traditionnels. Utilisés par des architectes

enquête d'inspiration, ou par dès les charpentiers, les tubes minces soudés et les profilés à ailettes, permettent de très belles réalisations [5].

II.6 Le découpage

II.6.1 La découpe laser

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

Une installation de découpe laser peut-être séparée en deux parties distinctes, une source laser et une tête de découpe. La source laser est elle-même constituée de trois éléments présentés sur la figure (II.1), un milieu actif, un mécanisme de pompage et un résonateur optique. Les lasers permettent d'obtenir une lumière monochromatique et unidirectionnelle en faisceau fin [6].

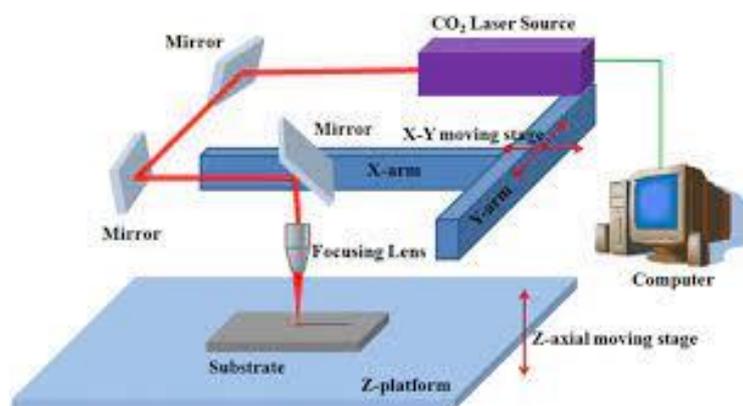


Figure II-1 Principe d'une découpe laser. [18]

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

II.6.2 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 générés 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 [7].

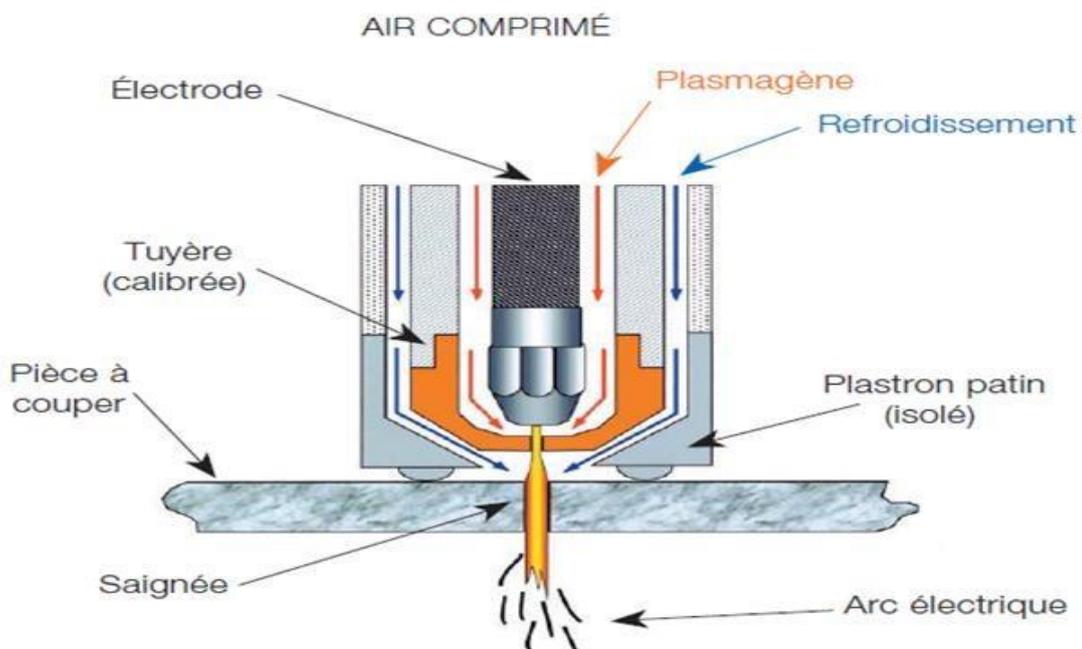


Figure II-2 Principe d'une découpe plasma [19]

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

II.7 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.

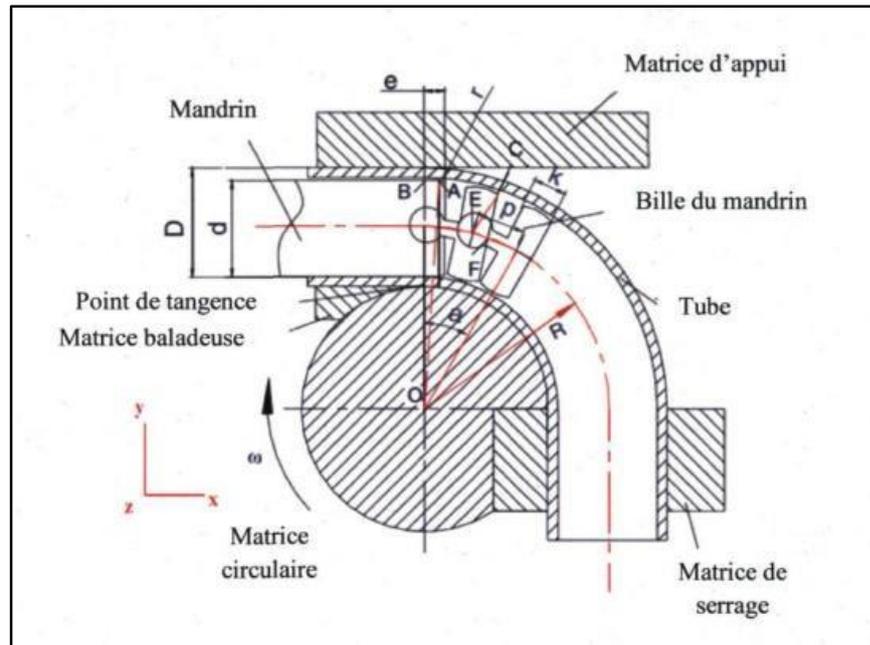


Figure II-3 Cintrage d'un tube avec utilisation d'un mandrin interne. [8]

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 [8].

II.7.1 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.

II.7.1.1 Cintrage par compression

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

Lors de l'activation de la cintreuse, la matrice circulaire pousse sur le tube à l'endroit où le pli doit être formé. Les supports sur pivot effectuent un mouvement qui cause la déformation du tube. L'utilisation du mandrin interne est impossible dans le cas du cintrage par compression car la propagation de la déformation s'effectue à partir du centre du pli [8].

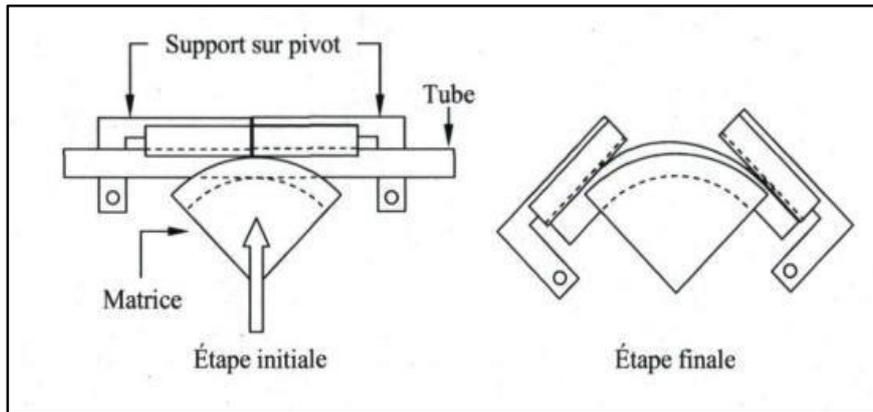


Figure II-4 Schématisation du cintrage par compression. [8]

II.7.1.2 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 suivante 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 [8].

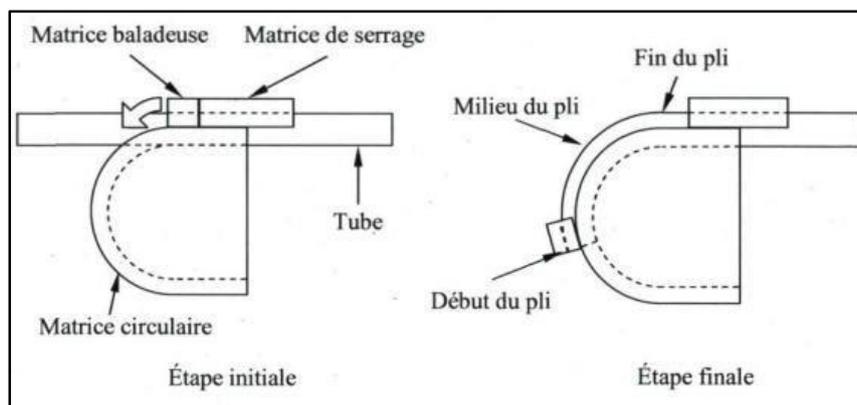


Figure II-5 Schématisation du cintrage par enroulement. [8]

II.7.1.3 Cintrage par tension-rotation

La cintruse par tension-rotation utilise principalement une matrice circulaire, une matrice d'appui, une matrice de serrage. La figure suivante présente les composants principaux d'une cintruse par tension-rotation [8].

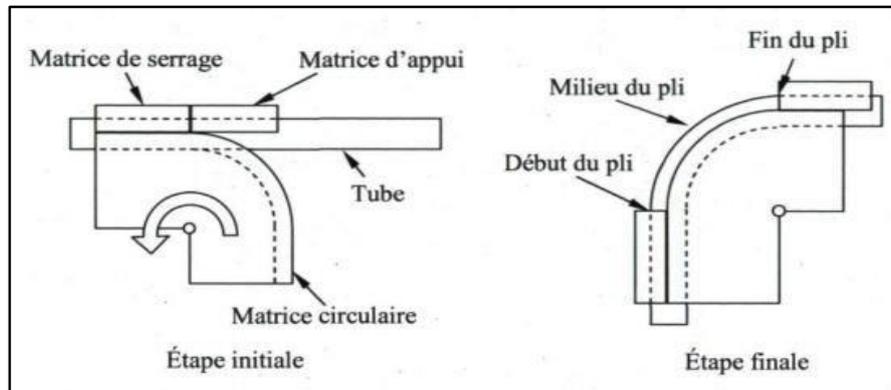


Figure II-6 Schématisation du cintrage par tension-rotation. [8]

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.

II.7.1.4 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 suivante présente les différents composants, ainsi que le principe de fonctionnement du cintrage par cisaillement [8].

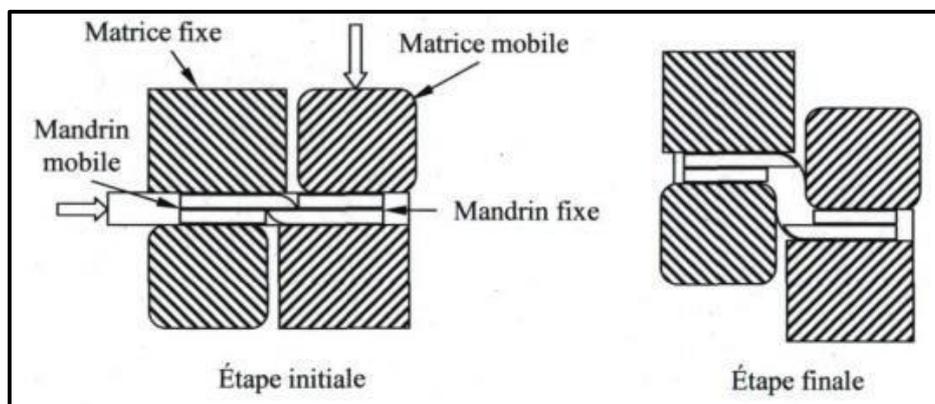


Figure II-7 Schématisation du cintrage par cisaillement. [8]

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.

II.8 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 [9].

II.8.1 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 [9].

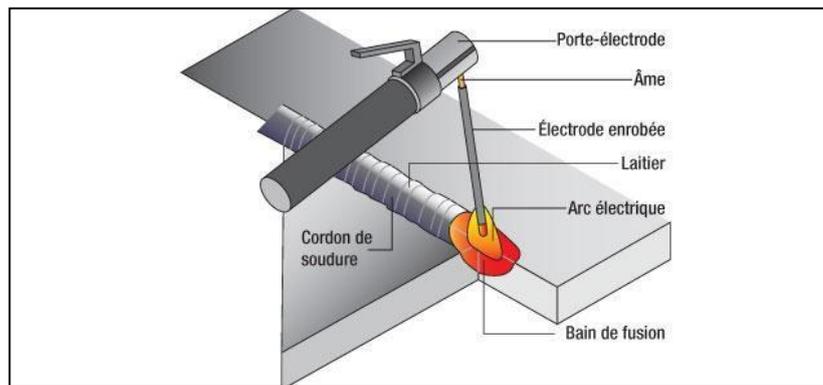


Figure II-8 Illustration de soudage à l'électrode enrobée. [20]

II.8.2 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 tubulaires 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 [10].

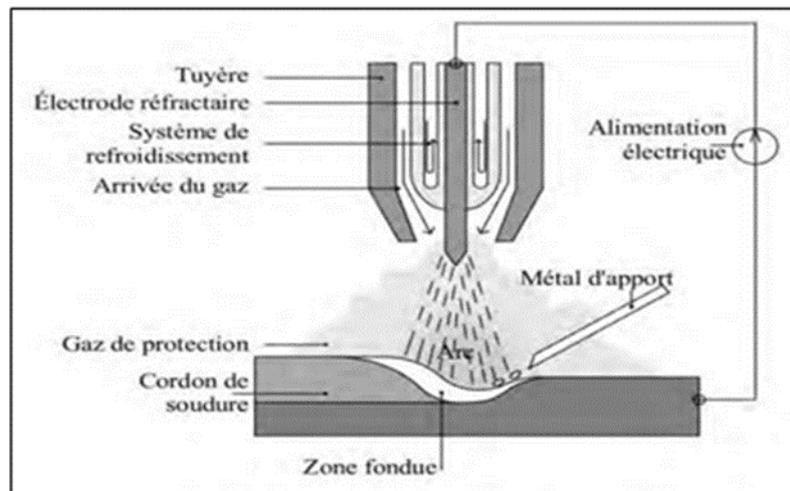


Figure II-9 Schématisation du soudage TIG. [10]

II.8.3 Le soudage MIG/MAG

Le soudage MIG/MAG est un procédé de soudage à l'arc semi-automatique dans lequel le métal d'apport est amené par une bobine de fil métallique et 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.

Ce type de soudure s'applique principalement sur ces secteurs d'activité : pièces pour la chaudronnerie et la tuyauterie, appareils à pression, matériel médical en acier inoxydable, engins de levage et de manutention encore pour les équipements de transport (ferroviaire, automobile, naval).

Les deux procédés de soudage MIG et MAG se différencient par la composition du gaz. En fait, le procédé MIG utilise un gaz neutre qui réagit avec le métal fondu tel que l'argon ou l'argon + l'hélium alors que le procédé MAG se compose d'un mélange de l'hydrogène en proportion variable selon les métaux à souder et de l'argon avec du dioxyde de carbone [11].

La figure ci-dessous montre le procédé de soudage MIG/MAG

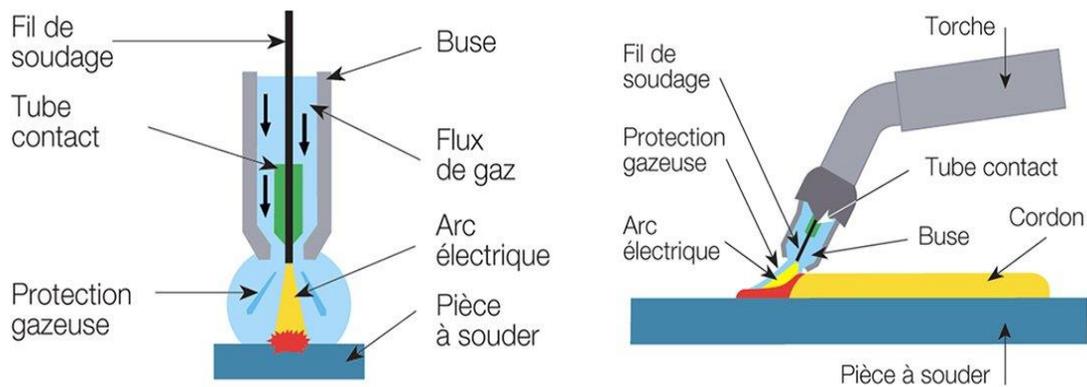


Figure II-10 procédé de soudage MIG/MAG. [21]

Les caractéristiques de soudure de type MAG/MAG sont les suivantes :

- **Avantage** [9]:
 - Le cordon ne se recouvre d'aucun laitier après soudage.
 - Le soudage semi-automatique peut s'automatiser facilement. Il peut s'appliquer sur la presque totalité des matériaux soudables sans grande difficulté pour le mettre en œuvre, de là son intérêt dans tous les domaines industriels.
 - Vitesse de soudage élevée.
- **Inconvénients** [9] :
 - Mode manuel difficile à prendre en main[.
 - Encombrement de la torche.
 - Métal d'apport obligatoire.
 - Projection nombreuse.

II.9 Conclusion

Choisir le matériau est une étape essentielle dans la conception du châssis tubulaire puis on passera aux différentes opérations pour finir sa bonne conception.

Dans chapitre suivant nous verrons quelles sont les étapes de conception à suivre pour notre châssis.

Conception du châssis de moto à benne

III. Conception du châssis de moto à benne

La conception et la fabrication d'un projet ou de pièces mécaniques passe toujours par des études de conceptions et de dimensionnement. Une des étapes importantes, sert en une investigation de conception et d'analyse de données afin d'assuré la résistance de structure suivant un cahier de charge selon des normes standard et mondiaux. Ce chapitre porte sur une étude de conception et de dimensionnement d'un châssis rectangulaire réalisé dans le cadre d'une collaboration avec l'entreprise industrielle Algérienne VMS sizes à TOUDJA Bejaia. Pour ce faire, les différentes étapes de conception ont été utilisées sur un logiciel dit SolidWorks.

III.1 Présentation de logiciel SolidWorks

SOLIDWORKS est un logiciel de conception 3D assistée par ordinateur, fonctionnant sous Windows, il était créé en 1993 par l'éditeur américain SOLIDWORKS, puis acheté en 1997 par la Société Dassault Systèmes. Il utilise le principe de conception paramétrique et génère trois types de fichiers qui sont liés : la pièce, l'assemblage, et la mise en plan. Il permet d'effectuer des calculs de résistance des matériaux au mode statique et dynamique, donc nous avons choisi ce logiciel de CAO pour concevoir et étudier notre modèle du châssis [12].

III.2 Le modèle à étudier

Modèle : châssis de moto a benne tricycle

C'est quoi une moto à benne ?

Une moto à benne est un véhicule tricycle moto. Il est constitué d'un châssis équipé de trois roues et d'une benne. Elle vienne généralement avec moteur essence et parfois avec un moteur électrique, il est destiné au multiusager que soit au cœur de la ville ou au petit village car il permet de transporter de la marchandise, servir pour les livraisons et beaucoup de tache selon besoin d'utilisateur.



Figure III-1 Moto à benne tricycle

III.3 Procédures de conception dans Solidworks

III.3.1 Réalisation de la pièce

On commence par dessiner la géométrie de la pièce en 2D à l'aide des outils d'esquisse, puis on fixe des cotes de l'esquisse, en suite la création du volume pour avoir le modèle 3D, finalement l'enregistrement pour pouvoir l'utiliser dans l'assemblage.

III.3.2 Définition du matériau

Tout le comportement d'une pièce dépend du matériau dont elle est faite, alors on doit attribuer un matériau à la pièce. Si le matériau n'est pas disponible dans la bibliothèque des matériaux du logiciel, cette dernière offre la possibilité d'introduire des matériaux en inscrivant leurs catégories et leurs caractéristiques mécaniques.

III.4 Les étapes de conception de notre châssis**III.4.1 Création des pièces :**

Le châssis est un ensemble de pièces à souder entre eux. Il contient plusieurs pièces identiques, dont l'assemblage des différentes parties a été réalisé par la fonction assemblage de Solidworks comme indiqué dans la Figure III.2 et la Figure III.3 :

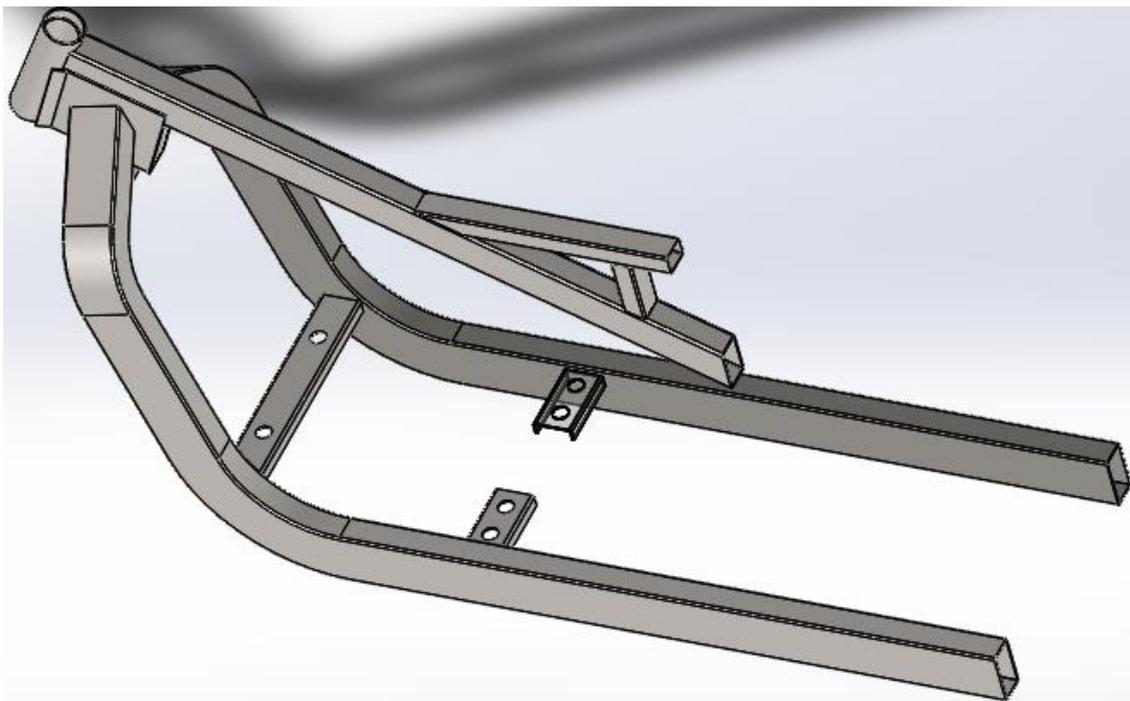


Figure III-2 Partie avant du châssis.

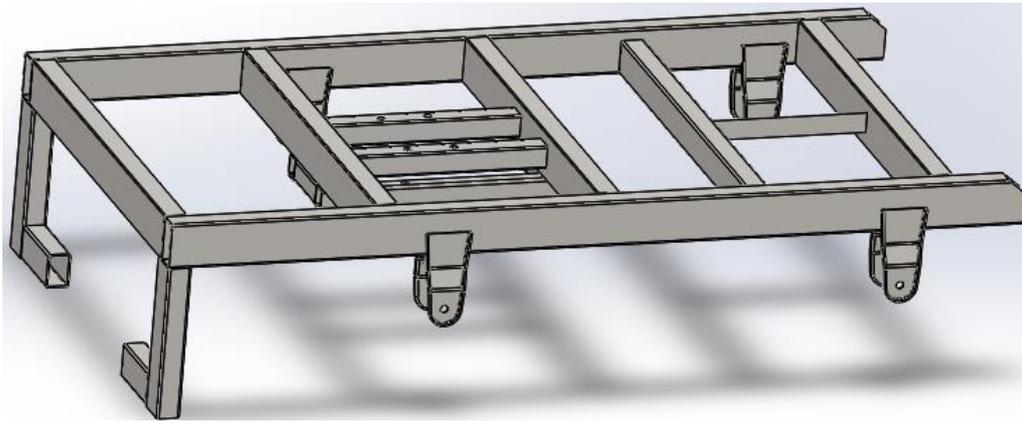


Figure III-3 la partie arrière du châssis.

III.4.2 Assemblage de partie arrière et partie avant du châssis :

On assemble les deux parties avec addition de quatre petit pièces poutrelle on a eu cette la forme de châssis :

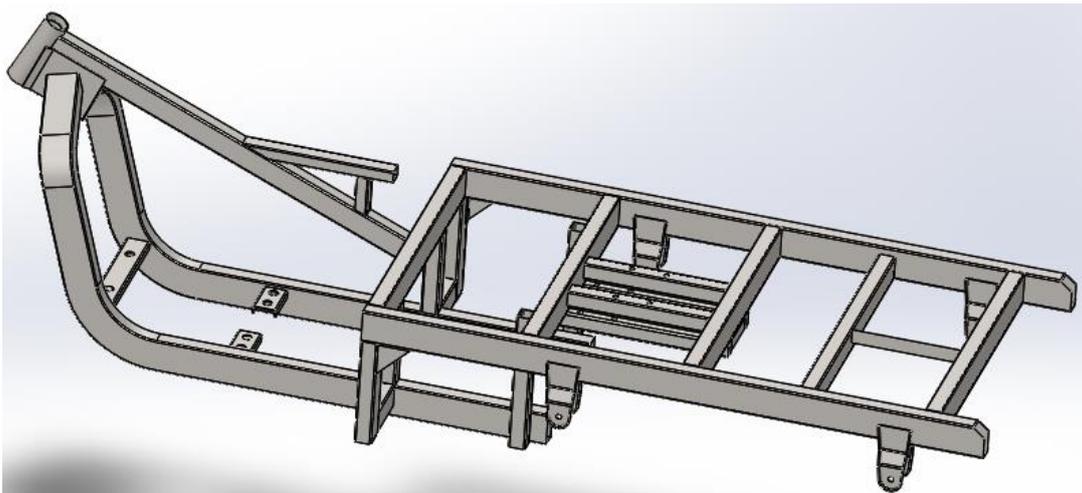


Figure III-4 la forme complète du châssis état initial.

Pour faire le montage des accessoires et toutes composantes de la moto à benne on a ajouté à notre structure des pièces d'attachement qu'il faut pour chaque composant, on a eu la structure finale suivante :

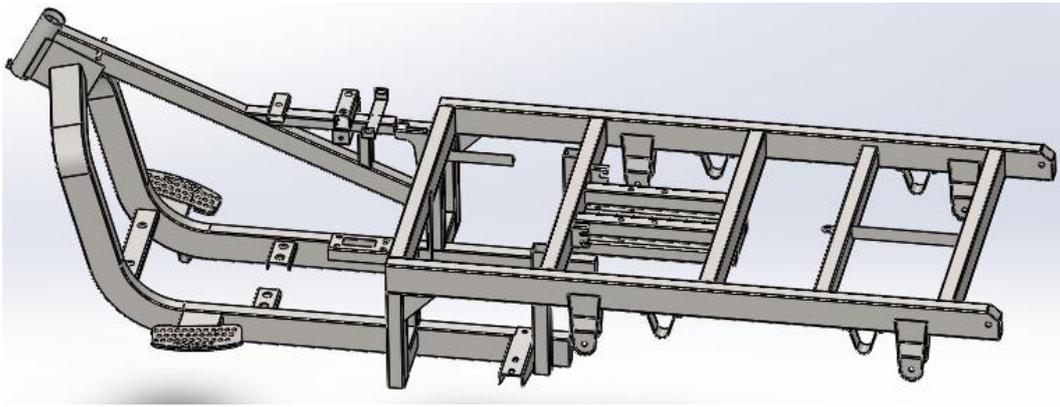


Figure III-5 Forme finale du châssis de la moto à benne.

Tous les procédures et les étapes de cette conception ont été faites au centre de recherche de SARL VMS en collaboration avec leurs ingénieurs et en suivant leurs orientations.

III.5 Conclusion

Après avoir terminé notre conception de châssis, dans le chapitre suivant nous allons faire une étude statique pour le calcul des contraintes et des déplacements.

Etude et Simulation
Numérique Par SolidWorks

IV. Etude et Simulation Numérique Par SolidWorks

La résistance des matériaux étudie le comportement du solide déformable. Elle s'intéresse particulièrement au calcul des dimensions des systèmes mécaniques pour qu'ils soient en mesure de supporter les efforts appliqués pendant leur service dans des conditions sécurité requise.

Dans ce chapitre, nous allons faire une étude des simulations numériques pour satisfaire une bonne tenue de route et un bon comportement mécanique.

IV.1 Efforts appliqués au châssis

IV.1.1 Efforts appliqués au repos

Le rôle de notre châssis c'est supporté la plupart des masses de la moto telles que la masse du conducteur, la masse de la marchandise chargée et sans oublier les masses de moteur et de la benne. Donc au repos il est soumis aux charges de ses derniers.

IV.1.2 Torsion du châssis

Lors de la conduite et on passe par une route ondulée, le châssis subit une torsion suite au changement de niveau entre la position de deux roues du même essieu.

La figure suivante montre la différence entre la position de deux roues d'un même essieu subit à la torsion :



Figure IV-1 Roues sur une route ondulée

IV.2 Méthode de calcul

Le calcul de la structure par éléments finis est nécessaire pour la validation de la conception du châssis, elle nous permet d'optimiser la conception du châssis face aux limitations des contraintes ainsi de dégager les points faibles de la structure.

IV.2.1 Logiciel utilisé

Nous avons utilisé le logiciel professionnel de calcul SolidWorks pour effectuer la simulation.

Les différentes études utilisent le système d'unités montré par le tableau suivant :

Système d'unités	Unité
Longueur/Déplacement	Mm
Température	Kelvin
Vitesse angulaire	Rad/sec
Pression/contrainte	MPa
Force	N
Masse	Kg
Temps	S

Tableau IV-1 Unités utilisé.

IV.3 Propriétés du modèle**IV.3.1 Section**

Pour la conception du châssis, nous avons utilisé des poutrelles de profil RHS 80x40x2.8.

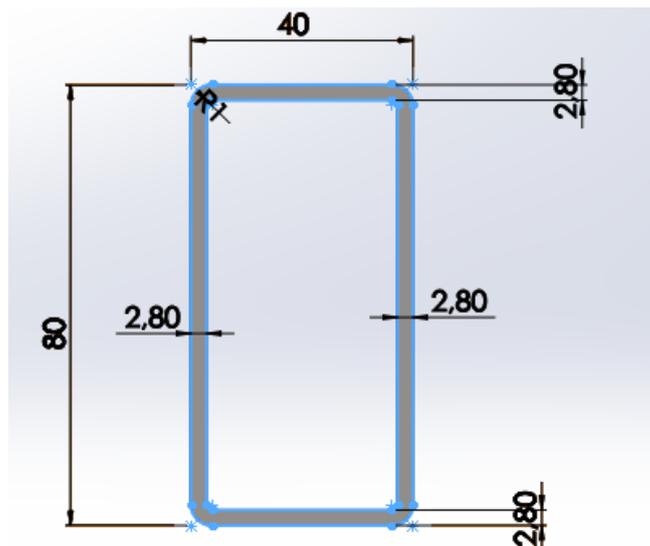


Figure IV-2 Profil des poutrelles utilisées pour la conception du châssis.

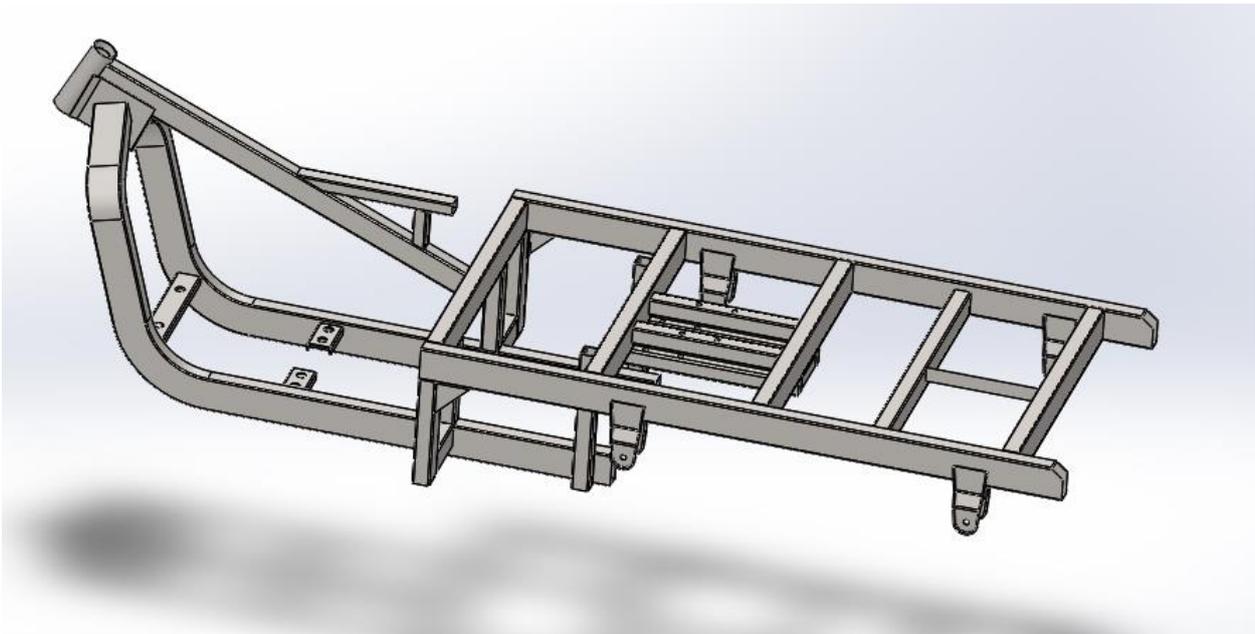


Figure IV-3 Structure de notre châssis à étudier.

Pour simplifier le maillage et éviter les grands calculs de simulation qui demande des ordinateurs très puissants (comme les unités de calcul) et beaucoup de temps, on a négligé toutes les pièces accessoires qui n'entre pas dans la résistance au chargement appliqués.

IV.3.2 Matériau

Pour l'étude et la réalisation du châssis, nous utilisons l'acier S235JR comme un matériau de fabrication. Ce type d'acier est utilisé pour les constructions mécaniques et métalliques générales assemblées ou soudées.

Le tableau suivant indique les propriétés du matériau S235JR extrait de la bibliothèque de Solidworks:

Nom	1.0037 (S235JR)
Type du modèle	Linéaire élastique isotrope
Module d'élasticité (MPa)	210000
Coefficient de poisson	0.28
Masse volumique (Kg/m3)	7800
Résistance à la rupture à la traction (MPa)	360
Limite d'élasticité (MPa)	235

Tableau IV-2 Caractéristique mécanique du matériau S235JR

- La composition chimique de l'acier S235JR est montrée par le tableau suivant :

%C	%Mn	%P	%S	%N	%Cu
0.17	1.4	0.035	0.035	0.012	0.55

Tableau IV-3 Propriétés chimiques de l'acier S235JR

IV.3.3 Les grandeurs de modèle

Masse = 74.35 kilogrammes

Volume = $96.15 * 10^5$ millimètres cubes

Superficie = $69.80 * 10^5$ millimètres carrés

Les coordonnées de centre de gravité sont exprimées comme suit : (millimètres)

$$X = 148.33$$

$$Y = 941.55$$

$$Z = 756.31$$

Les coordonnées de centre de gravité sont montrées par la figure suivante

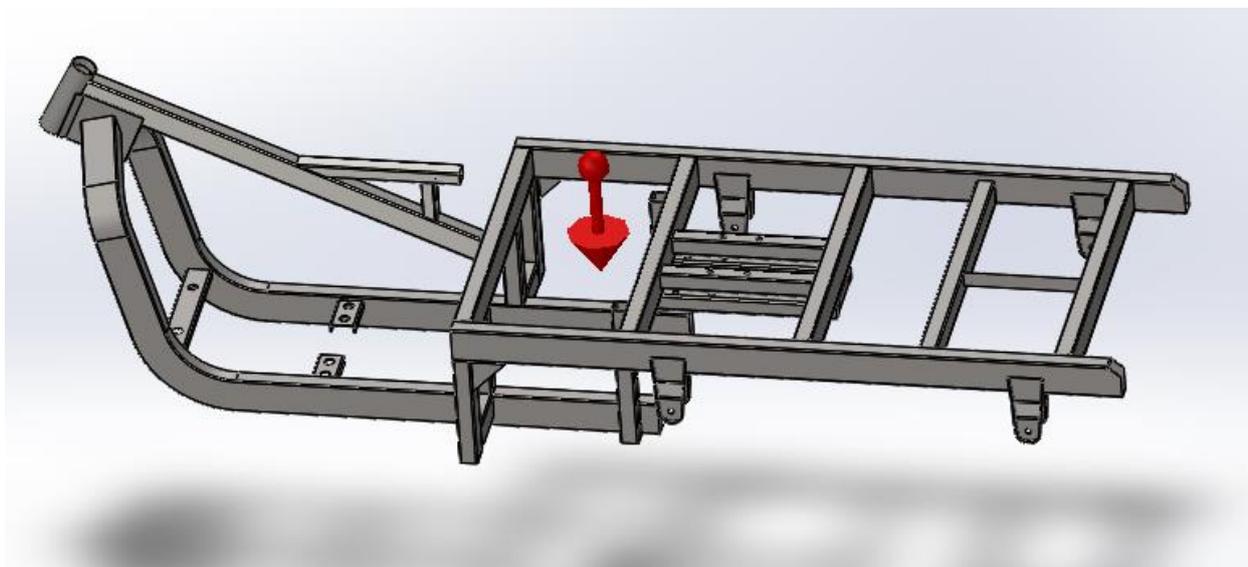


Figure IV-4 Position de centre de gravité.

IV.4 Analyse statique**Propriétés des études de l'analyse statique**

Nom des études	Etude statique de châssis de la moto à benne
Type d'analyse	Analyse statique
Type de maillage	Maillage mixte
Effets thermique	Inclure des chargements thermiques
Température de déformation nulle	298 kelvins
Inclure la pression du fluide calculée par solidworks flow simulation	Désactivé
Type de solveur	Automatique
Faible raideur	Activé
Relaxation	Activé
Option de contact solidaire incompatible	Automatique
Grand déplacement	Désactive
Vérifier les forces externes	Activé
Friction	Désactivé
Méthode adaptative	Désactivé

Tableau IV-4 Propriétés des études de l'analyse statique.**IV.4.1 Maillage appliqué**

Pour lancer l'étude statique nous avons utilisé un maillage mixte.

Le maillage est une étape fondamentale de la simulation où le modèle doit être subdivisée petit élément de forme triangle, quadrilatère, tétraèdres, des prismes ou pentaèdres ainsi que des hexaèdres ou cubes.

La figure suivante nous monte le maillage du châssis :

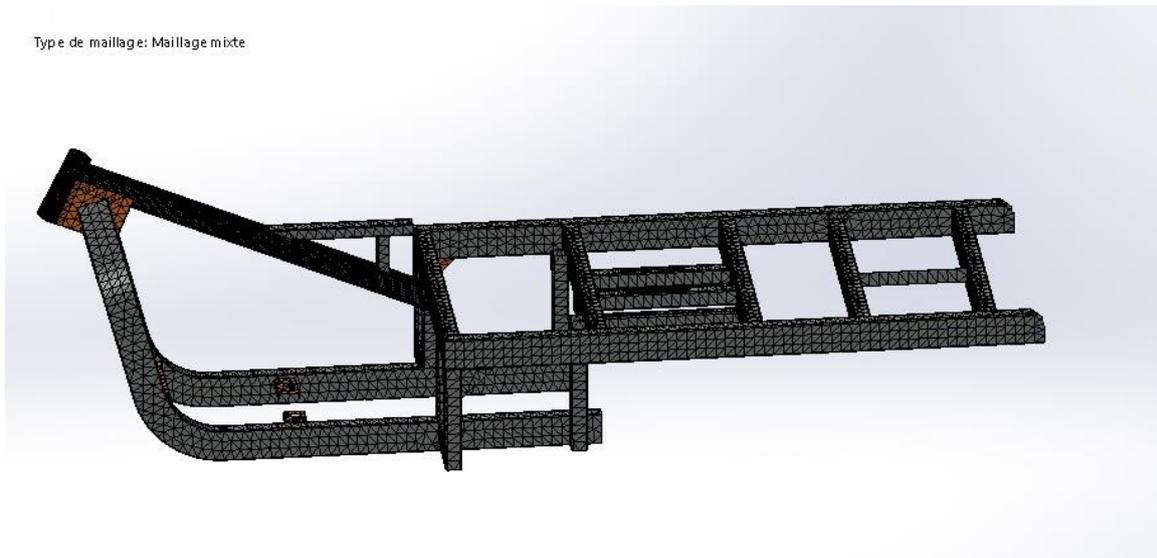


Figure IV-5 Maillage de la structure.

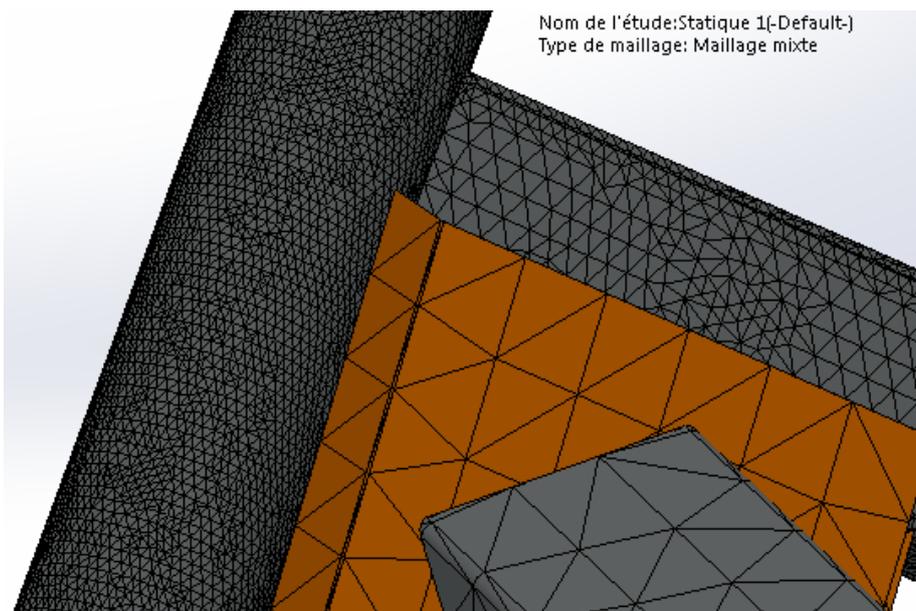


Figure IV-6 Maillage de la structure échelle agrandis.

IV.4.2 Etude de flexion

- Les forces appliquées

Les chargements appliqués sur le châssis sont montrés par la figure suivante

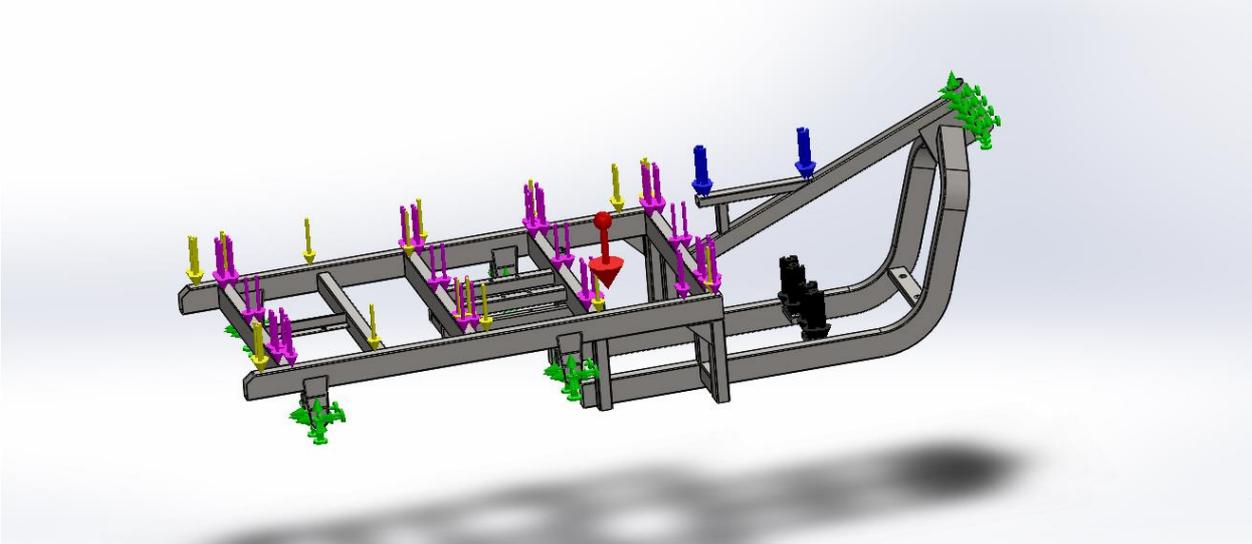


Figure IV-7 Chargements appliqués sur la structure.

Avec :

- ✓ Flèche rouge : Représente la force de gravité 9.81 m/s^2 .
- ✓ Flèche verte : Représente les points de fixation géométrique.
- ✓ Flèches bleues : Représente la masse de conducteur 120 kg.
- ✓ Flèches mauves : Représente la masse de la marchandise 550 kg.
- ✓ Flèches noires : Représente la masse de moteur 20 kg.
- ✓ Flèches jaune : Représente la masse de la benne 67 kg.

Cette configuration représente le châssis chargée avec un poids totale de 757 kg, les points de fixation à l'arrière et représentent l'attache des deux roues. Le point de fixation à l'avant représente l'attache du guidon de la moto.

IV.4.2.1 Résultats

➤ **Contrainte de Von Mises**

Le logiciel SolidWorks nous permet de calculer et visualiser les contraintes de Von Mises et leur répartition sur long du châssis.

Lors de cette étape, on va vérifier la tenue et le comportement mécanique du châssis envers les chargements appliqués. Alors, nous comparons la contrainte maximale de Von Mises obtenue lors de la simulation numérique et la contrainte admissible.

Avec, la contrainte admissible est égale à :

$$\sigma_{ad} = \frac{Re}{S} = \frac{235}{3} = 78.33 \text{ MPa}$$

Avec:

- ✓ Re : limite d'élasticité du matériau (S235JR).
- ✓ S : coefficient de sécurité exigé par l'entreprise VMS.

La figure suivante montre les résultats de visualisation de la contrainte Von Mises

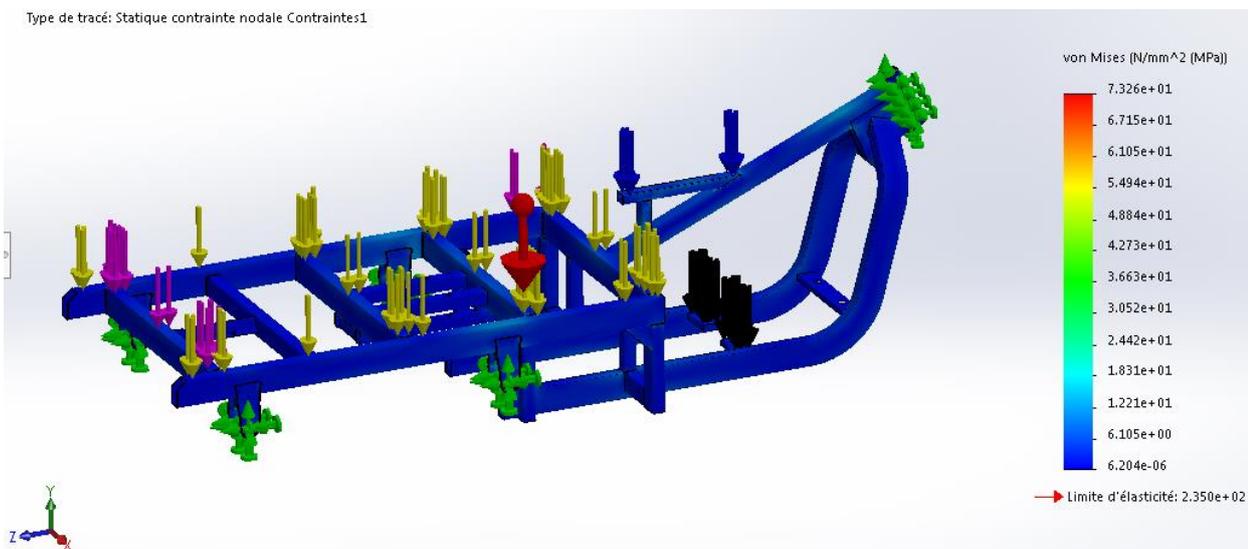


Figure IV-8 Contrainte Von Mises sur SolidWorks.

Le logiciel de simulation nous donne un résultat de la valeur de la contrainte de flexion

$$\sigma_{max} = 73.26 < \frac{Re}{S} = \frac{235}{3} = 78.33 \text{ MPa}$$

D’après ce résultat nous pouvons constater que la contrainte de Von Mises est suffisamment inférieure à la contrainte admissible du matériau utilise (Acier S235JR). En revanche, le châssis de structure rectangulaire présente de bonnes propriétés mécaniques en termes de résistance à la flexion.

➤ **Déplacement total**

La figure suivante nous montre les résultats de visualisation de déplacement total :

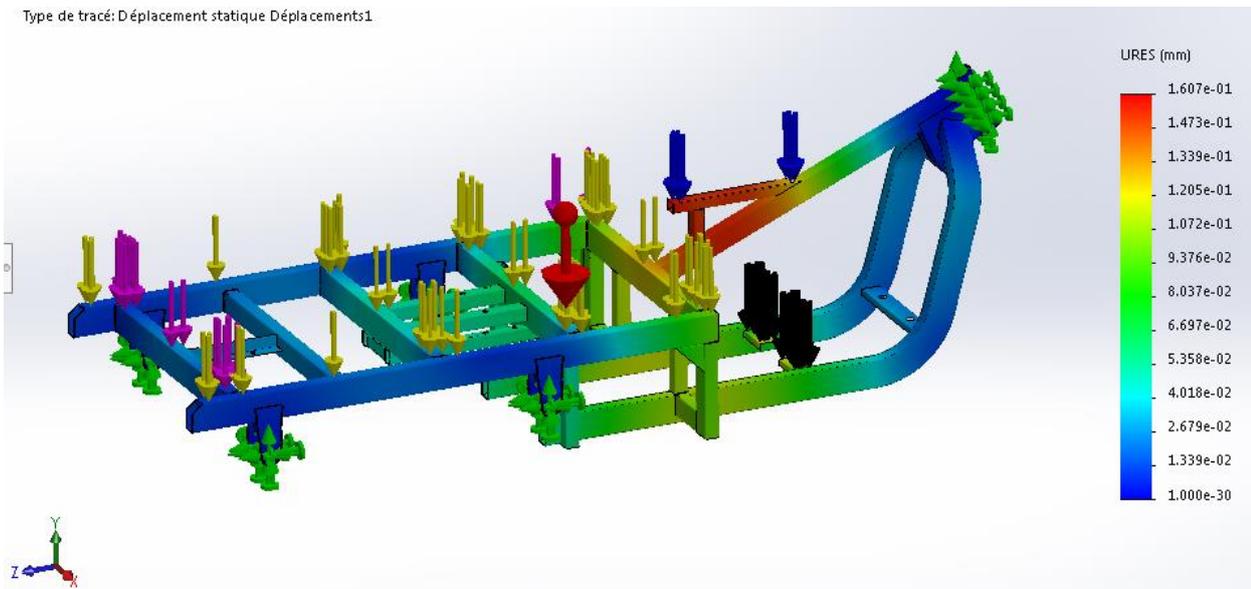


Figure IV-9 Déplacement total.

Le logiciel de simulation SolidWorks nous donne :

$$\text{Déplacement} = 0.116 \text{ mm}$$

➤ **Déformation équivalente élastique**

Les résultats sont montrés par la figure suivante

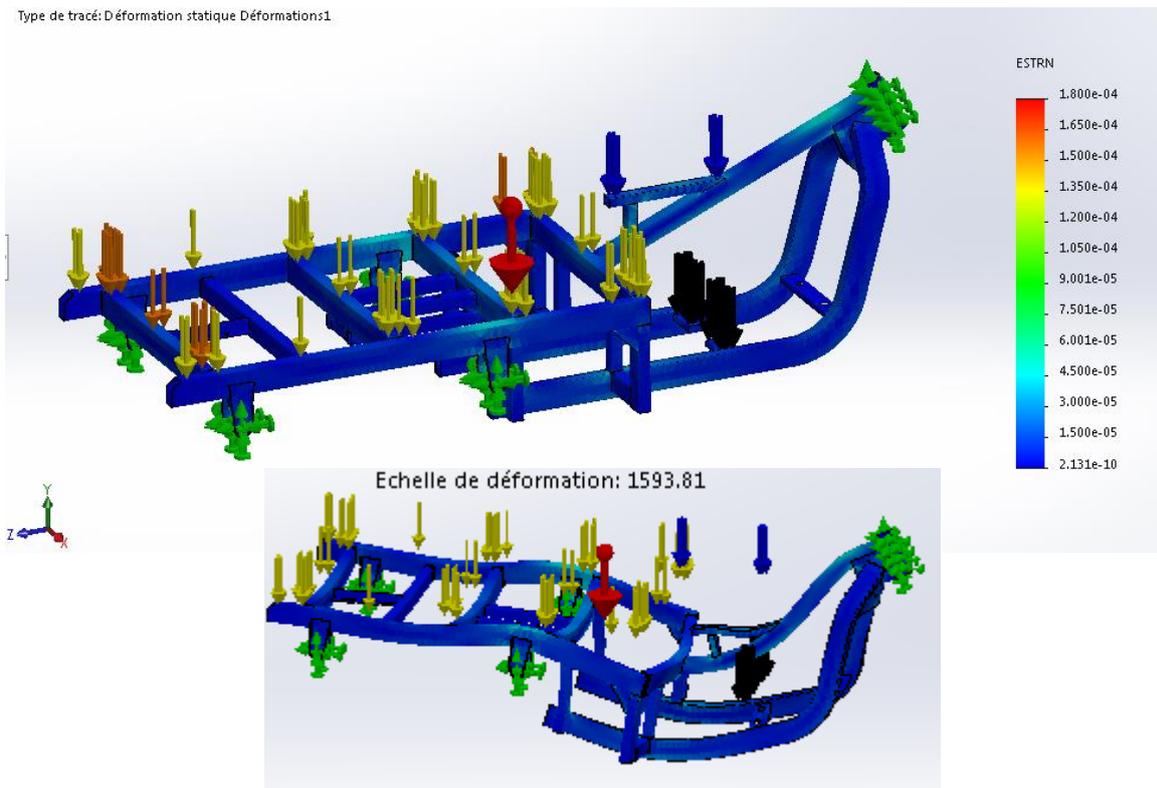


Figure IV-10 Déformation équivalente élastique du châssis.

Le logiciel nous donne :

$$\text{Déformation} = 1.8 * 10^{-4}$$

Donc, on peut constater que la déformation est presque nulle. Alors, n'y aura pas de danger.

➤ **coefficient de sécurité** La figure suivante présente la mesure de coefficient de sécurité

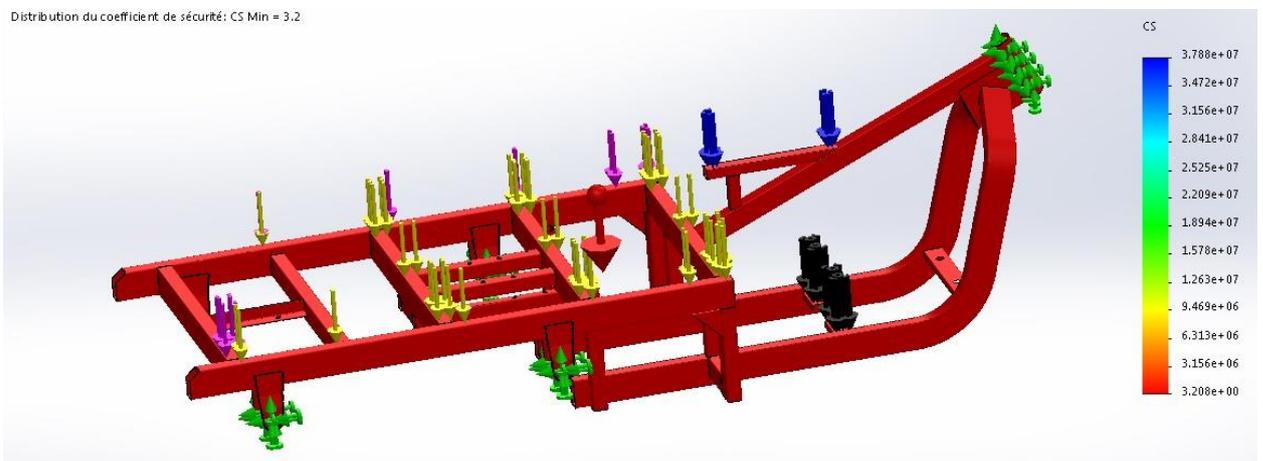


Figure IV-11 Distribution du coefficient de sécurité au châssis.

Le logiciel de simulation SolidWorks nous donne :

$$Cs = 3.2$$

Donc, nous constatons que notre châssis est rigide.

IV.4.3 Etude de torsion

➤ Contrainte de torsion

Le logiciel SolidWorks nous permet de calculer et visualiser les contraintes de torsion ainsi que leur répartition sur long du châssis.

En cette étape, nous vérifions le comportement mécanique du châssis envers les chargements appliqués. Alors, nous devons comparer la contrainte maximale obtenue lors de la simulation numérique et la contrainte admissible.

Avec, la contrainte admissible est égale à :

$$\sigma_{ad} = \frac{Re}{S} = \frac{235}{3} = 78.33 \text{ MPa}$$

Avec:

- ✓ Re : limite d'élasticité du matériau (S235JR).
- ✓ S : coefficient de sécurité exigé par l'entreprise VMS

La figure ci-dessous montre les résultats de visualisation :

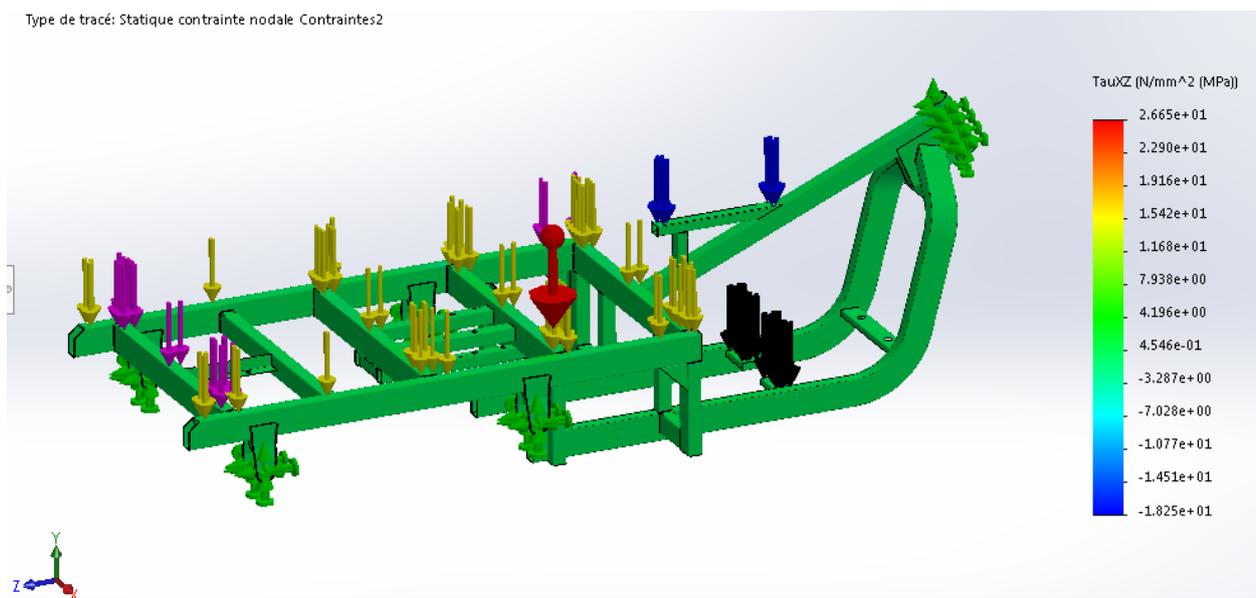


Figure IV-12 Contrainte de Torsion sur SolidWorks.

Chapitre IV : Etude et Simulation Numérique Par SolidWorsk

D'après les calculs faites par SolidWorks, nous avons :

$$\sigma_{\max} = 26.65 < \frac{Re}{s} = \frac{235}{3} = 78.33 \text{ MPa}$$

Alors, on peut constater que la contrainte est suffisamment inférieure à la contrainte admissible que l'acier S235JR peut la supporter. Alors, il n'y a pas de danger sur la structure du châssis.

IV.5 Dossier technique

- Longueur : 2491 millimètres.
- Largeur : 820 millimètres.
- Hauteur : 374 millimètres.
- Type : tubulaire à profils rectangulaire.
- Matériau : acier S235JR.

La mise en plan ci-jointe montre les dimensions de notre structure

IV.6 Conclusion

La structure de châssis présente une bonne résistance aux efforts applique, alors on conclut que cette structure est rigide et capable d'effectuer tout leur fonction en plein sécurité. Dans prochaine chapitre on va complète notre étude par les calculs de soudure.

Calcul et Simulation Numérique du Cordon de Soudure

V. Calcul de soudage

Le calcul des soudures s'applique aux assemblages d'angle. Si la procédure de soudage est correctement suivie, le métal d'apport des soudures bout à bout es assimilé de base.

Ce chapitre porte sur une étude calcul de soudure afin d'affirmer une bonne rigidité du la structure.

V.1 Soudage

Pour l'assemblage entre les différentes poutrelles de notre structure (RHS 80x40x2.8), on utilise le soudage de type MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas).

V.1.1 Calcul de cordon de soudure

➤ **Notation** [13] :

a : Epaisseur utile ou la gorge, distance minimale de la racine à la surface du cordon.

l : Longueur utile du cordon.

σ_{\perp} , τ_{\perp} et $\tau_{//}$: composante de la contrainte moyenne rapportée à la section de cordon, $a l$. Soit :

σ_{\perp} : Contrainte normale perpendiculaire au plan de la gorge de la soudure.

τ_{\perp} : Contrainte de cisaillement dans le plan de la gorge perpendiculaire à l'axe de la soudure.

$\tau_{//}$: contrainte de cisaillement dans le plan de la gorge parallèle à l'axe de la soudure.

La figure suivante montre ces notations :

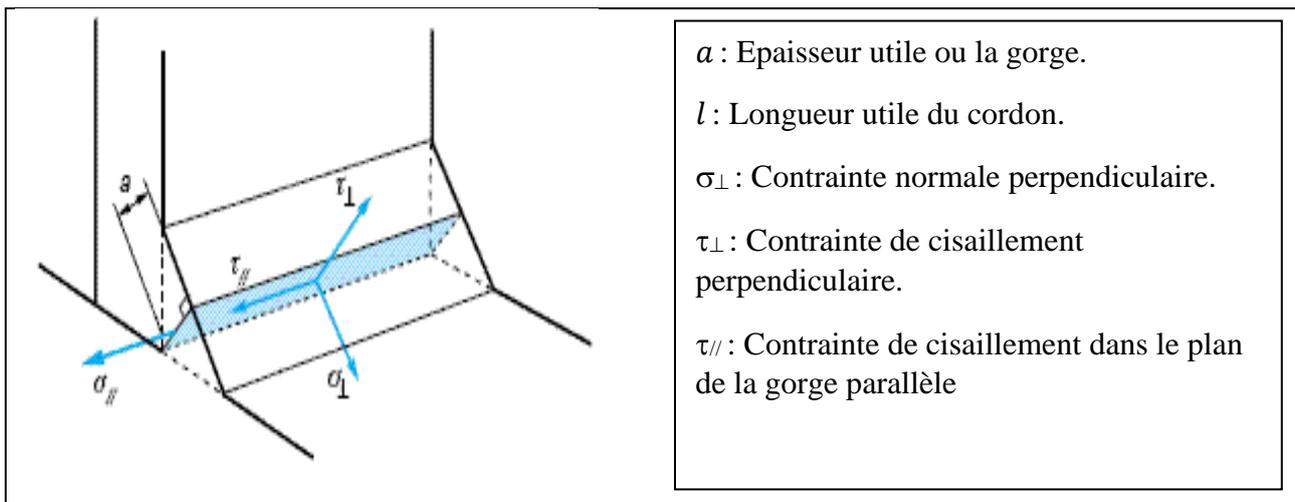


Figure V-1 Cordon de soudure. [22]

Chapitre. V : Calculs et Simulation Numérique du Cordon de Soudure

➤ Réglementations [13].

Les méthodes de calcul suivantes sont définies par L'EUROCODE 3, qui se substitue à la norme NF P.22470

Critère de corrige de Von Mises : exprime que les composantes de la contrainte moyenne rapportée à la section de la gorge du cordon de soudure doivent satisfaire à la condition.

$$\beta_w^2 [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)] \leq (f_u/\gamma_{Mw})^2$$

- Tenus au cisaillement perpendiculaire du joint :

$$\sigma_{\perp} \leq f_u/\gamma_{Mw}$$

Avec :

f_u : Contrainte de rupture.

F_y : Limite d'élasticité d'un acier.

γ_{Mw} : Coefficient partiel sur la charge de rupture.

β_w : Coefficient en relation avec nuance d'acier de base.

Et avec les coefficients γ_{Mw} et β_w selon la nuance d'acier :

Nuance	F_y	f_u	γ_{Mw}	β_w	$\gamma_{Mw} \cdot \beta_w$
S235	235	360	1.25	0.80	1.00

Tableau V-1 coefficient β_w et $\gamma_{Mw} \cdot \beta_w$ [23]

V.1.2 Les forces appliquées

Dans les simulations précédentes, nous constatant que les contraintes sont maximales lorsque la structure est soumise à des efforts de flexion. Alors, nous allons calculer les valeurs des épaisseurs lorsque le châssis est soumis à ces efforts. Mais en les multipliant par le coefficient de sécurité trouve $C_s=3.2$ pour calculer les valeurs des épaisseurs pour la charge maximale qu'il peut supporter le châssis.

Les différentes charges appliquées sur le châssis lors de l'étude de soudure sont montrées par la figure suivante :

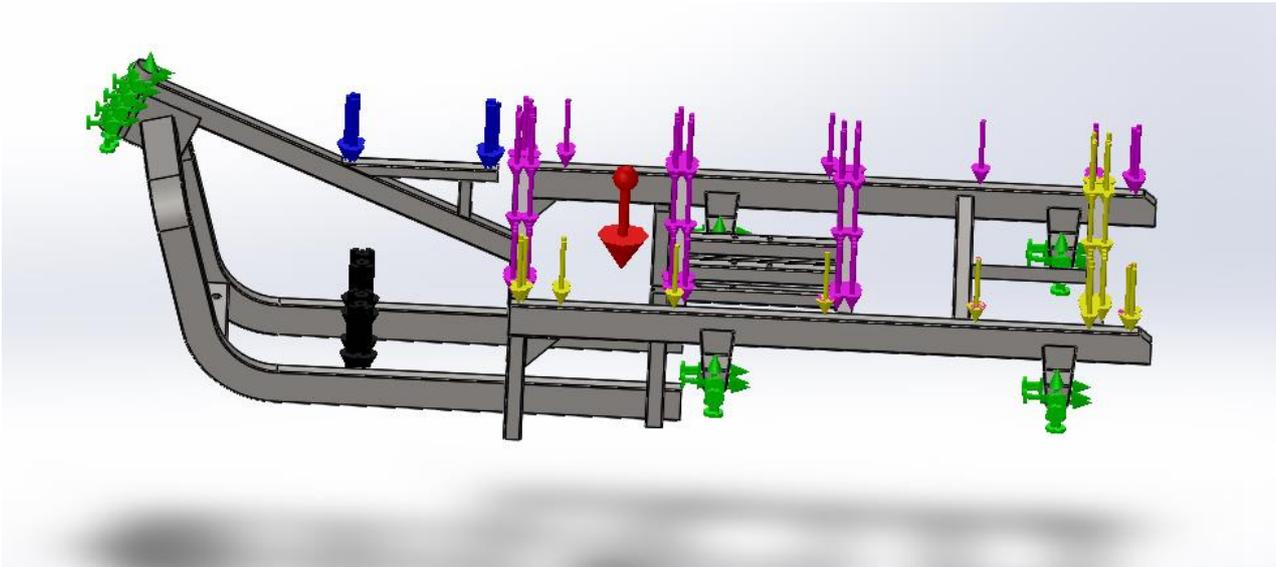


Figure V-2 Chargements maximales appliqués sur la structure.

Avec :

- ✓ Flèche rouge : Représente la force de gravité 9.81 m/s^2 .
- ✓ Flèche verte : Représente les points de fixation géométrique.
- ✓ Flèches bleues : Représente une masse de 384 kg.
- ✓ Flèches mauves : Représente une masse de 1760 kg.
- ✓ Flèches noires : Représente une masse de 64 kg.
- ✓ Flèches jaunes : Représente une masse de 214.4 kg.

Cette configuration représente le châssis chargé avec un poids totale de 2422.4 kg, les points de fixation à l'arrière et représentent l'attache des deux roues. Le point de fixation à l'avant représente l'attache du guidon de la moto.

➤ **Les résultats**

- **Contrainte de Von Mises**

Le logiciel SolidWorks nous permet de calculer et visualiser les contraintes de Von Mises et leur répartition sur long du châssis.

La figure suivante montre les résultats de visualisation de la contrainte de Von Mises

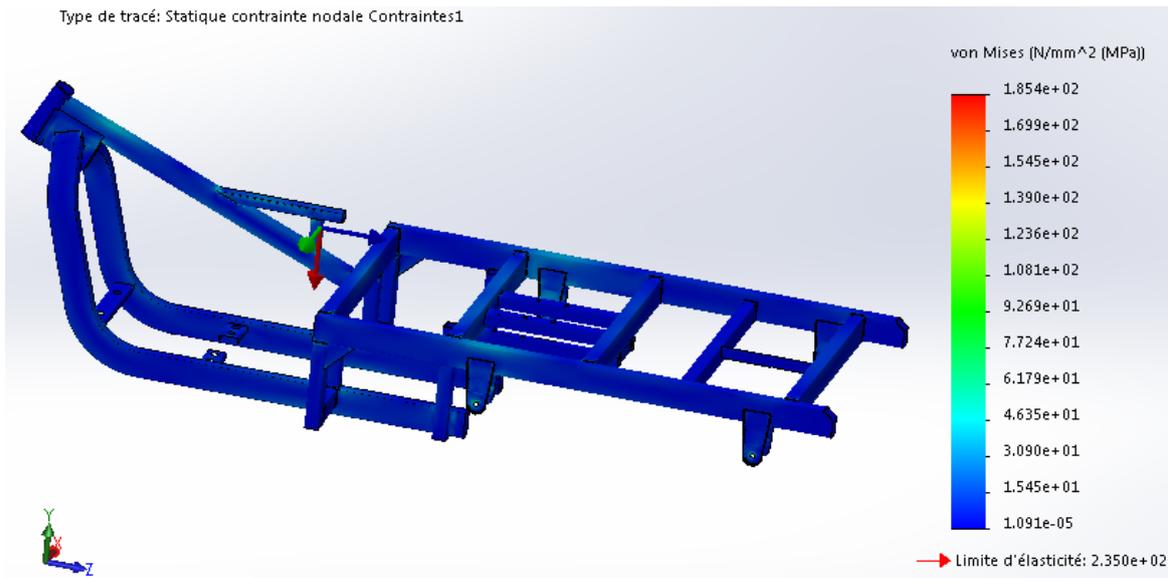


Figure V-3 Contrainte Von Mises de chargement maximal sur SolidWorks.

Le logiciel de simulation nous donne un résultat de la valeur de la contrainte de Von Mises :

$$\sigma_{\max} = 185.4 \text{ MPa}$$

- **Déplacement total**

La figure suivante nous montre les résultats de visualisation de déplacement total

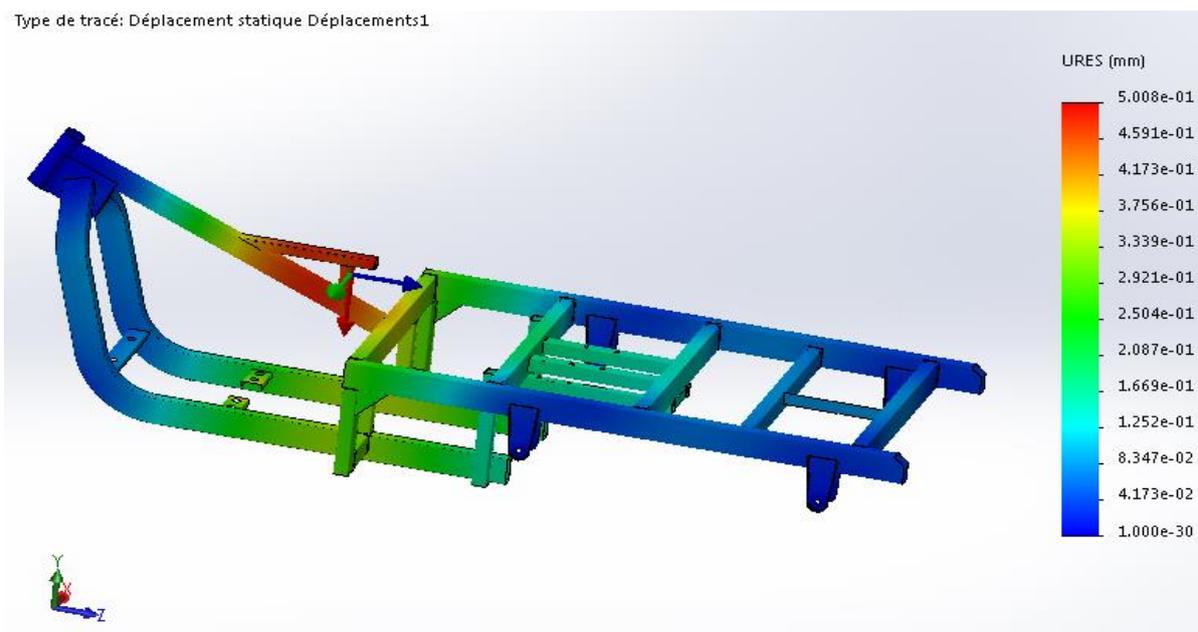


Figure V-4 Déplacement total du châssis sous chargements maximaux.

Chapitre. V : Calculs et Simulation Numérique du Cordon de Soudure

Le logiciel de simulation SolidWorks nous donne :

Déplacement = 0.5008 mm

- **Déformation équivalente élastique**

Les résultats sont montrés par les figures suivantes

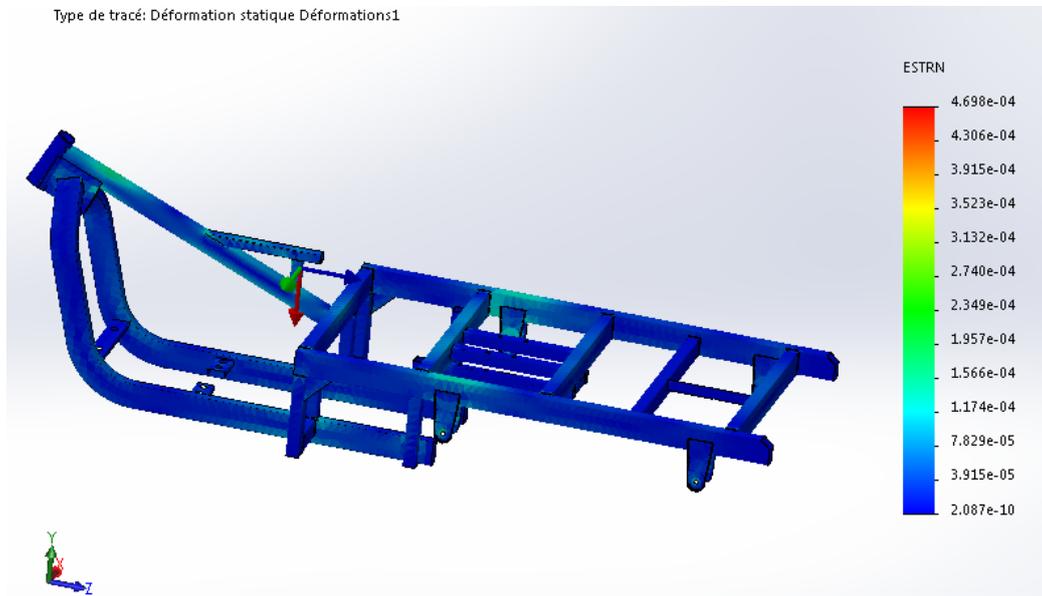


Figure V-5 Déformation équivalente élastique sous chargements maximales.

Le logiciel nous donne :

Déformation = $5.616 \cdot 10^{-4}$

Echelle de déformation: 511.692

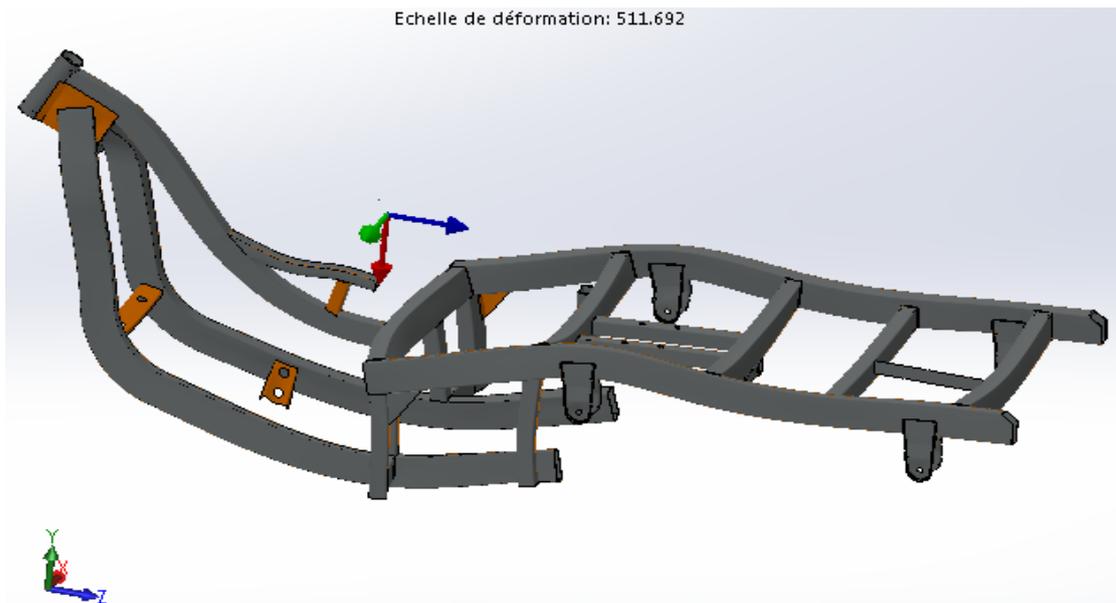


Figure V-6 Echelle de déformation sous chargements maximales.

Echelle de déformation = 511.492

- **Coefficient de sécurité**

La figure suivante montre la distribution du coefficient de sécurité au châssis chargé de 2271 kg

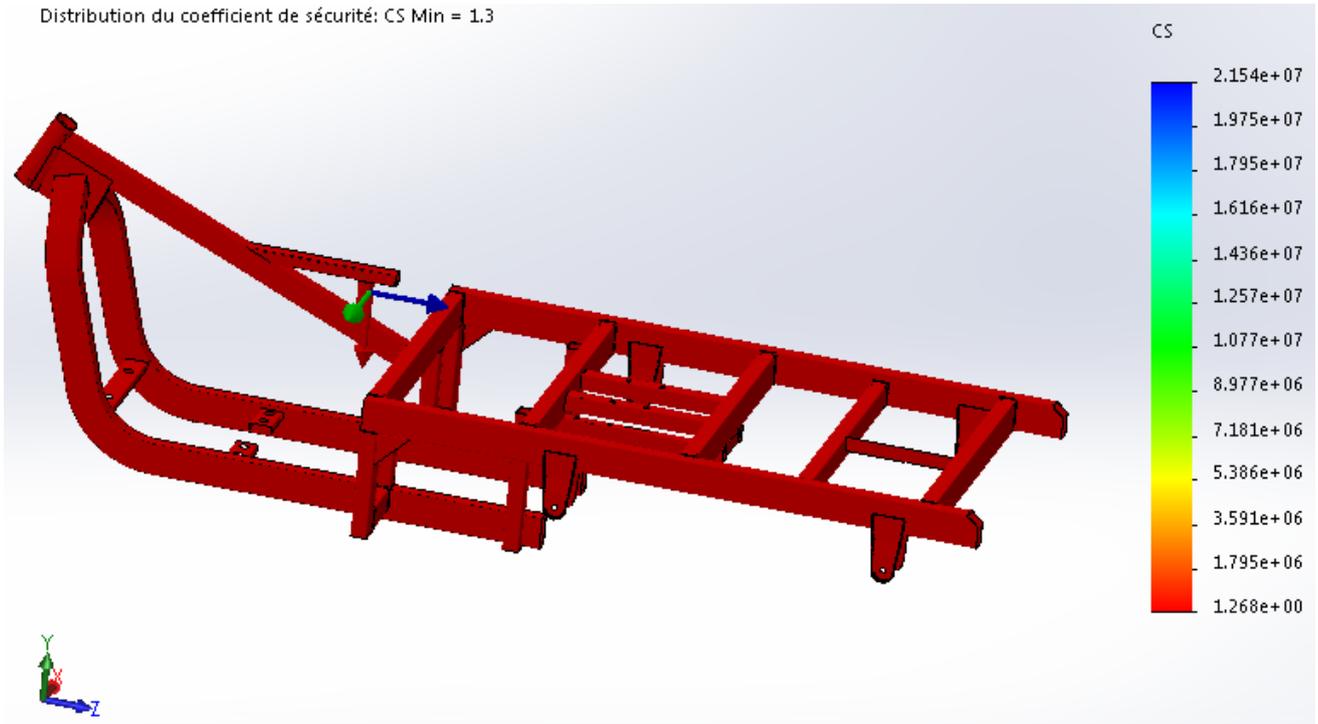


Figure V-7 distribution du coefficient de sécurité du châssis sous chargements maximales.

Le logiciel de simulation nous donne :

Cs min = 1.3

- **Tracé de contrôle de soudure**

Les figures ci-après montrent la partie où la contrainte est maximale et le tracé de contrôle de soudure, en tenant compte que la valeur de l'épaisseur estimé de cordon de soudure est égale à 1 millimètre.

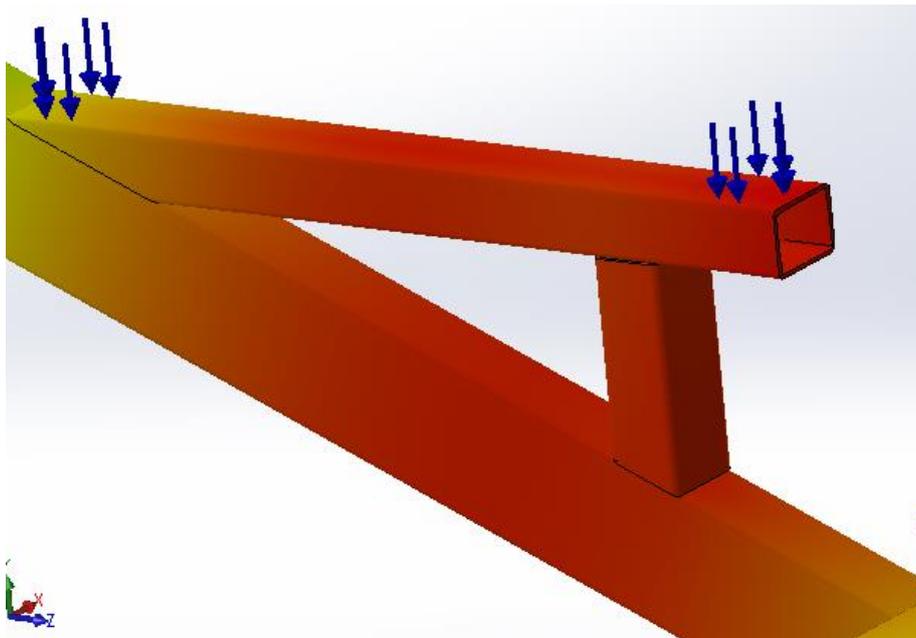


Figure V-8 la partie la plus sollicitée de la structure.

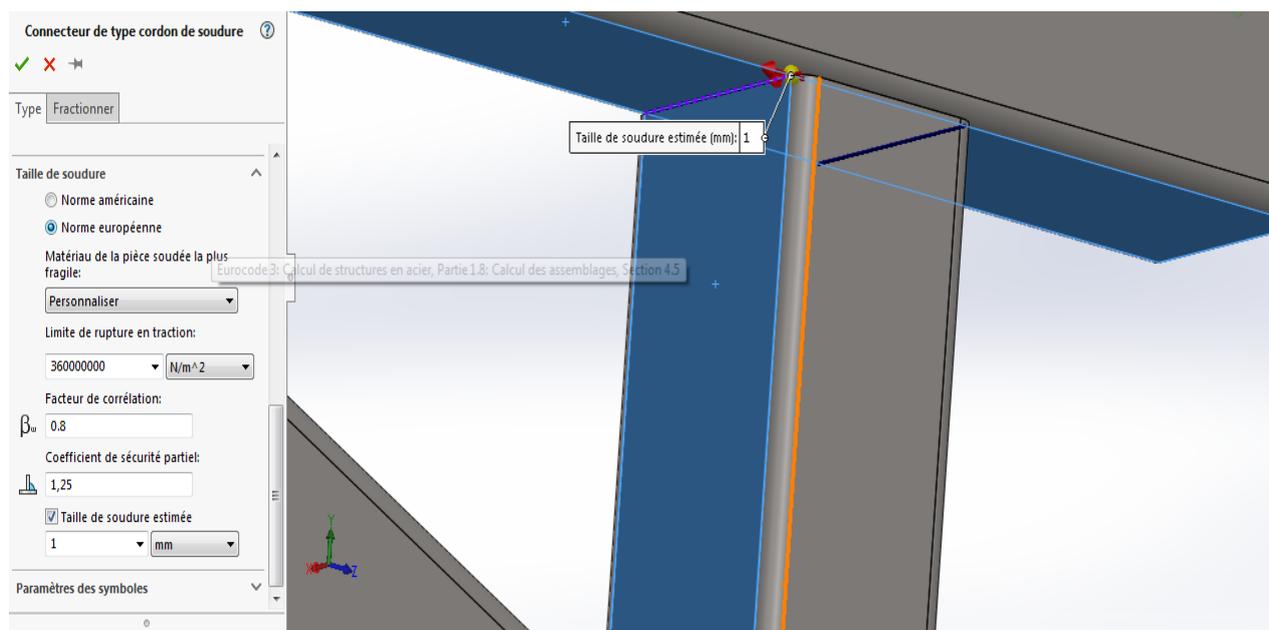


Figure V-9 Taille de soudure estimée.

Les différents paramètres de ce cordon de soudure sont affichés comme il est montré par la figure suivante :

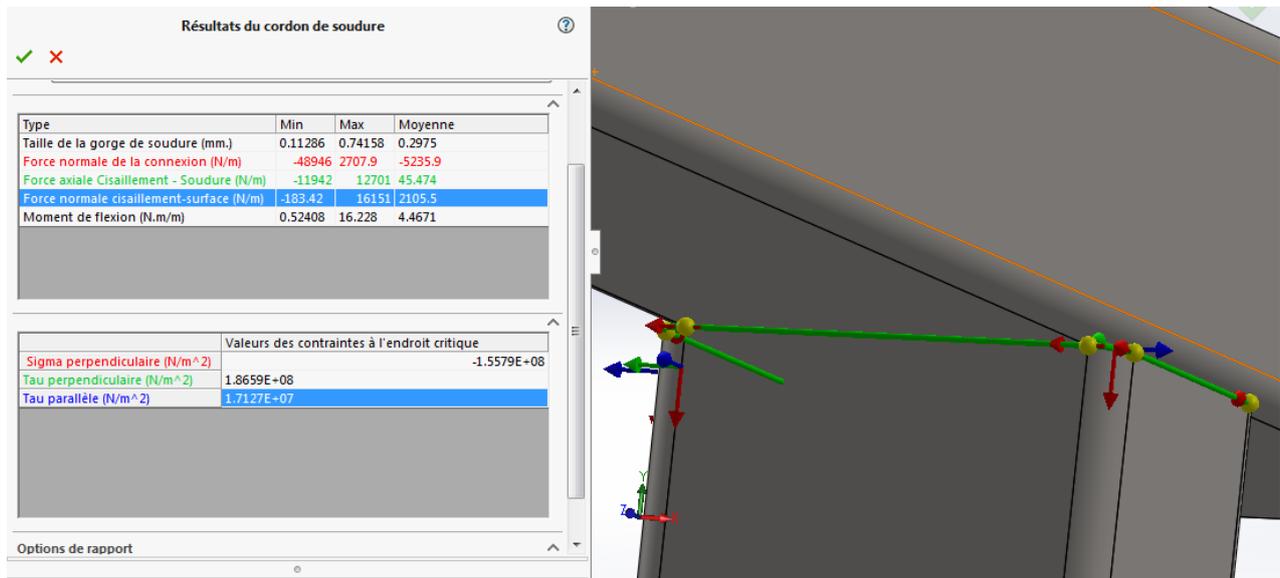


Figure V-10 Paramètres de cordon de soudure ainsi que sa taille estimée.

Avec ces résultats, nous allons vérifier les deux équations de soudure, Si les équations sont vérifiées donc tous les autres cordons de soudure seront vérifiés automatiquement.

- Critère corrigé de Von Mises

$$\beta_w^2 [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)] \leq (f_u/\gamma_{Mw})^2$$

β_w : Coefficient partiel sur la charge de rupture

γ_{Mw} : Coefficient en relation avec nuance d'acier de base.

f_u : Contrainte de rupture

On a :

$$\beta_w^2 [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)] = 0.8^2 [(-155.79)^2 + 3(186.59^2 + 17.127^2)] = 82942.75 \text{ MPa}$$

Et

$$(f_u/\gamma_{Mw})^2 = (360/1.25)^2 = 82944 \text{ MPa}$$

Alors :

$$82942.75 < 82944$$

Donc, la première équation est vérifiée.

Chapitre. V : Calculs et Simulation Numérique du Cordon de Soudure

Tenus au cisaillement perpendiculaire du joint

$$\sigma_{\perp} \leq f_u / \gamma_{Mw}$$

Or on a :

$$\sigma_{\perp} = 155.79 \text{ MPa}$$

Et

$$f_u / \gamma_{Mw} = 360 / 1.25 = 288 \text{ MPa}$$

Alors : $155.79 < 288$

Donc, la deuxième équation est vérifiée.

La figure ci-dessous montre le tracé de taille de cordon de soudure :

Tracé de taille du cordon de soudure

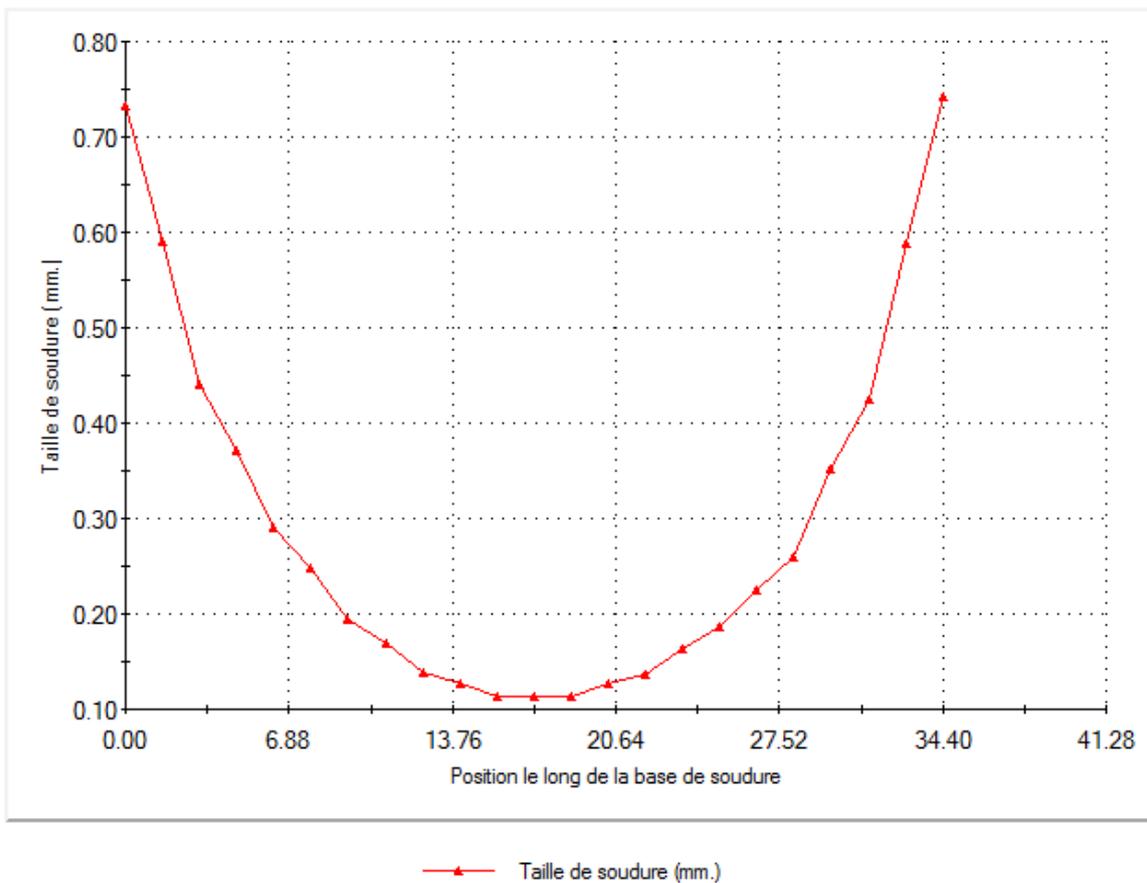


Figure V-11 Tracé de taille du cordon de soudure.

La figure ci-dessus représente les différentes tailles de soudure calculées pour un cordon de soudure pour la partie la plus sollicitée. Pour cet exemple, la plus grande valeur de la gorge de soudure est égale à 0.74. Donc la taille de la gorge 1 mm que nous utilisons est sécuriser et il ne y a aucun risque pour toute la structure.

V.2 Conclusion

Après l'étude complète bien détaillée de la structure de châssis, nous pouvons affirmer finalement que notre structure est rigide et ne présente aucuns risques de déformation et de déplacement malgré les efforts particuliers appliqués sur le châssis.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de ce travail est l'étude et la conception d'un châssis de moto à benne tricycle d'entreprise SARL VMS.

Tout d'abord la réalisation et la compréhension de ce travail a nécessité un stage pratique au sein de l'entreprise VMS industrie de la ZAC de Larbaa la commune de Toudja wilaya de Bejaia. Ce stage nous a été d'un grand bénéfice vu que nous avons vécu l'ambiance d'une entreprise de production de matériels roulant, nous avons suivi plusieurs étapes de conception et de fabrication des produits de cette entreprise allant du service du commerciale au simple ouvrier chargé de montage ou de contrôle du produit.

Pour atteindre notre objectif, nous avons commencé de faire une recherche générale sur les châssis existants ainsi que leurs caractéristiques, afin de connaître leur fonctionnement en générale.

Par la suite, nous avons reconnu le type de notre châssis qu'est châssis poutrelles de profile rectangulaire, où on a fait une recherche approfondie sur ce type ainsi que la manière de leur fabrication.

Ensuite, nous avons réalisé la conception finale de châssis. Puis on a passé à l'étude numérique où on fait une analyse statique en éléments finis de son comportement mécanique à la soumission aux forces appliquées. Après de cette étude on a conclu que la structure est rigide.

En final, on a complété notre travail par une étude de soudure qui confirme la rigidité du châssis.

ANNEXE

L'entreprise SARL « VMS »

VMS Industrie (Viva Motors Saigh), leader dans le secteur motorcycle, cette marque algérienne est devenue l'une des plus appréciées par les utilisateurs de tout âge.

C'est en 2014, dans la région d'Ifri Ouzellaguen que l'histoire de VMS Industrie commence à faire son bonhomme de chemin avec deux jeunes entrepreneurs qui décident de se lancer dans le montage de cycles et motocycles. C'est la première entreprise algérienne à se lancer dans le créneau du montage de scooters.

En 2015, malgré la récence de son activité, cette jeune entreprise voit grand en acquièrent un terrain au niveau de la ZAC de Larbaa sur la commune de Toudja pour implanter une unité de production aux normes industrielles. Cette réalisation inscrite à l'ANDI a été mise en exploitation en 2018 avec le transfert du siège d'Ouzellaguen à Toudja.

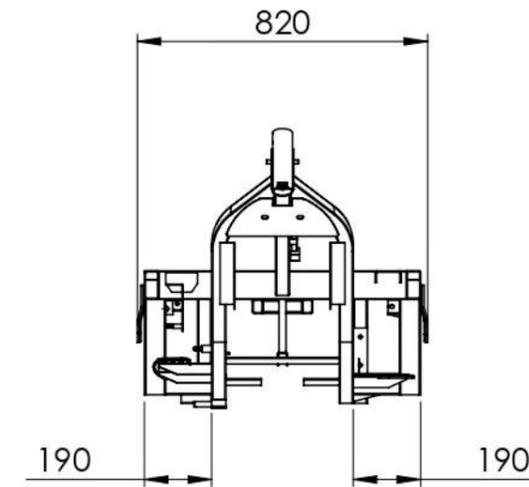
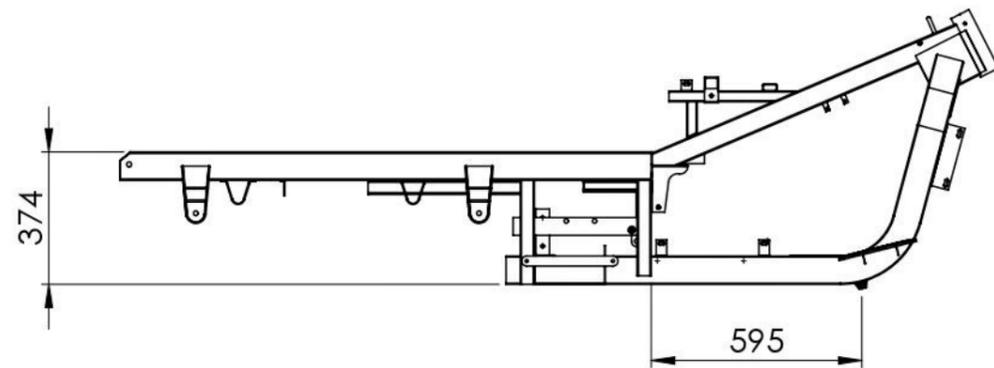
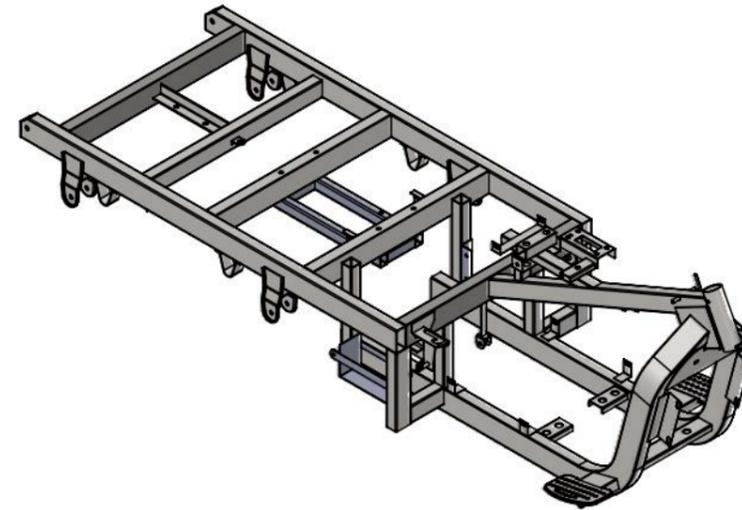
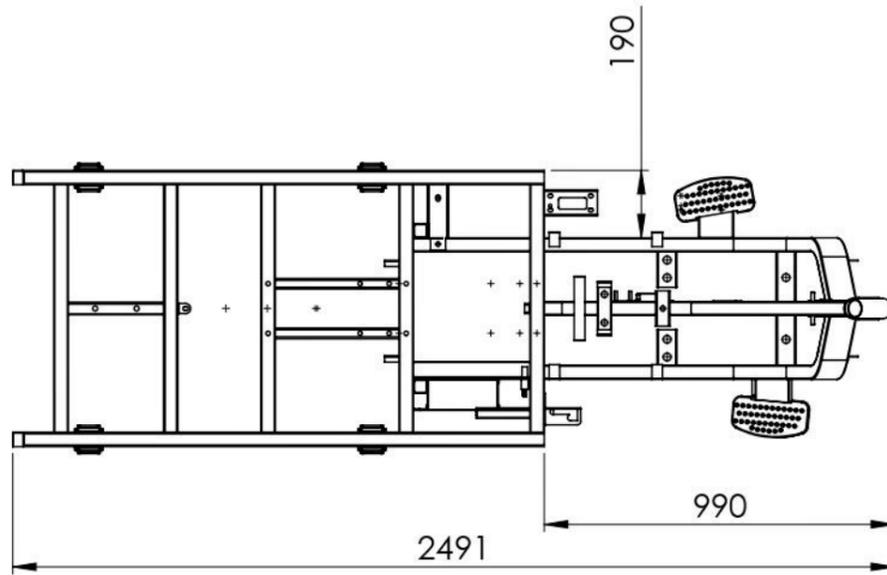
Dans la continuité de son développement planifié, VMS a investi dans une unité de fabrication des composantes de production. Elle a aussi fait appel à des sous-traitants locaux et elle s'est renforcée par des contrats de transfert technologique avec des partenaires internationaux.

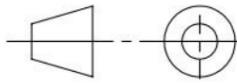
La croissance est le leitmotiv de VMS Industrie. Après cinq années d'activité, l'entreprise a multiplié ses effectifs en passant de 18 à 220 employés dont 40% de cadres avec une moyenne d'âge de 30ans. Le réseau de distribution ne déroge pas à la règle, en étendant sa zone d'influence sur tout le territoire national par l'ouverture de 80 agences de distribution.

En plus de sa marque algérienne (VMS), la SARL VMS Industrie fabrique d'autres produits sous le label de deux marques internationales : Benelli et Keeway.

La jeunesse de l'entreprise et de ses employés sont des atouts majeurs qui influent sur son dynamisme. VMS marque sa présence dans les salons et les expositions et organise souvent des campagnes de sensibilisation pour confirmer son statut d'entreprise citoyenne.

Aujourd'hui VMS Industrie le savoir-faire inestimable acquis pendant cette période constitue un atout pour un développement harmonieux à même d'assurer une croissance continue qui permettra la pérennité de l'emploi et à créer, l'épanouissement du personnel et une forte contribution socio-économique au pays en général et à la région en particulier.



ECHELLE 1:20	S235JR	UNIVERSITE A.MIRA BEJAIA	REALISE PAR: ZEMMOURA Mahmoud
	Conception châssis de moto à benne		FAIT LE:22/05/2022
A3			RD

Bibliographie

- [1] *Longeron voiture : fonctionnement, entretien et prix.* (2020, 24 janvier). Vroomly.
<https://www.vroomly.com/blog/longeron-voiture-fonctionnement-entretien-et-prix/>
- [2] R.K.Rajput, *A text book of automobile engineering*, Laxmi publications, 2007.
- [3] Naudot, E. (s. d.). *Châssis d'une voiture : techniques et évolutions.* <https://www.fiches-auto.fr/articles-auto/fonctionnement-d-une-auto/s-1699-les-types-de-chassis.php>
- [4] L'utilisation du carbone et des composites dans la réalisation de châssis de voitures de course par : Delannoy (Marc) et Demarle (Benoît) école des mines de DOUAI promotion 2009 années scolaires 2005-2006.
- [5] *Elaboration de tubes en acier / Caractéristiques des tubes / Assemblage des tubes / par: conandegar ch.* www.rocdacier.com.
- [6] 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.
- [7] Klas Weman, *procède de soudage*, Edition DUNOD 2012.
- [8] 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.
- [9] Inspectorat de l'association suisse Pour la technique du soudage (ASS) St. Alban-Rheinweg 222 4052 Bâle Référence SBA128.f / www.svsxass.ch ou www.svs.ch.
- [10] « Soudage à l'arc : Dossier complet | Techniques de l'Ingénieur ». <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/assemblage-des-materiaux-par-soudage-42512210/soudage-a-l-arc-b7730/> (consulté le 27, mai. 2022).
- [11] « Le soudage MIG MAG, semi-automatique GMAW », Rcd@cier, août 15, 2017.
<https://www.rocdacier.com/soudage-mig-mag-semi-automatique-gmaw/>.
- [12] « SolidWorks : Logiciel de modélisation 3D par conception paramétrique », Sculpteo. <https://www.sculpteo.com/fr/glossaire/solidworks-definition-fr/> (consulté le 03 juin 2022).
- [13] J. Morel, *Calcul des structures métalliques selon l'Eurocode 3*, 2008e éd.

- [14] *Lotus Elan Coupé S2 Type 36* -. (2020, 3 avril). <http://www.guide-autosport.com/guide/lotus-elan-coupe-s2-type-36.php>
- [15] *Chassis ISUZU D MAX Diesel*. (s. d.). Opisto. <https://www.opisto.fr/fr/auto/fiche-produit/40330363/chassis-isuzu-max-2007>
- [16] *châssis, Renault 4L, refabrication européenne selon norme CE 1400-2002. ATTENTION : contrôle TÜV Allemagne sans homo*. (s. d.). Der Franzose Automobiltechnik GmbH. <https://www.cipere.fr/fr/Renault/R4/Chassis/ANR87883/>
- [17] Deketele-Kestens, E. (2021, 27 février). *L'instant Méca # 5 : les différents types de châssis*. Palais-de-la-Voiture.com. <https://www.palais-de-la-voiture.com/2019/01/l-instant-meca-5-les-differents-types-de-chassis.html>
- [18] *materiel : decoupe-laser-diy [Wiki]*. (s. d.). <https://resonance.org/wiki/materiel/decoupe-laser-diy>
- [19] Schia, I. (2019, août 26). *Le plasma d'arc. Comment couper facilement un acier ?* http://www.structures-metalliques.com/Pratique_Plasma_Technologie.html
- [20] Dahlgrun, R. (2017, 6 juin). *MIG-MAG, MMA, TIG : choisir son système de soudure à l'arc*. Pinterest. <https://www.pinterest.fr/pin/291467407124409912/>
- [21] *Soudage et Assemblage-Soudage*. (s. d.). Google Books. https://books.google.dz/books?id=u_WgZwEACAAJ
- [22] *Freelem - Tutoriel - Assemblages - Soudage*. (s. d.). <http://www.freelem.com/tutoriel/analyse/assemblage/soudage.htm>
- [23] *calcul des assemblages soudés*. (s. d.). <https://notech.franceserv.com/calculassemblagessoudes.html>.

Résumé

Le but de ce projet de fin d'étude est l'étude et la conception d'un châssis de moto à benne de SARL VMS. Ce projet présente les différentes étapes d'étude et conception du châssis de moto à benne. Au départ on a analysé les types des châssis existant en générale et pour le type utilise en particulier, puis on réaliser la conception de notre structure finale, après on fait étude de simulation numérique de la structure en analysant son comportement mécanique suite à la soumission aux différentes forces appliquées.

Mots clé : Tricycle Moto de Ville, Conception et Dimensionnement, Simulation Numérique.

Abstract

The purpose of this end-of-study project is the study and design of a SARL VMS dump motorcycle chassis. This project presents the different stages of study and design of the dump motorcycle chassis. Initially we analyzed the types of chassis existing in general and for the type used in particular, then we design our final structure, after we study the numerical simulation of the structure by analyzing its mechanical behavior following submission to the different forces applied.

Keywords: City Motorcycle Tricycle, Design and Dimensioning, Digital Simulation.