

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie  
Département Génie Mécanique

## Mémoire de Master

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

### THEME

Étude et conception d'un système de manutention pour levage  
du pavillon d'un camion k66

Présenté par :

BELHADI Ali

TALI Salah Eddine

Promoteur :

MANSER Belkacem

Promotion 2019 - 2020

# Résumé

L'objectif principal de ce travail consiste à la conception d'un système de manutention pour levage du pavillon d'un camion k66.

Dans cette étude, la conception du système de manutention a été proposée et réalisée à l'aide du logiciel de conception SolidWorks® et la simulation du comportement de pavillon a transporté et les éléments du système proposé ont été estimés par le logiciel SolidWorks Simulation. Les principaux paramètres, fonctions, types et caractéristiques des éléments intervenants dans la simulation ont définis et introduits. Les résultats obtenus ont été présentés, discutés et approuvés.

**Mots-clés :** Système de manutention ; levage industriel ; Camion K66 ; pavillon ; simulation numérique.

# Abstract

The main objective of this work is the design of a handling system for lifting the roof of a k66 truck.

In this study, the design of the handling system was proposed and carried out using SolidWorks® design software and the simulation of the roof behavior was carried out and the elements of the proposed system were estimated by SolidWorks Simulation software. The main parameters, functions, types and characteristics of the elements involved in the modeling have been defined and introduced. The results obtained were presented, discussed and approved.

**Keywords:** Handling system; industrial lifting; K66 truck; roof; digital simulation.

# ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تصميم نظام مناولة لرفع سقف شاحنة K66.

في هذه الدراسة، تم اقتراح وتصميم نظام المناولة باستخدام برنامج SolidWorks® وتم حساب محاكاة سلوك الجناح المنقول وعناصر النظام المقترح بواسطة برنامج SolidWorks Simulation.

تم تحديد وإدخال المعلمات والوظائف والأنواع والخصائص الرئيسية للعناصر المشاركة في النمذجة. تم عرض النتائج التي تم الحصول عليها ومناقشتها والموافقة عليها.

**الكلمات المفتاحية:** نظام مناولة؛ رفع صناعي؛ شاحنة K66؛ جناح؛ محاكاة رقمية.

# Remerciements

Nous remercions en premier lieu « **ALLAH** » de tout puissant de nous avoir donné la santé et le pouvoir d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à remercier nos parents pour leur soutien moral et financier.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre gratitude à notre promoteur M. MANSER Belkacem pour ses conseils, ses orientations ainsi que sa disponibilité tout au long de notre travail.

Nous adressons mes sincères remerciements à tous les enseignants, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant nos recherches.

Nous remercions également toute l'équipe de l'entreprise TE.SNVI ROUIBA pour nous avoir dirigé et orienté pendant toute la durée de notre stage et en particulier M. HABIKI Rabah.

En fin, aux honorables membres du Jury qui nous font l'honneur d'examiner notre modeste travail.



# *Dédicace*

*Je tiens à dédier ce travail.*

*A ma très chère **mère** et à mon très cher **père**, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leur soutien et prières durant toutes mes années d'études, de leurs sacrifices illimités, leur réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me permettre d'atteindre ce but.*

*A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance.*

*A mon cher frère,*

*A ma Chère sœur,*

*A toute ma famille,*

*A tous mes amis,*

*A tous ceux qui m'aiment.*

*Belhadi ali*





# *Dédicace*

*Je tiens à dédier ce travail.*

*A ma très chère mère et à mon très cher père, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leur soutien et prières durant toutes mes années d'études, de leurs sacrifices illimités, leur réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me permettre d'atteindre ce but.*

*A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance.*

*A mes chers frères,*

*A mes Chères sœurs,*

*A toute ma famille,*

*A tous mes amis,*

*A tous ceux qui m'aiment.*

*Tali salah eddine*



# Table des matières

<b>Table des matières</b>	<b>i</b>
<b>Table des figures</b>	<b>vii</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>x</b>
<b>Nomenclature</b>	<b>xi</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Présentation de l'entreprise SNVI</b>	<b>3</b>
<b>Chapitre I : Systèmes de manutention et appareils de levage</b>	<b>7</b>
Introduction : .....	7
1. Définition et réglementation de manutention : .....	7
1.1. Définition de manutention : .....	7
1.2. Manutention de nos jours : .....	7
1.3. Types de la manutention : .....	8
1.3.1. Manutention manuelle : .....	8
1.3.2. Manutention mécanique : .....	9
2. Risques en manutention : .....	9
2.1. Facteurs de risque : .....	9
2.2. Evaluation des risques : .....	10
2.2.1. Pour la manutention manuelle : .....	10
2.2.2. Pour la manutention mécanique : .....	10
3. Missions et conséquences de la manutention : .....	11
4. Buts de la manutention : .....	11
5. Métiers en lien avec la manutention : .....	12
6. Moyens et documents de manutentions : .....	12
7. Levage industriel : .....	13
7.1. Equipements de levage industriel : .....	13
7.1.1. Pont roulant : .....	13

7.1.2.	Portique de manutention : .....	14
7.1.3.	Palan : .....	15
7.1.4.	Potence : .....	15
7.1.5.	Treuil : .....	16
7.1.6.	Grues : .....	17
7.1.7.	Chariot élévateur : .....	17
7.1.8.	Tables élévatrices : .....	18
7.2.	Accessoires de levage : .....	18
7.2.1.	Cé de levage : .....	19
7.2.2.	Ventouse : .....	19
7.2.3.	Fourche de levage : .....	20
7.2.4.	Aiment de levage : .....	20
7.2.5.	Pince : .....	21
7.2.6.	Élingues : .....	24
8.	Manutention et levage professionnel : .....	25
9.	Avantages de la manutention et de levage professionnel : .....	25
	Conclusion : .....	25

## **Chapitre II : Étude et conception de système de manutention 27**

	Introduction : .....	27
1.	Structure de toit (pavillon) : .....	27
1.1.	Définition : .....	27
1.2.	Caractéristique : .....	28
1.3.	Position : .....	28
2.	Ancienne méthode de levage de toit : .....	28
3.	Présentation de logiciel SolidWorks : .....	29
3.1.	Description : .....	30
3.2.	Pourquoi choisir SolidWorks® ? .....	30
3.3.	Fonctionnalités de SolidWorks® : .....	31
4.	Conception de système de levage : .....	31
4.1.	Conception de toit : .....	31
4.2.	Conception de système de levage : .....	32
5.	Description des éléments du système de levage : .....	34

5.1.	Support : .....	34
5.2.	Axe goupille 1 et 2 : .....	35
5.3.	Circlips 1 : .....	37
5.4.	Levier : .....	39
5.5.	Appui : .....	41
6.	Calcul des forces appliquées sur le système : .....	42
6.1.	Contrainte appliquée sur le toit (charge répartie) : .....	42
6.2.	Calcule les réactions $R_1$ et $R_2$ (forces appliquées sur les axes goupilles) : .....	45
6.3.	Calcul des élingues : .....	47
	Conclusion : .....	50
<b>Chapitre III : Simulation numérique de système de levage</b>		<b>51</b>
	Introduction : .....	51
1.	Simulation numérique : .....	51
1.1.	Définition de la simulation : .....	51
1.2.	SolidWorks simulation : .....	51
1.3.	Gamme SolidWorks simulation : .....	52
1.4.	Fonctionnalités de SolidWorks Simulation : .....	52
2.	Processus d'analyse : .....	53
3.	Résultats et discussion de la simulation : .....	54
3.1.	Analyse et simulation du toit (pavillon) : .....	54
3.1.1.	Charges et condition aux limites : .....	54
3.1.2.	Maillage de modèle : .....	55
3.1.3.	Résultats de la simulation : .....	55
a.	Champ de contrainte : .....	55
b.	Champ de déplacement : .....	56
c.	Champ de déformation : .....	56
d.	Coefficient de sécurité : .....	57
3.2.	Analyse et simulation de support (Phase 1 : simulation des crochets) : .....	58
3.2.1.	Charges et condition aux limites : .....	58
3.2.2.	Maillage de modèle : .....	58
3.2.3.	Résultats de la simulation : .....	59
a.	Champ de contrainte : .....	59
b.	Champ de déplacement : .....	60



---

c.	Champ de déformation :	60
d.	Coefficient de sécurité :	61
3.3.	Analyse et simulation de support (Phase 2 : simulation de la base) :	61
3.3.1.	Charges et condition aux limites :	61
3.3.2.	Maillage de modèle :	62
3.3.3.	Résultats de la simulation :	62
a.	Champ de contrainte :	63
b.	Champ de déplacement :	63
c.	Champ de déformation :	64
d.	Coefficient de sécurité :	64
3.4.	Analyse et simulation de levier :	65
3.4.1.	Charges et condition aux limites :	65
3.4.2.	Maillage de modèle :	65
3.4.3.	Résultats de la simulation :	66
e.	Champ de contrainte :	66
f.	Champ de déplacement :	67
g.	Champ de déformation :	67
h.	Coefficient de sécurité :	68
3.5.	Analyse et simulation de l'axe Goupille 1 :	69
3.5.1.	Charges et condition aux limites :	69
3.5.2.	Maillage de modèle :	69
3.5.3.	Résultats de la simulation :	70
a.	Champ de contrainte :	70
b.	Champ de déplacement :	71
c.	Champ de déformation :	71
d.	Coefficient de sécurité :	72
3.6.1.	Charges et condition aux limites :	73
3.6.2.	Maillage de modèle :	73
3.6.3.	Résultats de la simulation :	74
a.	Champ de contrainte :	74
b.	Champ de déplacement :	75
c.	Champ de déformation :	75
d.	Coefficient de sécurité :	76
3.7.	Analyse et simulation de l'appui :	76

---

3.7.1. Charges et condition aux limites :.....	76
3.7.2. Maillage de modèle :.....	77
3.7.3. Résultats de la simulation :.....	78
a. Champ de contrainte :.....	78
b. Champ de déplacement :.....	78
c. Champ de déformation :.....	79
d. Coefficient de sécurité :.....	80
Conclusion :.....	80
<b>Conclusion générale</b>	<b>81</b>
<b>Références Bibliographie</b>	<b>82</b>
<b>Annexe</b>	<b>84</b>

# Table des figures

## Chapitre I

<b>Figure I.1</b> : Facteurs de risque .....	10
<b>Figure I.2</b> : Pont roulant .....	14
<b>Figure I.3</b> : Portique de manutention .....	14
<b>Figure I.4</b> : Palan .....	15
<b>Figure I.5</b> : Potence .....	16
<b>Figure I.6</b> : Treuil .....	16
<b>Figure I.7</b> : Grue mobile .....	17
<b>Figure I.8</b> : Chariot élévateur .....	18
<b>Figure I.9</b> : Table élévatrice .....	18
<b>Figure I.10</b> : Cé de levage .....	19
<b>Figure I.11</b> : Ventouse .....	19
<b>Figure I.12</b> : Fourche de levage .....	20
<b>Figure I.13</b> : Aiment de levage .....	21
<b>Figure I.14</b> : Pince à buse.....	21
<b>Figure I.15</b> : Pince a tuyau .....	21
<b>Figure I.16</b> : Elingue simple .....	24
<b>Figure I.17</b> : Elingue double .....	24
<b>Figure I.18</b> : Elingue à brins multiple .....	24
<b>Figure I.19</b> : Crochet .....	25
<b>Figure I.20</b> : Manille .....	25
<b>Figure I.21</b> : Anneau .....	25

## Chapitre II

<b>Figure II.1</b> : Plan de pavillon fourni par SNVI .....	27
<b>Figure II.2</b> : Position de toit sur la cabine de camion k66 .....	28
<b>Figure II.3</b> : Positionnement de toit manuellement par deux ouvriers .....	29
<b>Figure II.4</b> : Toit de camion k66 dessiné par SolidWorks® .....	32

<b>Figure II.5</b> : Système de levage dessiné par SolidWorks® .....	33
<b>Figure II.6</b> : Nomenclature de système de levage proposé .....	33
<b>Figure II.7</b> : Support de système de levage dessiné par SolidWorks® .....	34
<b>Figure II.8</b> : Axe goupille 1 .....	36
<b>Figure II.9</b> : Axe goupille 2 .....	36
<b>Figure II.10</b> : Circlips 1 .....	38
<b>Figure II.11</b> : Circlips 2 .....	38
<b>Figure II.12</b> : Levier.....	40
<b>Figure II.13</b> : Appui .....	41
<b>Figure II.14</b> : Charge appliquée sur les leviers .....	42
<b>Figure II.15</b> : Zone d'application de contrainte $\sigma_1$ .....	44
<b>Figure II.16</b> : Zone d'application de contrainte $\sigma_2$ .....	44
<b>Figure II.17</b> : Zone d'application de contrainte $\sigma_3$ .....	45
<b>Figure II.18</b> : Zone de cisaillement.....	45
<b>Figure II.19</b> : Isolement de levier .....	46
<b>Figure II.20</b> : Position de CDG de toit par rapport au repère. ....	47
<b>Figure II.21</b> : Illustration de l'angle entre le levier et le crochet. ....	48
<b>Figure II.22</b> : Illustration de point de d'interaction .....	48
<b>Figure II.23</b> : Illustration de forme d'élingue .....	49

## Chapitre III

<b>Figure III.1</b> : Toit sous charges réparties et conditions aux limites.....	54
<b>Figure III.2</b> : Maillage de toit .....	55
<b>Figure III.3</b> : Distribution des contraintes équivalentes de Von-mises sur le toit .....	56
<b>Figure III.4</b> : Distribution de champ de déplacement de toit.....	56
<b>Figure III.5</b> : Distribution de champ de déformation de toit .....	57
<b>Figure III.6</b> : Distribution du coefficient de sécurité sur le toit.....	57
<b>Figure III.7</b> : Support sous forces appliquées et conditions aux limites dans la phase 1 .....	58
<b>Figure III.8</b> : Maillage de support dans la phase 1 .....	59
<b>Figure III.9</b> : Distribution des contraintes équivalentes sur le support dans la phase 1 .....	59
<b>Figure III.10</b> : Distribution de champ de déplacement sur le support dans la phase 1 .....	60
<b>Figure III.11</b> : Distribution de champ de déformation de support dans la phase 1 .....	60
<b>Figure III.12</b> : Distribution du coefficient de sécurité sur le support dans la phase 1 .....	61

---

<b>Figure III.13</b> : Support sous forces appliquées et conditions aux limites dans la phase 2 .....	62
<b>Figure III.14</b> : Maillage de support dans la phase 2 .....	62
<b>Figure III.15</b> : Distribution des contraintes équivalentes sur le support dans la phase 2 .....	63
<b>Figure III.16</b> : Distribution de champ de déplacement sur le support dans la phase 2.....	63
<b>Figure III.17</b> : Distribution de champ de déformation de support dans la phase 2 .....	64
<b>Figure III.18</b> : Distribution du coefficient de sécurité sur le support dans la phase 2.....	64
<b>Figure III.19</b> : Levier sous les force appliquées et conditions aux limites .....	65
<b>Figure III.20</b> : Maillage appliqué sur le levier.....	66
<b>Figure III.21</b> : Distribution des contraintes équivalente de Von-mises sur le levier.....	66
<b>Figure III.22</b> : Distribution de champ de déplacement sur le levier .....	67
<b>Figure III.23</b> : Distribution de champ de déformation de levier.....	68
<b>Figure III.24</b> : Distribution du coefficient de sécurité sur le toit.....	68
<b>Figure III.25</b> : Axe goupille 1 sous les force appliquées et conditions aux limites.....	69
<b>Figure III.26</b> : Maillage appliqué sur l'axe goupille 1.....	70
<b>Figure III.27</b> : Distribution de champ des contraintes équivalentes sur l'axe goupille 1 .....	71
<b>Figure III.28</b> : Distribution de champ de déplacement sur l'axe goupille 1 .....	71
<b>Figure III.29</b> : Distribution des coefficients de sécurité de l'axe goupille 1 .....	72
<b>Figure III.30</b> : Axe goupille 1 sous les force appliquées et conditions aux limites.....	73
<b>Figure III.31</b> : Maillage appliqué sur l'axe goupille 2.....	74
<b>Figure III.32</b> : Distribution de champ des contraintes équivalentes sur l'axe goupille 2.....	74
<b>Figure III.33</b> : Distribution de champ de déplacement sur l'axe goupille 2.....	75
<b>Figure III.34</b> : Distribution de champ de déformation de l'axe goupille 2.....	75
<b>Figure III.35</b> : Distribution des coefficients de sécurité de l'axe goupille 2 .....	76
<b>Figure III.36</b> : Appui sous les force appliquées et conditions aux limites .....	77
<b>Figure III.37</b> : Maillage de l'appui.....	77
<b>Figure III.38</b> : Distribution de champ des contraintes équivalentes sur l'appui.....	78
<b>Figure III.39</b> : Distribution de champ de déplacement sur l'appui.....	79
<b>Figure III.40</b> : Distribution de champ de déformation de l'appui .....	79
<b>Figure III.41</b> : Distribution des coefficients de sécurité de l'appui .....	80

---

# Liste des tableaux

## Chapitre I

<b>Tableau I.1</b> : Limites de levage selon le code de travail .....	8
<b>Tableau I.2</b> : Limites de levage selon la norme AFNOR NFX 35-109 .....	8
<b>Tableau I.3</b> : Modèle de pince a tôle verticale .....	22
<b>Tableau I.4</b> : Modèle de pince a tôle horizontale .....	23

## Chapitre II

<b>Tableau II.1</b> : Caractéristique réelles de toit .....	28
<b>Tableau II.2</b> : Caractéristique de toit estimé par SolidWorks® .....	31
<b>Tableau II.3</b> : Caractéristique des éléments de système de levage proposé .....	34
<b>Tableau II.4</b> : Propriété mécanique de matériau 36CrNiMo4 .....	35
<b>Tableau II.5</b> : Caractéristiques mécaniques de support .....	35
<b>Tableau II.6</b> : Propriété mécanique de matériau X20Cr13 .....	37
<b>Tableau II.7</b> : Caractéristique mécanique d'axe goupille 1 .....	37
<b>Tableau II.8</b> : Caractéristique mécanique d'axe goupille 2 .....	37
<b>Tableau II.9</b> : Propriété mécanique de Cr18Ni10Nb .....	39
<b>Tableau II.10</b> : Caractéristique mécanique de circlips 1 .....	39
<b>Tableau II.11</b> : Caractéristique mécanique de circlips 2 .....	39
<b>Tableau II.12</b> : Propriété mécanique de S185 .....	40
<b>Tableau II.13</b> : Caractéristique mécanique de levier .....	41
<b>Tableau II.14</b> : Caractéristique mécanique d'appui .....	41

# Nomenclature

SNVI	Société nationale des véhicule industriels
FO.R	Epe Fonderies de Rouïba
V.I.R	Véhicules Industriels de Rouïba
C.I.R	Carrosseries Industrielles de Rouiba
C.I.T	Carrosseries Industrielles de Tiaret
E.R.V.I	Entreprise Rénovation Véhicules Industriels
ERP	Système d'information
CAO	Conception assistée par ordinateur
CDG	Centre de gravite
R	Réactions (N)
H	Hauteur de l'élingue (mm)
GMA	Grue a montage automatisé
GME	Grue a montage par éléments
S	Section d'application (mm <sup>2</sup> )
PVC	Polychlorure de vinyle
E	Epaisseur (mm)
F	Effort normal (N)
$\sigma$	Contrainte (MPa)
Cs	Coefficient de sécurité (pas d'unité)
$m_t$	Masse de toit (kg)
$m_s$	Masse globale de système (kg)
g	Constante universelle de gravitation (N.kg <sup>-1</sup> )
T	Température (°C)
M	Moments (N.m)
L	Distance entre F <sub>2</sub> et R <sub>2</sub> (mm)
l	Distance entre R <sub>2</sub> et R <sub>1</sub> (mm)
TE	Tôlerie et emboutissage

# Introduction générale

Nous rencontrons les appareils de manutention et levage a tous les niveaux des activités économiques, tant industrielles que commerciales. Présents lors des phases transitoires des cycles d'élaboration des matériaux et des produits, ils sont également des compléments incontournables lors des opération de transport.

En mécanique, on appelle les systèmes de manutention tous les appareils et machines qui possèdent des mécanismes ou des techniques pour effectuer les déplacements des charges objets et mêmes des personnes.

La manutention des charges exige des équipements de levage de haute performance opérant de manière sure, précise et sécuritaire. La disponibilité, la fiabilité et la rentabilité de ces équipements représentent des facteurs cruciaux quelle que soit l'application.

Jusqu'à présent, l'homme ne cesse de développer de nouveaux appareils pour effectuer la manutention, venant de l'exemple des palans depuis le temps ancien jusqu'à arriver au système automatisés de nos jours.

L'entreprise SNVI (société nationale des véhicule industriel) a pris l'initiative de moderniser l'atelier de TE (tôlerie et emboutissage) et améliorer les méthodes de production. Le bureau d'étude de l'atelier TE nous a confié l'étude et la conception d'un système de manutention pour levage de toit de camion k66 dans le cadre de notre projet de fin de cycle Master.

L'objectif de cette étude est de concevoir un système manutention pour levage de toit de camion k66 de manière sure, précise et sécuritaire, et de simuler son comportement (la résistance de ces éléments) pendant les conditions de fonctionnement (déplacement de toit).

Pour répondre à l'objectif fixe dans le cadre de cette étude, nous nous proposons de structurer ce présent manuscrit en trois chapitres.

Dans un premier chapitre, nous présenterons d'abord des généralités sur la manutention et ses risques. A cet effet, nous rappellerons les mission et conséquences de la manutention. Ensuite, nous exposerons des définitions des équipements de levage industriel et les accessoires de manutention. Enfin nous terminerons ce chapitre en mentionnant les avantages de la manutention et le levage professionnel.

Le deuxième chapitre sera consacré à une présentation de toit et de l'ancienne méthode de levage (méthode manuelle), puis, une conception numérique via le logiciel SolidWorks®, ainsi que les calculs des dimensions de système le choix de matériau utilisé pour chaque élément de



ce dernier. L'objectif principale de ce chapitre est de mettre en exergue les outils nécessaires pour faire la simulation de toit et de système sous les conditions de fonctionnement.

La simulation numérique, via le logiciel SolidWorks Simulation, du toit et des différents éléments du système ainsi l'analyse et la dissertation de résultats obtenus feront l'objet du troisième chapitre.

Une conclusion générale synthétisera l'étude réalisée et les résultats obtenus dans notre travail. Enfin perspectives de développement ultérieurs seront proposées et parachèveront ce manuscrit.

# Présentation de l'entreprise SNVI

L'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI), Entreprise Publique Economique constituée en société par actions depuis mai 1995, produit et commercialise des véhicules industriels.

L'Entreprise nationale de véhicules industriels (SNVI) a pour vocation la conception, la fabrication, la commercialisation et le soutien après-vente d'une importante gamme de produits. Au capital social de 2.200.000.000 DA, détenu en totalité par l'Etat algérien, la SNVI construit des camions et camions-tracteurs, autocars, des autobus, des équipements de carrosserie industrielle et des équipements ferroviaires.

Trois qualités distinguent ce fleuron de l'industrie nationale de ses similaires sur le marché et expliquent son succès et sa force. Son organisation d'abord. " L'organisation de la société est adossée à des procédures ". La maîtrise de la technologie permet à " l'entreprise de faire de la conception, de la fabrication, du montage de véhicules industriels et de pièces de liaison mécanique " est une autre qualité de l'entreprise, La troisième qualité de la SNVI réside dans sa ressource humaine. " Nous avons une ressource humaine potentielle en termes de nombre, de qualité et de diversité ".

## 1. Constitution de Groupe SNVI :

### La société mère composée de :

- Directions Centrales.
- Direction Centrale Commerciale et son réseau.

Les missions principales de la société Mère SNVI orientées essentiellement vers :

L'exercice de contrôle des filiales et la gestion de portefeuille de participations dans les JV suivantes :

- ZF Algérie : (SNVI 20%/ ZF Allemagne 80%).
- SAPPL-MB : Société Algérienne pour la Production de Poids Lourds de marque Mercedes-Benz à Rouïba : SNVI 17% / EPIC EDIV (MDN) 34% / AABAR (Emirates Arabes Unis) 49% avec DAIMLER (partenaire technologique).
- SAFAV-MB : Société Algérienne pour la Fabrication de Véhicules de Marque Mercedes-Benz à Tiaret. SNVI 17% / EPIC EDIV (MDN) 34% / AABAR (Emirates Arabes Unis)49% avec DAIMLER (partenaire technologique).
- RAP (Renaut Algérie Production) : SNVI 34% /FNI (Fonds National d'Investissement) 17% / Renault 49%.

- L'élaboration et la mise en œuvre de la politique financière.
- La définition de la politique de rémunération et du développement de la Ressource Humaine du Groupe.
- Continuer également à assurer le business actuel en rapport avec :
  - La commercialisation des véhicules industriels neufs,
  - Les activités du Transport, Dédouanement et Transit,
  - La formation spécialisée avec son centre implanté sur site de Rouïba.

### **1.1. Epe Fonderies de Rouïba (FO. R) :**

Produisant pour les structures de la SNVI, pour la sous-traitance et pour différents clients, des pièces bruts, en fonte lamellaire et fonte sphéroïdale ainsi que des pièces en aluminium.

### **1.2. Epe Véhicules Industriels de Rouïba (V.I.R) :**

Produisant des camions de 6,6 à 26 tonnes de poids total en charge, des tracteurs routiers, des autocars et des autobus en mettant en œuvre diverses techniques et technologies telles : l'emboutissage, le taillage d'engrenages, la rectification, le forgeage et les traitements thermiques.

Cette filiale est composée de 5 centres de production :

- Un Centre Forges : produisant des bruts de forge,
- Un Centre d'Usinage Mécanique : produisant des ponts, des essieux, des directions et d'autres pièces de liaison.
- Un Centre de Tôlerie Emboutissage pour la production de longerons pour cadres châssis, de cabines et d'autres pièces de liaison.
- Un Centre de Montage de Camions avec deux lignes d'assemblage
- Un Centre de Montage d'autocars et d'autobus : assemblage cars et bus et fabrication pièces en polyester et sellerie.

### **1.3. Epe Carrosseries Industrielles de Rouiba (C.I.R) :**

La Filiale Carrosseries Industrielles de Rouiba, située à 10 minutes de l'aéroport d'Alger et à 30 minutes du port, fabrique des équipements industriels portés et tractés : Plateaux, Bennes, Citernes à eau, Citernes hydrocarbure, Semi-remorques ainsi que des équipements spéciaux d'assainissement et voirie, de lutte contre l'incendie et des minicars. Elle est située sur le même site que les filiales Fonderies et Véhicules Industriels, dans la zone industrielle de Rouiba -Alger.

### **1.4. Carrosseries Industrielles de Tiaret (C.I.T) :**

La Filiale Carrosseries Industrielles de Tiaret, située à la commune de Ain Bouchekif-Tiaret à 3Km de l'aéroport de Tiaret, spécialisée dans la conception et la fabrication de carrosseries industrielles portés et tractés dans les gammes suivantes : Plateaux, Bennes, Citernes à eau, Citernes hydrocarbures, cocottes à ciment, Portes engins, Fourgons frigorifiques/standards et véhicules spéciaux.

### 1.5. Epe Entreprise Rénovation Véhicules Industriels (E.R.V.I) :

Proposant une gamme de services variée dans le domaine de la rénovation de véhicules. Elle est spécialisée dans la réparation et la rénovation mécanique de matériel lourd, de transport routier, de véhicules automobiles et de parties et pièces mécaniques pour tous types de véhicules.

### 2. Activités :

Production et commercialisation :

- Camions de 6,6 à 26 tonnes de poids total en charge
- Autocars et autobus de 25 à 100 passagers
- Equipements de carrosserie, remorques, semi-remorques et porte-engins de 3 à 75 tonnes de poids total en charge.



**Figure 1:** D'efférents produits de SNVI

### 2.1. Technologies et techniques mises en œuvre :

- Fonderie fonte et aluminium,
- Estampage à chaud,
- Emboutissage et formage,
- Usinages de précision,
- Production de pièces en polyester,
- Travaux de chaudronnerie et de soudage.

## 2.2. Prestations d'appui :

- Direction d'études et d'adaptation.
- Centre informatique (système d'information, ERP).
- Centre de formation.
- Laboratoires de chimie, de métallurgie et métrologie.
- Unité spécialisée en transit / dédouanement et transport.

## 3. Infrastructures industrielles et capacités de production :

**Tableau 1:** Infrastructures industrielles et capacités de production

Usines	Nature des activités	Capacités de production installées
<b>Epe Véhicules Industriels de Rouïba</b>	Production de véhicules motorisés (camions, autocars et autobus)	4 500 Unités
<b>Epe Fonderies de Rouïba</b>	Production de pièces de fonderie en fonte nodulaire et en aluminium	12 000 Tonnes Fonte 200 Tonnes Aluminium
<b>Epe Carrosseries Industrielles de Rouïba</b>	Production de toutes carrosseries portées, sur camions (bennes, plateau, frigo...) ainsi que de minicars.	8 500 Unités
<b>Epe Carrosseries Industrielles de Tiaret</b>	Production de toutes carrosseries tractées (bennes, plateau, frigo... ..).	9 000 Unités

# Chapitre I

## Systemes de manutention et appareils de levage industriels

### Introduction :

Au cours des dernières années, de nombreuses entreprises ont investi dans les systèmes de levage et manutention afin de rendre leurs activités productives et logistiques plus flexibles et efficaces.

Grâce à l'avancée technologique, il est désormais possible de recourir à des travaux de manutention en utilisant des outils plus efficaces. L'apparition et l'utilisation des appareils de levage et manutention permettent aux entreprises d'améliorer la productivité, diminuer le risque d'accident, avoir une bonne précision et accélérer la production et réduire le coût.

Dans ce chapitre, nous essayerons tout d'abord de faire le tour sur les définitions de base de la manutention, leur rôle, risque, mission, conséquence et but. Ensuite, nous présenterons les principaux types de la manutention, à savoir : manuelles et mécaniques. Puis, nous exposerons une synthèse sur les équipements et les accessoires de levage industriel. Enfin, nous terminerons ce chapitre en détaillant la manutention et le levage professionnel et ses avantages.

### 1. Définition et réglementation de manutention :

#### 1.1. Définition de manutention :

La manutention désigne l'action de manipuler, de déplacer des marchandises, des colis ou des pièces dans un lieu de production ou de stockage tel un entrepôt, une usine, un magasin, un bureau, etc. [1].

#### 1.2. Manutention de nos jours :

À l'origine, la manutention est l'activité qui consiste à déplacer des colis et des palettes à la main. Grâce à l'avancée technologique, il est désormais possible de recourir à des travaux de manutention en utilisant des outils plus efficaces. L'apparition et l'utilisation des appareils de manutention permettent aux entreprises d'améliorer la productivité. L'investissement dans les outils de manutention permet de rentabiliser et de vaincre la concurrence.

C'est dans cette optique de concurrence que les sociétés investissent dans l'achat d'appareils toujours plus performants. La majorité des usines qui fonctionnent en ayant recours au chargement et déplacement de produits et palettes imposants sont équipées d'engins de manutention et d'une équipe de manutentionnaires qualifiés [2].

### 1.3. Types de la manutention :

Il existe plusieurs types de manutention possibles. En effet, l'utilisation de ces différents types de manutention permet non seulement de faciliter la tâche, mais aussi de gagner en temps et en productivité. En pratique, nous distinguons deux grands types de manutention [3] :

#### 1.3.1. Manutention manuelle :

La manutention manuelle désigne toute opération de transport ou de soutien d'une charge dont le levage, la pose, la poussée, la traction, le porte ou le déplacement exigent l'effort physique d'une ou de plusieurs personnes [3].

##### Le code du travail indique :

- Privilégier la manutention mécanique,
- Limiter les charges :
  - En fonction de sexe et de l'âge :

**Tableau I.1** : Limites de levage selon le code de travail [3]

Hommes		Femmes	
16 à 17 ans	A partir de 18 ans	16 à 17 ans	A partir de 18 ans
20 kg	55 kg	10 Kg	25 kg

De plus. Le transport sur diable est interdit au personnel de moins de 18 ans et aux femmes enceintes. Pour les femmes, il est limité à une charge de 40 kg. Poids du diable compris.

- Le personnel ne peut être admis à porter de façon habituelle des charges supérieures à 55 kg qu'à condition d'avoir été reconnu apte par le médecin de prévention. Sans que ces charges puissent être supérieures à 105 kg.
- Former le personnel au déplacement des charges (gestes et postures).
- Mettre à disposition du personnel des équipements de protection individuelle appropriés.

La norme **AFNOR NFX 35-109** est plus restrictive que la réglementation en ce qui concerne les limites acceptables de port manuel de charge. Elle tient compte des critères de masse transportée, du soulèvement, de la fréquence du transport, de la distance parcourue, de l'âge et du sexe [3].

Les limites recommandées pour le port occasionnel de charges sont :

**Tableau I.2** : Limites de levage selon la norme **AFNOR NFX 35-109** [3]

Hommes			Femmes		
15 à 18 ans	18 à 45 ans	45 à 65 ans	15 à 18 ans	18 à 45 ans	45 à 65 ans
15 kg	30 kg	25kg	12kg	15kg	12kg

Dans le cas de port répétitif de charges (le travail répétitif est défini par au moins 1 manutention toutes les 5 min), dans ce cas les limites recommandées sont plus basses.

### 1.3.2. Manutention mécanique :

La manutention désigne l'action de soutenir une charge, de la manipuler et de la transporter d'un lieu à un autre pour une manipulation et un transport en toute sécurité.

La manutention mécanique permet d'éviter les risques propres à la manutention manuelle. Elle fait appel à l'utilisation d'appareils de levage et de transport : Palans, grue, transpalettes, chariots automoteurs à conducteur porté, etc. [3].

#### Le code du travail indique :

- Les différentes vérifications nécessaires : à la mise en service, périodiques, de conformité, après une interruption, etc.
- Les formations obligatoires, préalables à toute utilisation et réactualisées chaque fois que nécessaire,
- L'obligation pour l'employeur de délivrer une autorisation de conduite pour certains de ces appareils (chariots automoteurs, transpalettes, plate-forme élévatrice, ponts roulants...),
- L'obligation pour l'employeur de mettre à disposition du personnel des équipements de protection individuelle.

## 2. Risques en manutention :

La manutention comporte des risques pour le travailleur parce qu'il doit faire simultanément plusieurs types d'efforts, appelés « facteurs de risque ». Le nombre de facteurs de risques et la manière dont le travailleur y est exposé déterminent la probabilité de développer un trouble musculosquelettique (TMS) [4,5].

### 2.1. Facteurs de risque :

Les facteurs de risque ont été regroupés en quatre grandes catégories :

- a. Effort excessif :** Un effort trop grand, fournit habituellement dans les premiers moments du soulèvement d'une charge. Il résulte du poids et de la position de l'objet à soulever par rapport au manutentionnaire. Par exemple, lorsqu'un travailleur saisit une lourde caisse située plus haut que ses épaules. C'est le type d'effort le plus documenté en manutention.
- b. Effort asymétrique :** Un effort qui fait appel au corps de manière inégale. En se concentrant sur une partie du corps, ce type d'effort l'usage ou le rend plus fragile. Les torsions de la colonne vertébrale sont les efforts asymétriques les plus connus. Un travailleur fait ce genre d'effort entre autres lorsqu'il transporte une charge d'un côté du corps.



- c. Effort soudain :** Un effort imprévu, souvent dû au danger de perdre l'équilibre ou le contrôle de la charge. Une telle situation peut survenir lorsqu'un manutentionnaire se trouve sur le bout des pieds. Ce type d'effort peut entraîner une chute et des blessures.
- d. Efforts par cumul :** Des efforts s'additionnent pour causer un problème de santé. Il peut s'agir de la même manipulation effectuée à répétition. Ou encore d'un laps de temps trop long pour supporter une charge. Dans ces cas, la nature du trajet à parcourir devient très importante, particulièrement la distance et le dénivelé. Monter et descendre des marches constitue un cas typique d'efforts par cumul.

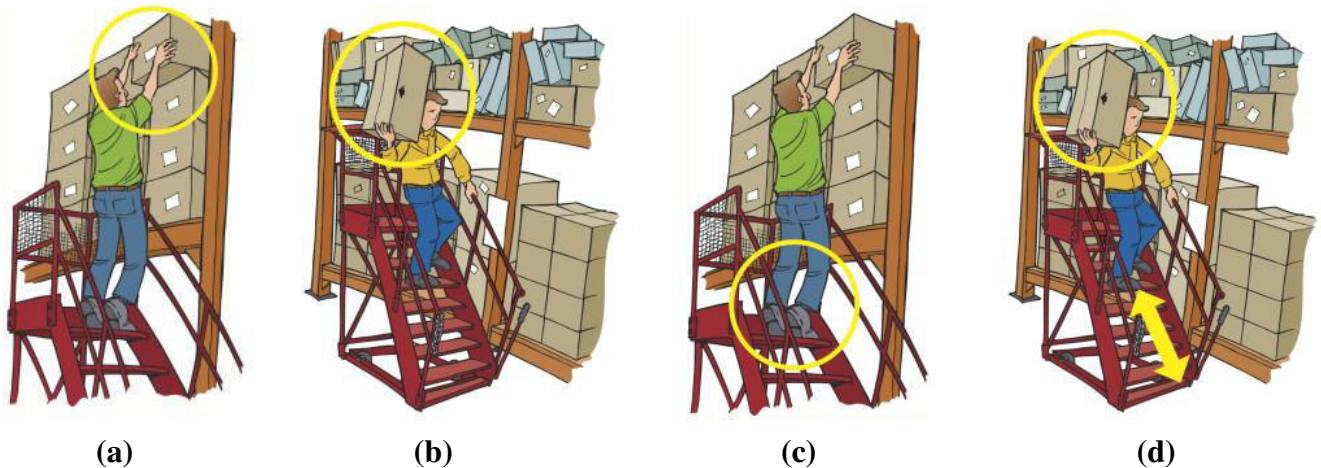


Figure I.1 : Facteurs de risque [4,5]

## 2.2. Evaluation des risques :

Elle nécessite la prise en compte de différents facteurs [3].

### 2.2.1. Pour la manutention manuelle :

- Les caractéristiques de la charge : poids, volume, forme (arêtes vives, dissymétrie).
- L'environnement : état du sol, dénivelé, encombrement, éclairage, ambiance (température, bruit, etc.).
- Les facteurs humains : manque de personnel, mauvaise posture, formation insuffisante.
- Le port de protections individuelles.
- L'organisation du travail : gestes répétitifs, cadences élevées, absence de pause, distance à parcourir.

### 2.2.2. Pour la manutention mécanique :

- Les caractéristiques de la charge.
- Le mode de fixation de la charge : arrimage absent ou insuffisant, charge mal répartie.

- Les moyens de manutention : mauvaise utilisation, entretien et vérifications insuffisants, utilisation d'engins inadaptés.
- Le port de protections individuelles.
- Les facteurs humains : information et formation insuffisantes.
- L'environnement : état du sol, encombrement, éclairage, ambiance, etc.

**Elle pourra éviter la survenue d'accidents tels que :**

- Les chutes de charges,
- Les heurts,
- Les coincements,
- Les lombalgies ou dorsalgies, etc.

### **3. Missions et conséquences de la manutention :**

La manutention est le rôle primordial dans la chaîne de production. Certaines filières de production agricole ou industrielle du bois font appel à des manutentionnaires appelés aussi manœuvres. Ces employés réalisent des tâches manuelles peu qualifiées qui ne nécessitent aucune connaissance technique particulière. La manutention dans la chaîne de production touche également l'approvisionnement des postes de travail.

La manutention des marchandises est également importante dans la gestion de la chaîne logistique. Ainsi, elle est omniprésente dans l'univers du transport routier de marchandises. Le manutentionnaire s'occupe entre autres de charger les camions, d'effectuer le stockage transitoire en entrepôt ainsi que le déchargement des véhicules de transport à la livraison des produits [2].

Même si elle est très bien étudiée, la manutention entraîne [6] :

- Les frais (main d'œuvre, achat de matériels),
- Des pertes de temps (augmente les délais),
- Augmente le prix de revient,
- Des détériorations des produits,
- Des accidents,
- Un besoin en zones de stockage (augmentation des surfaces et des taxes).

### **4. Buts de la manutention :**

La manutention doit permettre l'acheminement des pièces d'un poste de travail à un autre sur la ligne de production, afin d'assurer l'activité de l'entreprise [6] :

- Stocker les matières premières aux magasins et introduire ces matières dans la fabrication,
- Alimenter les postes de travail (pendant le processus de fabrication),
- Retirer le produit fini et le stocker.

Une opération de manutention se décompose en 3 étapes :

- Saisie et arrimage de la pièce,
- Déplacement,
- Dépose de la pièce à son nouvel emplacement.

## 5. Métiers en lien avec la manutention :

Dans la chaîne logistique, la manutention requiert majoritairement des machines pour le chargement et le déchargement des marchandises. Les professionnels doivent connaître la maîtrise d'un chariot élévateur, les autres employés effectuent le nettoyage, des entrepôts ou des remorques.

La manutention demande divers types d'employés, par exemple, un ingénieur de manutention et un technicien de maintenance. Quant au déplacement des engins et la manipulation des marchandises, les ouvriers sont appelés les caristes. Ils évoluent dans une exploitation et le chariot de travail représente son outil de travail essentiel.

Cet employé peut diriger des machines motorisées conçues pour déplacer les marchandises plus aisément. Un autre ouvrier à mettre en avant est le docker qui charge et décharge les bateaux, à leur arrivée au port. Ses tâches sont diverses, en fonction du contenu de la cargaison et du navire.

Les entreprises nécessitant de réaliser des travaux de manutention accomplissent quelques ouvrages à l'aide d'outils de manutention.

En fonction de l'intervention que vous désirez effectuer, vous pourrez employer des machines de chantier, ou du matériel pour machines agricoles. Aussi, les prestations de manutention sont facilitées avec les véhicules particuliers et correspondants à la mission [2].

## 6. Moyens et documents de manutentions :

On distingue selon le type de fabrications (fabrications de type série ou unitaire), une succession de manutention discontinue ou continue avec transport au sol ou aérien [6].

- **Transports au sol** (énergie manuelle, électrique ou thermique) : les diables, les chariots à bras, les chariots porteurs, les chariots élévateurs, les remorqueurs, les tracteurs, etc.
- **Transports aériens** : poulie, palan, potences, ponts roulants, monorails ou chemins de roulement, portique, grues, etc.
- Ces matériels utilisent des moyens de préhension tels que : **élingues, crochets, cordes, pinces, anneaux ou dispositifs utilisant le magnétisme.**

Dans certaines entreprises automatisées, l'alimentation et l'évacuation des pièces peut s'effectuer sur des bandes transporteuses. (Réservés aux grandes entreprises et aux grandes séries) [6].

Après une étude poussée et diverses solutions proposées, chiffrées et contrôlées, afin de réaliser des économies de temps, d'énergie et d'argent, il sera établi :

- La gamme de manutention,
- Le plan de manutention qui comprend les dessins et le cheminement des pièces dans l'atelier ou sur le chantier.

Suivant l'importance de la pièce déplacée, on mettra plus ou moins en évidence le trait symbolisant le trajet emprunté par cette pièce. Ce schéma est appelé diagramme à ficelles [6].

## **7. Levage industriel :**

Le levage industriel est une action de manutention pour soulever et déplacer les charges de lourde portée à l'aide principalement d'équipements de levage. L'utilisation des appareils de levage comporte des règles précises sur la réglementation et la bonne pratique de conduite des appareils.

Un appareil de levage est une installation, une machine ou un dispositif dont la fonction essentielle consiste à soulever ou descendre une charge à hauteur élevée [7].

### **7.1. Equipements de levage industriel :**

Tout équipement utilisé pour réaliser des opérations de levage, On considère comme appareils de levage les grues, ponts roulants, portiques, treuils, palans, potences, chariots élévateurs, engins élévateurs à nacelle, plates-formes élévatrices, vérins, crics, etc. [8].

#### **7.1.1. Pont roulant :**

Le pont roulant est un appareil de levage largement utilisé dans les ateliers, parcs, salles de machines.

D'une manière générale, les ponts roulants sont constitués d'un ensemble de poutres horizontales qui peuvent se déplacer sur des chemins de roulement. Une cabine de pilotage est souvent disposée sur la poutre principale du pont roulant, qui permet de déplacer l'appareil de levage. Elle est munie de mécanismes d'entraînement motorisés qui produisent les divers mouvements de l'ensemble et la grosse industrie. Permettant ainsi de desservir la totalité de la zone située sur toute la longueur du pont roulant. Le poids soulevé par de tels ponts dépend de la taille et de la structure de l'engin [8].



Figure I.2 : Pont roulant [8]

### 7.1.2. Portique de manutention :

Le portique est une structure qui est constituée d'une ou plusieurs poutres munies de jambages sur lesquelles est placé un appareil ou un accessoire de levage. Il est utilisé principalement sur de grandes aires de stockage à l'air libre (ports, parcs de matières en vrac ou de produits industriels de masse). Le portique remplit sensiblement les mêmes fonctions qu'un pont roulant dont il ne diffère que par le principe de fonctionnement. Un pont roulant circule sur un chemin de roulement situé en hauteur sur des poutres en acier ou béton. Le portique quant à lui circule sur une bande de roulement, généralement constituée de rails, située à même le sol. Sur ces rails, circule un chariot qui supporte le matériel de levage lui-même (un ou deux treuils sur lesquels s'enroulent les câbles de levage ainsi que le moyen de préhension). Une cabine de conduite suspendue complète l'installation [8].



Figure I.3 : Portique de manutention [8]

### 7.1.3. Palan :

Le palan est un appareil de levage qui est généralement suspendu et qu'on utilise à poste fixe ou mobile pour soulever et abaisser verticalement, ainsi que pour déplacer horizontalement des charges par l'intermédiaire de chaînes ou de câbles d'acier [8].

Le plan comprend principalement :

- Un moteur,
- Un réducteur par engrenages,
- Un tambour sur lequel s'enroule le câble (chaîne),
- Un frein incorporé ou non au moteur,
- Un limiteur de course,
- Un appareillage de commande,
- Éventuellement, un limiteur de charge ou de couple.



Figure I.4 : Palan [8]

### 7.1.4. Potence :

La potence est une structure constituée d'un bras horizontal qui pivote sur son axe et sur lequel est placé un appareil ou un accessoire de levage. Elle peut comprendre également une colonne sur laquelle est alors fixé le bras horizontal, dans le cas contraire, le bras soit fixé directement à la structure du bâtiment [8].



**Figure I.5 : Potence [8]**

#### 7.1.5. Treuil :

Les treuils sont les mécanismes les plus répandus et permettant les plus grandes variations de niveau, et leur construction simple s'adapte parfaitement aux petites et grandes charges. Le treuil peut également être facilement intégré dans les constructions existantes. Il s'utilise à poste fixe ou il peut être posé sur un pont roulant. Cette possibilité d'être posé sur un pont roulant le différencie des autres appareils. Il peut faire une traction oblique ou même horizontale [8].

Les treuils sont constitués des éléments suivants :

- Un moteur électrique,
- Un tambour sur lequel le câble est enroulé,
- Un système de réduction,
- Une boîte à relais permettant de commander le treuil. Cette boîte peut être intégrée dans le treuil ou séparée de ce dernier.



**Figure I.6 : Treuil [8]**

### 7.1.6. Grues :

Appareil de levage et de manutention réservé aux lourdes charges. Cet engin de levage est construit de manière différente selon son utilisation (à terre : grue de chantier ; à bord d'un navire ou d'un dock flottant : camion-grue, etc.).

Une grue peut être commandée depuis une cabine, ou par l'intermédiaire d'une télécommande portée par un homme sur le terrain, qui peut diriger rapidement et précisément le mouvement de la charge [8].



**Figure I.7 :** Grue mobile [8]

### 7.1.7. Chariot élévateur :

Un chariot élévateur est un appareil de levage et de manutention destiné au transfert de charges dans les usines ou les entrepôts de stockage. Il sert principalement au transport de produits finis depuis les chaînes de fabrications vers les lieux de stockage, au chargement et au déchargement de camions, wagons, navires et autres moyens de transport, bien que sa souplesse d'utilisation rende d'autres usages possibles [8].





**Figure I.8 :** Chariot élévateur [8]

#### 7.1.8. Tables élévatrices :

Dispositifs à commande manuelle ou motorisée permettant le levage des marchandises ou des matériels industriels à une hauteur définie. A une capacité 1000 kg, 2000 kg et 4000 kg [8].



**Figure I.9 :** Table élévatrice [8]

#### 7.2. Accessoires de levage :

Composants ou équipements non liés à la machine et placés entre la machine et la charge ou sur la charge pour permettre la préhension de cette dernière. Les élingues et les équipements

amovibles (manilles, anneaux de levage, pince, etc.) de prise de charge sont des accessoires de levage [9].

### 7.2.1. Cé de levage :

Accessoire en forme de « C » permettant la manutention de charges creuses, comme des bobines ou tuyaux. Les principaux avantages d'un cé résident dans sa très grande polyvalence, sa grande simplicité d'utilisation et sa diversité dimensionnelle [9].

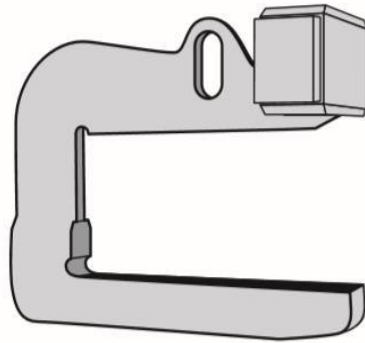


Figure I.10 : Cé de levage [9]

### 7.2.2. Ventouse :

Les ventouses sont des accessoires de levage à vide généralement utilisés pour lever des plaques d'acier. Elles assurent une bonne protection du revêtement des matériaux.

Ces dispositifs doivent être équipés de moyens pour prévenir les risques causés par les pertes de vide s'ils exposent le personnel à un risque de chute de charge. Des consignes devront être mises en place par le chef d'établissement afin de définir la conduite à tenir en cas :

- de rupture de l'alimentation en énergie (panne électrique, à titre d'exemple),
- d'une panne du dispositif.

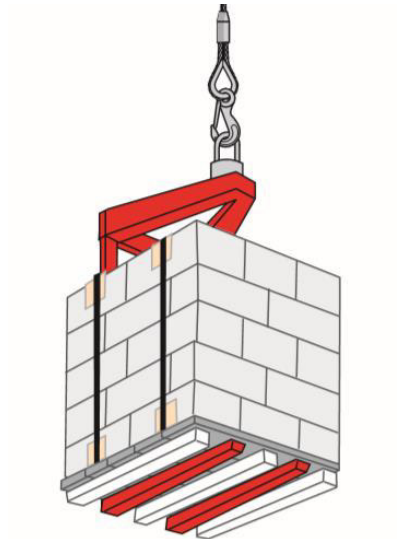
La rouille, l'huile, la peinture ainsi que les surfaces inégales diminuent considérablement l'efficacité des ventouses [9].



Figure I.11 : Ventouse [9]

### 7.2.3. Fourche de levage :

Cet accessoire permet la manutention de charges palettisées. Son utilisation nécessite que la charge soit monolithique [9].



**Figure I.12 :** Fourche de levage [9]

### 7.2.4. Aimant de levage :

Les aimants conviennent particulièrement à la manutention de plaques et de produits plats en matériaux ferreux.

Les électro-aimants doivent être équipés d'un dispositif d'avertissement du danger de chute de la charge en cas de perte de l'alimentation s'il expose le personnel à un risque de chute de charge.

Des consignes devront être mises en place par le chef d'établissement afin de définir la conduite à tenir en cas :

- de rupture de l'alimentation en énergie (panne électrique, par exemple).
- d'une panne du dispositif.

La capacité de levage d'un aimant est déterminée dans des conditions idéales. La rouille, l'huile, la peinture ainsi que des surfaces inégales jouent un rôle important dans l'efficacité réelle d'un aimant [9].



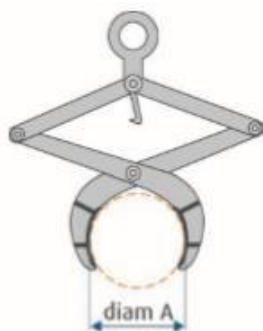
**Figure I.13 :** Aiment de levage [9]

#### 7.2.5. Pince :

Les pinces ont pour but de relier une charge à l'appareil de levage par l'intermédiaire d'un mécanisme articulé qui utilise le poids de la charge en tant que force de serrage.

Les pinces sont aussi dénommées griffes. Ces équipements sont utilisés pour pouvoir manutentionner différentes charges [tubes, fûts, éléments préfabriqués, bordure de voirie, profilé métallique, tôle, buse, panneau (bois, PVC, plâtre, etc.)] en se fixant sur une partie prédéterminée de celles-ci.

À la différence des grappins qui saisissent des charges en vrac, la pince est destinée à manutentionner des objets bien déterminés. [9].



**Figure I.15 :** Pince a tuyau







**Figure I.14 :** Pince à buse

**Pinces à tôle :** Une pince à tôle est un équipement utilisé pour manutentionner des tôles et profilés en acier en les serrant entre ses mâchoires. Il est nécessaire de choisir le type de pince à tôle en fonction de l'épaisseur des tôles à manutentionner et du type de levage souhaité (horizontal ou vertical) [10].





**a. Pince à tôle verticale :** Pince a tôle articulée levage vertical, pour le transport et la rotation de plaques d'acier et de structures dans toutes les positions. Toujours équipé d'un mécanisme de sécurité, garantissant que la pince ne glisse pas lorsque la force de levage (levage vertical) est appliquée et lorsque la charge est abaissée [10].


Tableau I.3 : Modèle de pince a tôle verticale [10]

Nom	Capacité	Définition	Modèle
Pince à tôle TBL	4000 - 30000 kg	Cette pince a été conçue pour lever verticalement une seule tôle en acier et son retournement à 180°. Elle peut être également utilisée pour lever des constructions en acier et des profilés. Il est recommandé d'utiliser 2 pinces combinées à un palonnier pour les tôles de grands formats et les produits en longueur qui pourrait s'affaisser.	
Pince à tôle TBS	1000 - 3000 kg	La pince TBS plus comporte une articulation à cardan permettant un maintien de la tôle quels que soient les angles d'inclinaison. Elle peut saisir une tôle en position horizontale et la déposer à la verticale ou bien la changer de sens. L'anneau articulé assure une force de serrage adéquate quelle que soit la position.	
Pince pour profilés TTR	750 - 3000 kg	La pince pour profilés TTR est spécialement conçue pour le transport de poutrelles, tôles, profilés, etc. en position verticale. L'anneau déporté garantit que la semelle du profilé restera en position verticale pendant le transport.	
Pince avec chaîne TSB	350 - 1250 kg	La TSB a des mâchoires parallèles qui répartissent la pression de serrage sur une large surface de contact. Ce qui la rend attractive pour les tôles avec des surfaces sensibles. La couche de protection Bremsit® apporte un coefficient de frottement très élevé ce qui augmente l'efficacité du serrage. Cette couche peut être facilement remplacée quand elle est usée. Similaire à la pince universelle, la pince offre une large ouverture des mâchoires et un levier de sécurité qui permet de verrouiller en position ouverte ou fermée.	

**b. Pince a tôle horizontale :** Les pince de manutention horizontale presente une fonction prehension, qui permet de fixer les pinces au materieau pour le levage horizontal et le transfert de materiaux sans flexion . a utiliser lorsqu'il ne faut pas endommager la surface des materiaux .elles doivent s'utiliser par paires [10].

**Tableau I.4 :** Modèle de pince a tôle horizontale [10]

Nom	Capacité	Définition	Modèle
Pince de levage TWH	1500 - 5000 kg	La TWH utilisée par paire, est adaptée pour le transport horizontal de plaques, individuellement ou empilées. Le transport de plaques fléchissantes est possible. La pince n'est pas destinée aux plaques fines qui ont tendance à fléchir. Elle est normalement utilisée avec une élingue chaîne à 2 brins.	
Pince de levage TCH	1000 - 10000 kg	La TCH est constituée de 2 pinces montées sur une élingue chaîne à 2 brins. Elle est particulièrement adaptée au transport d'une seule plaque d'épaisseur minimale de 5 mm ou une pile de plaques.	
Pince pour profilés TTG	750 - 4500 kg	La pince pour profilés TTG est spécialement conçue pour le transport de poutrelles, tôles, profilés, etc. en position horizontale. L'anneau déporté garantit que la semelle du profilé restera en position horizontale pendant le transport.	
Pince à tôle THS	750 - 4500 kg	La THS est normalement utilisée par paire, pour le transport horizontal de plaques. Le transport de plaques fléchissant légèrement est également possible. La pince seule permet de charger une presse ou toutes autres machines.	

Pince de levage THK	750 - 9000 kg	La THK utilisée par paire est particulièrement adaptée pour le transport horizontal de plaques fines qui ont tendance à fléchir. Elle est normalement utilisée avec une élingue chaîne 2 brins.	
------------------------	---------------	---	---

### 7.2.6. Élingues :

Les élingues sont des accessoires de levage fabriqués à partir de différentes matières. Les types d'élingues les plus couramment utilisés dans le secteur de la fabrication de produits en métal et de produits électriques sont les chaînes, les câbles d'acier et les sangles de fibres synthétiques. Les élingues peuvent être simples, doubles ou à brins multiples [9,11].



Figure I.16 : Elingue simple [11]



Figure I.17 : Elingue double [11]



Figure I.18 : Elingue à brins multiple [11]

A chaque extrémité, on trouve un accessoire d'accrochage, tels une boucle, un crochet, un anneau ou une manille [11].



Figure I.19 : Crochet [11]



Figure I.20 : Manille [11]



Figure I.21 : Anneau [11]

## 8. Manutention et levage professionnel :

La manutention et de levage pour professionnels sont définis par toutes actions qui demandent beaucoup de l'utilisation des engins ou machines. Cette manutention professionnelle pourrait être le transport d'une charge. Elle consiste également à soutenir des charges. La manutention peut être effectuée par peu de travailleurs qui manipulent les engins et les machines. Le fait de déplacer ou pousser des charges par les transpalettes ou autres engins signifie que ces travailleurs ont fait de la manutention professionnelle. Pour mieux ranger les cartons dans les grands magasins, on peut faire appel à des manutentions avec des machines. Tandis que pour les petits magasins, on se contente de la manutention manuelle. Il y a des moyens et matériels pour aider les travailleurs afin de limiter les risques [12].

## 9. Avantages de la manutention et de levage professionnel :

Dans le secteur de la manutention et du levage pour professionnels, on y trouve des avantages. Ces avantages sont de pouvoir minimiser le coût de transport des charges et surtout le gain de temps. Cela donne beaucoup de temps étant donné que les engins assurent parfaitement les tâches. L'avantage de la manutention et de levage pour professionnels se situe surtout sur le coût engendré par ce travail. Selon les besoins de l'entreprise pour le transport des charges et des marchandises, on peut confier ce travail à des agents de l'entreprise même. Il se peut que l'endroit où l'espace où se situe le magasin soit trop large et grand. Donc, cela nécessite la manutention professionnelle. C'est un grand avantage, car les machines ou appareils spécialisés qui assurent tout à la place des forces des hommes. Pendant le déménagement, c'est avec la manutention professionnelle qu'on déplace les cartons par le biais des engins spéciaux. Un avantage également dans la manutention professionnelle, c'est qu'on n'a pas besoin d'une formation spécialisée. Tous les agents peuvent exercer ce travail autant qu'ils en ont besoin. À condition qu'ils sachent manipuler les engins et les machines. Juste une formation de quelques jours. L'utilisation de potence de levage permet aux travailleurs d'effectuer beaucoup de manutention en un temps meilleur [12].

## Conclusion :

La manutention désigne une action de transporter ou de soutenir une charge d'un certain poids. On distingue la manutention manuelle (par les employés) la manutention mécanique (usage d'engins mécaniques). Le levage particulièrement est une action de manutention pour



soulever et déplacer charges de lourde portée à l'aide d'appareils mécaniques. L'investissement dans les outils de manutention et levage permet de rentabiliser et de vaincre la concurrence.

C'est dans cette optique de concurrence que les sociétés investissent dans l'achat d'appareils toujours plus performants. La majorité des usines qui fonctionnent en ayant recours au chargement et déplacement de produits et palettes imposants sont équipées d'engins de manutention et d'une équipe de manutentionnaires qualifiés.

Dans ce chapitre notre objectif a été de donner des définitions de bases sur la manutention et le levage d'une part, et de présenter des exemples des appareils industriels et leurs accessoires utilisés dans ce domaine d'autre part.

Dans le prochain chapitre de ce mémoire, nous nous attacherons à présenter les caractéristiques géométriques et mécaniques de notre système de manutention pour levage de toit de camion K66.

# Chapitre II

## Étude et conception de système de manutention

### Introduction :

Nous avons présenté dans le chapitre précédent des généralités sur la manutention, leur rôle, risque, mission, conséquence et but. Ensuite, nous avons expliqué les principaux types de la manutention, à savoir : manuelles et mécaniques. Enfin, nous avons détaillé les différents équipements et accessoires de levage industriel, ainsi que les diverses formes des pinces à tôles, des élingues et des crochets et leurs fonctions et caractéristiques. Les détails de conception de système de manutention pour levage de toit, à savoir : les dimensions, les matériaux et forces appliquées des différents éléments de système et les outils nécessaires à la compréhension et à la simulation de la physique de ce système feront l'objet de ce chapitre.

### 1. Structure de toit (pavillon) :

#### 1.1. Définition :

D'une manière générale, on emploie le terme "pavillon" pour désigner le toit de camion k66, il représente la partie supérieure de la carrosserie qui ferme l'habitacle de cabine de ce dernier. La Figure II.1 représente le plan du pavillon de camion k66 fourni par SNVI [13].

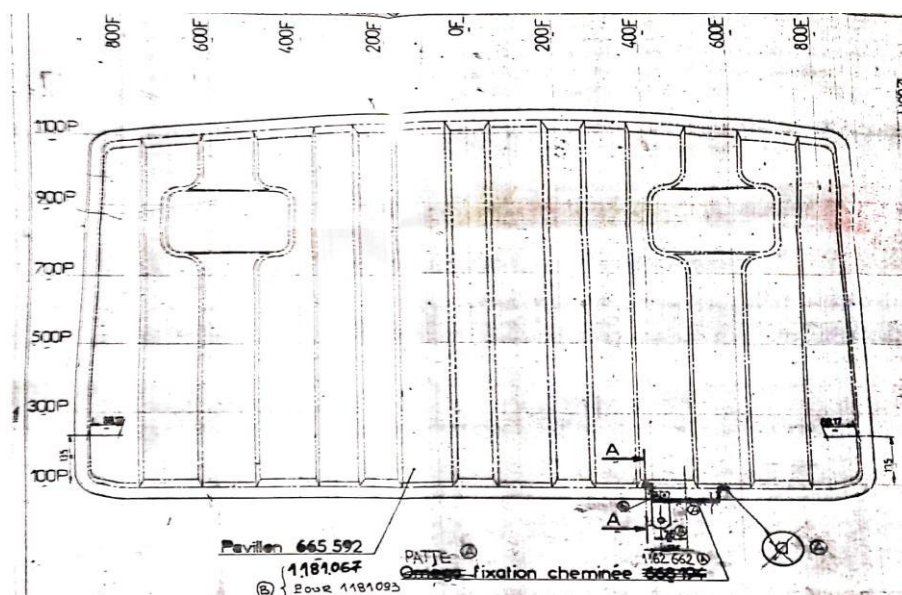


Figure II.1 : Plan de pavillon fourni par SNVI [13]

## 1.2. Caractéristique :

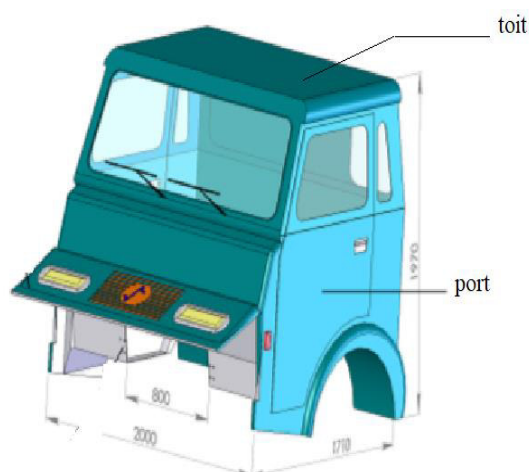
Les principales caractéristiques de ce toit à partir des documents fournis par l'entreprise d'accueil (SNVI) sont résumées dans le **Tableau II.1**

**Tableau II.1** : Caractéristique réelles de toit [13]

<b>Matière</b>	Acier non allié (Zes12623756)
<b>Poids (kg)</b>	22
<b>Longueur (mm)</b>	1786
<b>Largeur (mm)</b>	1050

## 1.3. Position :

La **Figure II.3** montre la position de toit sur la cabine de camion k66.



**Figure II.2** : Position de toit sur la cabine de camion k66

## 2. Ancienne méthode de levage de toit :

Le levage et le positionnement de pavillon sur la cabine de camion k66 est réalisés d'une manière traditionnelle et n'a pas changé depuis l'ouverture de l'entreprise. Cette opération nécessite deux ouvriers pour l'effectuer manuellement (voir **Figure II.3**).



**Figure II.3** : Positionnement de toit manuellement par deux ouvriers [13]

### **Inconvénients de levage manuel :**

Plus que les inconvénients mentionnés dans la section 1 du chapitre précédent, la manutention manuelle entraîne :

- Des risques de perdre le contrôle sur le pavillon et de blesser les ouvriers,
- Des pertes du temps,
- Des frais supplémentaires : cette opération nécessite deux ouvriers,
- Des détériorations du produit et accidents de travail,
- Détruisons de cabine de camion, etc.

Avant de commencer la conception d'un nouveau système de manutention pour le levage de toit, On présente un petit aperçu sur logiciel de conception utilisé dans notre étude.

### **3. Présentation de logiciel SolidWorks :**

Les outils de CAO mécanique, qui permettent de conceptualiser et de fabriquer des produits, sont actuellement très demandés dans le secteur industriel de la conception de produits. En tant que concepteurs, nous recherchons souvent des fonctionnalités de modélisation complexes. sachant que notre conception peut changer ou être rejetée, nous devons être en mesure de la créer et de la modifier rapidement.

Actuellement, les initiatives dans l'industrie de la CAO mécanique cherchent à saisir l'intention de conception plus tôt dans le processus. Pour réduire tout autant le cycle de conception du produit que le délai de mise sur le marché, SolidWorks® relève ce défi et permet de simplifier l'ensemble du processus de conception et de prendre en charge un certain niveau de modification [14].

### 3.1. Description :

SolidWorks® est également connu sous le nom de « DSS SolidWorks ». DSS désigne Dassault Systems, qui est le développeur de ce logiciel de CAO. Il s'agit d'un logiciel de CAO qui permet de créer des modèles solides 2D ou 3D sans aucune complexité, plus rapidement et de manière rentable. L'avantage principal du modélisateur solide est que très facile à utiliser, l'interface utilisateur graphique simple et beaucoup plus amicale, par rapport à d'autres logiciels de modélisation solide CAD. Il contient la modélisation solide, Motion, Simulation, Boîte à outils, TolAnalyst, Circute Works, PhotoView 360, ScanTo3D, et éditeur DWG.

SolidWorks® est considéré comme un logiciel de CAO avec Haute productivité (jusqu'à 95%). Il offre une meilleure visualisation de conception, concevoir de meilleurs produits, des itérations de conception plus rapides, des communications améliorées, la conception avec moins d'erreurs, crée des designs de produits avec plus d'esthétique et répond également aux exigences des clients / clientes.

SolidWorks® a une vaste gamme d'applications dans des industries telles que l'aérospatiale, la défense, l'automobile, le transport, les produits de consommation, l'électronique, usine de traitement, la conservation de l'énergie, la construction, l'équipement lourd, machines, outils médicaux, Mold & prestations de service. Il aide à concevoir différents produits et services, les tester de manière très rentable comme le modèle et le prototype de test.

Le DSS SolidWorks Corp développe également d'autres produits logiciels, ce qui aide dans diverses sections d'ingénierie, en particulier pour la mécanique. Il s'agit de CAO 3D, Simulation, Gestion de données produit, Communication technique, Conception électrique et 3D experience. Ce modélisateur CAO n'est pas limité aux ingénieurs mécaniciens ; D'autres filières techniques (spécialement pour l'électricité et le civil) et les concepteurs de produits peuvent convertir les idées de nouveaux produits en réalité [14].

### 3.2. Pourquoi choisir SolidWorks® ?

1. Maintenant, il est utilisé dans diverses industries pour concevoir leurs produits et augmenter la productivité sans en abaisser le coût. En raison de la vaste gamme d'applications et de possibilités d'emploi, en tant qu'ingénieur mécanicien, vous devez apprendre le logiciel de CAO le plus utilisé et le plus utilisé, comme SolidWorks®.
2. La plupart des universités et collèges internationaux d'ingénierie offrent dans leurs programmes des cours sur la CAO en utilisant SolidWorks®.
3. Il fournit la conception avec une productivité maximale, car il donne des données diverses et la communication technique, ce qui contribue à votre conception et aide à valider avec les normes. Tout ce dont vous avez besoin est de vous concentrer sur l'innovation de nouveaux produits ou de conception. Il contient la technologie de simulation, qui permet de vérifier votre conception.
4. La solution SolidWorks® est une fonctionnalité collaborative améliorée, qui contribue à partager votre conception avec les clients appropriés via cette plate-forme. Si vous êtes un professionnel, vous n'avez pas besoin de chercher sur Internet pour trouver les bons clients et leur présenter des innovations.

5. Il est très facile d'apprendre les bases, comment commencer les conceptions de produit et plus.
6. Il fait subir à les produits tous les tests dont nous avons besoin virtuellement (mouvement basé sur le temps, simulation statique linéaire, impact environnemental, écoulement d'air et d'eau), analyser les résultats pour obtenir les meilleures opportunités d'optimisation, etc [14].

### 3.3. Fonctionnalités de SolidWorks® :

SolidWorks® permet de [14] :

- Concevoir des objets en 3D de manière très précise ;
- Développer des produits ;
- Vérifier la conception des fichiers créés ;
- Détenir une bibliothèque des fichiers 3D ;
- Mettre en place des mises en plan 2D ;
- Créer des images et animations des objets 3D ;
- Estimer le coût de la fabrication des objets 3D.

## 4. Conception de système de levage :

En se basant sur les catalogues de conception (des supports et des pinces à tôle) [7, 9, 10, 15, 16], nous avons commencé notre étude par les caractéristiques de pavillon pour pouvoir construire le système :

**Tableau II.2 :** Caractéristique de toit estimé par SolidWorks®

Poids (kg)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Dimensions (mm)
22	10203682	1765 x 1080 x 115

### 4.1. Conception de toit :

La **Figure II.4** montre le pavillon de camion k66 en 3D, qu'on voudrait déplacer par un système de levage, dessiné avec logiciel de conception SolidWorks®. Dans un premier temps, il est nécessaire de choisir le matériau qui convient pour pouvoir répondre aux exigences de la pièce en service (volume et poids).



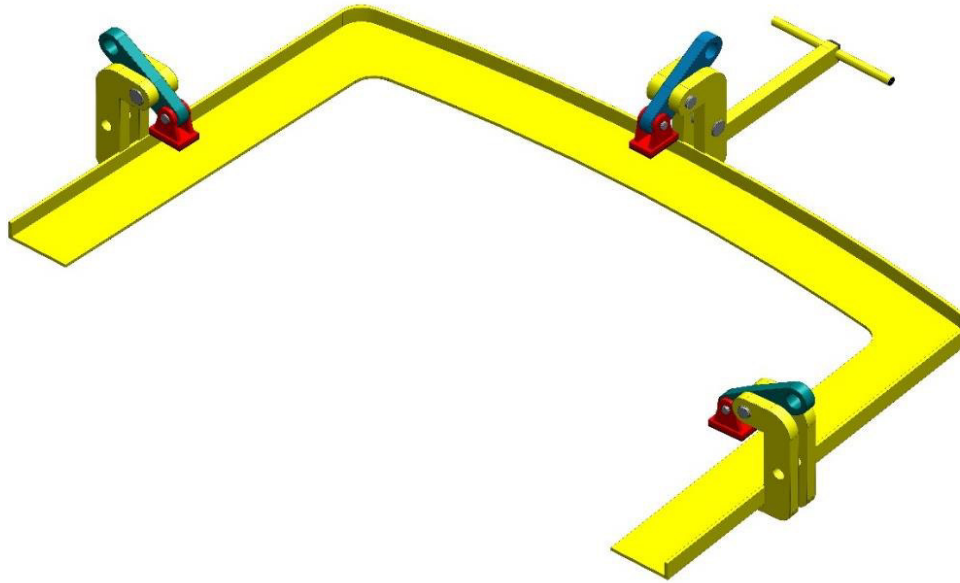
**Figure II.4 :** Toit de camion k66 dessiné par SolidWorks®

#### **4.2. Conception de système de levage :**

Le système de levage que nous avons proposé est un simple mécanisme construit par SolidWorks® pour aider les ouvriers à lever le toit (pavillon) d'une manière rapide, simple, sécurisée et efficace. Ce mécanisme permet de fixer le pavillon pendant le déplacement verticalement et horizontalement. Ce système de levage est composé d'un support où le toit est placé dessus, et trois crochets qui permettent de fixer le toit sur le système et surtout sans déformation de ce dernier.

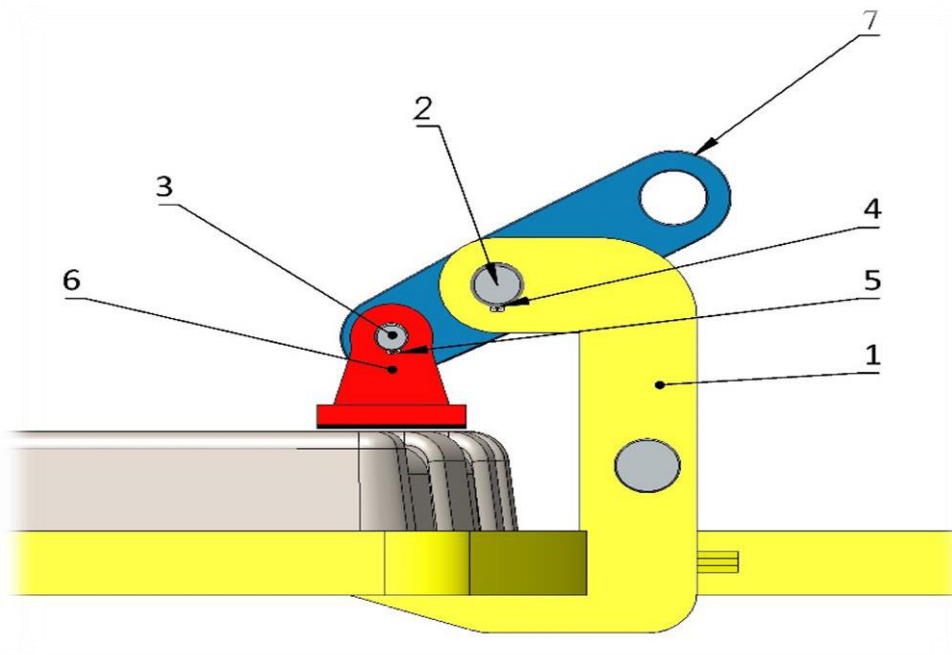
La **Figure II.5** montre le système de levage proposé pour la fixation de toit pendant le déplacement.

Il convient de souligner que les dimensions de ce système de levage ont été définies à partir des dimensions de toit d'une manière réversible, et que nous avons fait plusieurs simulations afin de vérifier la résistance de chaque composante du système avant de fixer les dimensions finales.



**Figure II.5 :** Système de levage dessiné par SolidWorks®

La nomenclature du système proposé est représentée sur la **Figure II.6**, il est bien clair que notre système est constitué de sept éléments qui sont détaillés dans le tableau suivant.



**Figure II.6 :** Nomenclature de système de levage proposé

Le tableau suivant (**Tableau II.3**) montre le numéro et le nom de chaque pièce constituée le système de levage avec la désignation de leur matière et la quantité de chaque élément.



**Tableau II.3** : Caractéristique des éléments de système de levage proposé [14]

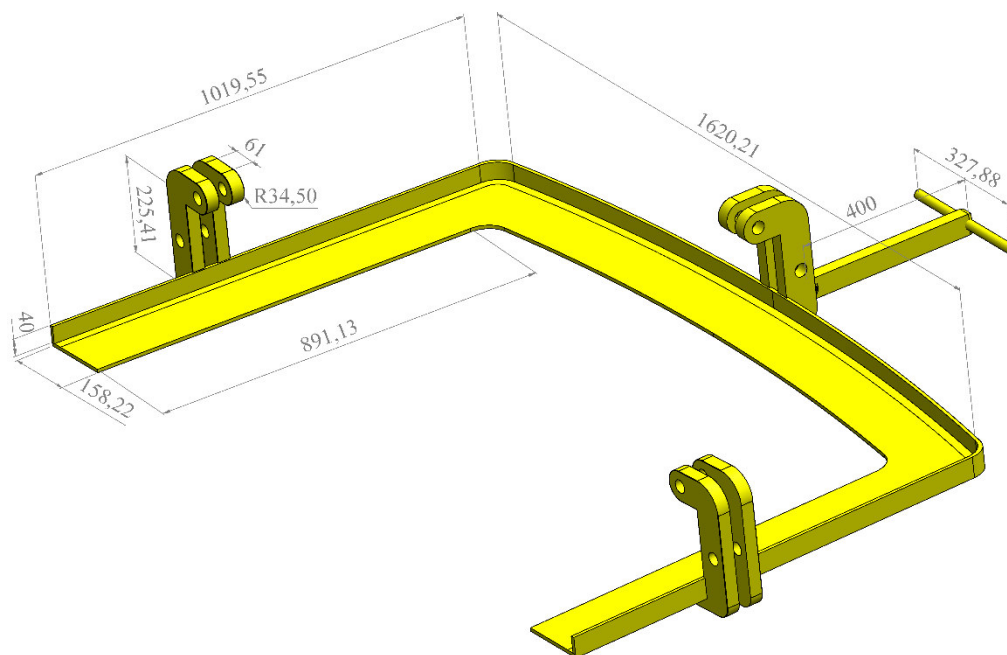
N°	Nom	Matières	Désignation	Quantité
1	Support	Acier faiblement allié	36CrNiMo4	1
2	Axe goupille 1	Acier inoxydable chrome	X20Cr13	3
3	Axe goupille 2			
4	Circlips 1	Acier inoxydable chrome	Cr18Ni10Nb	3
5	Circlips 2			
6	Appui	Acier faiblement allié	36CrNiMo4	3
7	Levier	Acier non allié	S185	3

## 5. Description des éléments du système de levage :

Comme expliqué précédemment notre système est constitué de sept éléments principaux : un support, deux axes goupilles, deux circlips, un appui et un levier. Les matériaux de ces éléments ont été choisis à partir de guide de dessin industriel et ont été modifiés pendant la simulation en fonction des résultats obtenus tout en respectant les matériaux existants dans le marché.

### 5.1. Support :

L'élément principal de notre système est le support, il supporte le toit pendant le déplacement. La **Figure II.7** montre ce support du système de levage dessiné par SolidWorks®.

**Figure II.7** : Support de système de levage dessiné par SolidWorks®

Le matériau que nous avons proposé pour cet élément est un acier faiblement allié 36CrNiMo4. Les principales propriétés mécaniques de ce dernier sont montrées sur le **Tableau II.3**.

**Tableau II.4** : Propriété mécanique de matériau 36CrNiMo4 [14]

Propriété	Valeur	Unité
Module d'élasticité	205000	N.mm <sup>-2</sup>
Coefficient de Poisson	0.32	S.O.
Module de cisaillement	80000	N.mm <sup>-2</sup>
Masse volumique	7850	Kg.m <sup>-3</sup>
Limite de traction	1110	N.mm <sup>-2</sup>
Limite d'élasticité	710	N.mm <sup>-2</sup>
Coefficient de dilatation thermique	1.23e <sup>-005</sup>	K <sup>-1</sup>
Conductivité thermique	44.5	W.(m·K) <sup>-1</sup>
Chaleur spécifique	475	J.(kg.k) <sup>-1</sup>

Après avoir défini le matériau au support de levage, SolidWorks® nous permet de voir les principales caractéristiques de ce dernier, à savoir : le poids le volume, densité et superficie.

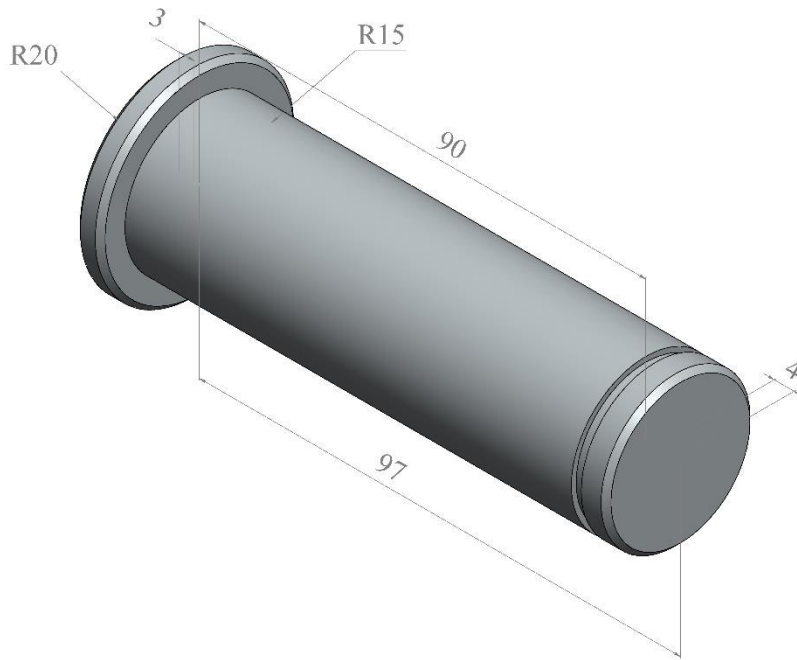
Le tableau suivant (**Tableau II.5**) montre ces caractéristiques.

**Tableau II.5** : Caractéristiques mécaniques de support [14]

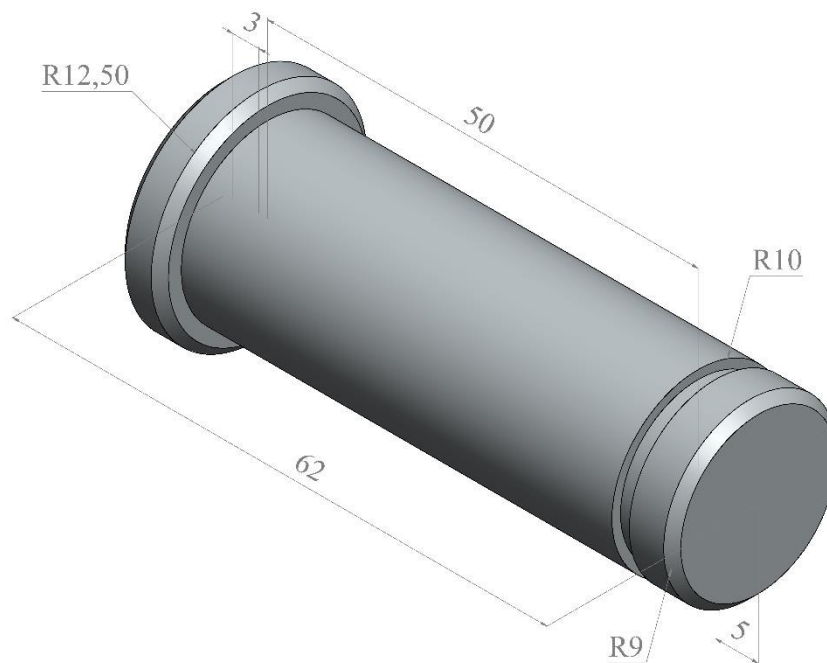
Densité (g.mm <sup>-3</sup> )	Masse (g)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Superficie (mm <sup>2</sup> )
0.01	84895.28	10814685.74	2173324.42

## 5.2. Axe goupille 1 et 2 :

Les **Figure II.8** et **II.9** présentent les axes goupilles 1 et 2 utilisés dans notre système, le premier axe goupille est légèrement plus grand que le seconde, il est utilisé entre le support et le levier, tandis que le deuxième axe goupille est utilisé entre le levier et l'appui.



**Figure II.8 :** Axe goupille 1



**Figure II.9 :** Axe goupille 2

Le matériau que nous avons adopté pour ces éléments est un acier inoxydable chrome X20Cr13. Ses principales propriétés physiques et chimiques sont résumées dans le **Tableau II.6**.

**Tableau II.6** : Propriété mécanique de matériau X20Cr13 [15]

Propriété	Valeur	Unités
Module d'élasticité	200000	N.mm <sup>-2</sup>
Coefficient de Poisson	0.28	S.O.
Module de cisaillement	7700	N.mm <sup>-2</sup>
Masse volumique	7800	Kg.m <sup>-3</sup>
Limite de traction	413.613	N.mm <sup>-2</sup>
Limite d'élasticité	172.339	N.mm <sup>-2</sup>
Coefficient de dilatation thermique	1.1e-005	K <sup>-1</sup>
Conductivité thermique	18	W.(m·K) <sup>-1</sup>
Chaleur spécifique	460	J.(kg.k) <sup>-1</sup>

Les principales caractéristiques (poids, volume, densité et superficie) des axes goupilles 1 et 2, défini par SolidWorks® sont affichés dans les tableaux **II.7** et **II.8**.

**Tableau II. 7** : Caractéristique mécanique d'axe goupille 1 [14]

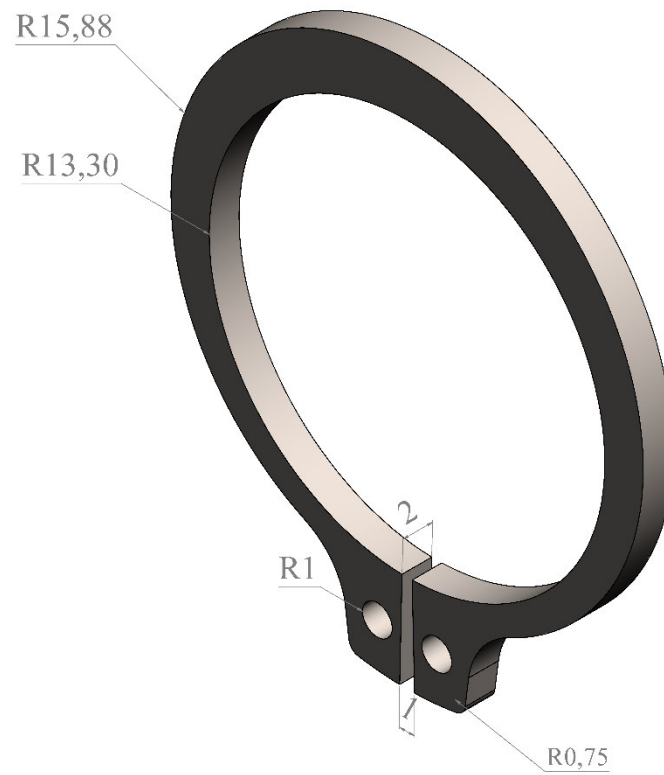
Densité (g.mm <sup>-3</sup> )	Masse (g)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Superficie (mm <sup>2</sup> )
0.01	581.07	74496.59	12246.94

**Tableau II.8** : Caractéristique mécanique d'axe goupille 2 [14]

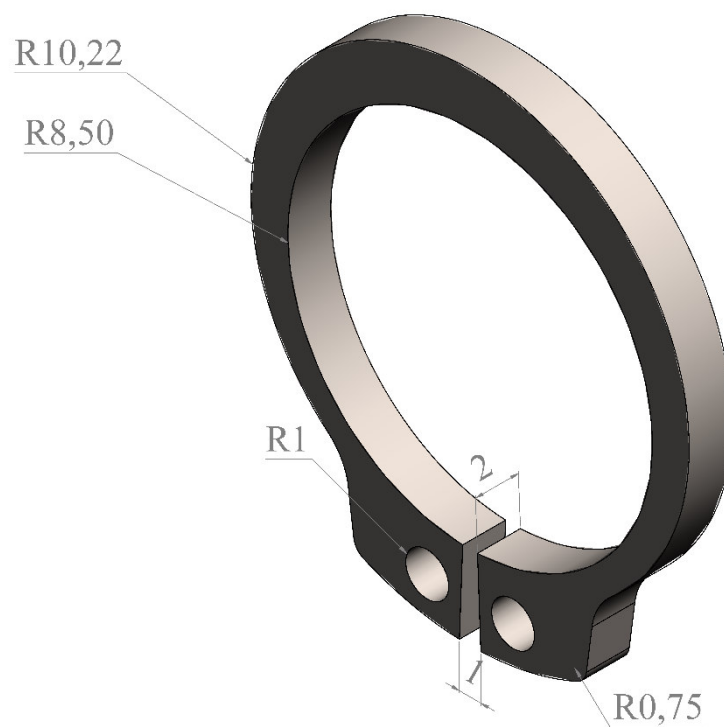
Densité (g.mm <sup>-3</sup> )	Masse (g)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Superficie (mm <sup>2</sup> )
0.01	157.05	20135.25	4929.95

### 5.3. Circlips 1 :

Les **Figure II.10** et **II.11** montrent les circlips 1 et 2 utilisés dans notre système de levage, comme les dimensions des circlips suivent les axes goupilles, le premier circlips est légèrement grand que la seconde, il est utilisé sur l'axe goupille 1 celui entre le support et le levier, tandis que le deuxième circlips utilisé sur l'axe goupille 2 celui entre le levier et l'appui.



**Figure II.10 : Circlips 1**



**Figure II.11 : Circlips 2**

Le matériau que nous avons affecté pour ces éléments est un acier inoxydable chrome Cr18Ni10Nb. Ses principales propriétés physiques, chimiques et mécaniques sont résumées dans le **Tableau II.9**.

**Tableau II.9** : Propriété mécanique de Cr18Ni10Nb [15]

Propriété	Valeur	Unités
Module d'élasticité	195000.001	N.mm <sup>-2</sup>
Coefficient de Poisson	0.27	S.O.
Masse volumique	8000	Kg.m <sup>-3</sup>
Limite de traction	654.9999985	N.mm <sup>-2</sup>
Limite d'élasticité	275.0000009	N.mm <sup>-2</sup>
Coefficient de dilatation thermique	1.7e-005	K <sup>-1</sup>
Facteur d'érouissage	0.85	S.O.

Après avoir défini le matériau au circlips, SolidWorks® nous permet de voir les principales caractéristiques de ces derniers. Les tableaux suivants (**Tableau II.10** et **Tableau II.11**) présentent ces caractéristiques.

**Tableau II.10** : Caractéristique mécanique de circlips 1 [14]

Densité (g.mm <sup>-3</sup> )	Masse (g)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Superficie (mm <sup>2</sup> )
0.008	1.997	249.603	532.821

**Tableau II.11** : Caractéristique mécanique de circlips 2 [14]

Densité (g.mm <sup>-3</sup> )	Masse (g)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Superficie (mm <sup>2</sup> )
0.008	4.283	535.411	964.896

#### 5.4. Levier :

La **Figure II.12** montre le levier du système de levage dessiné par SolidWorks®. Ce levier permet de transférer les forces de levage appliquées par les ligues aux charges réparties exercées par les appuis et qui permet de fixer le toit sur le support.

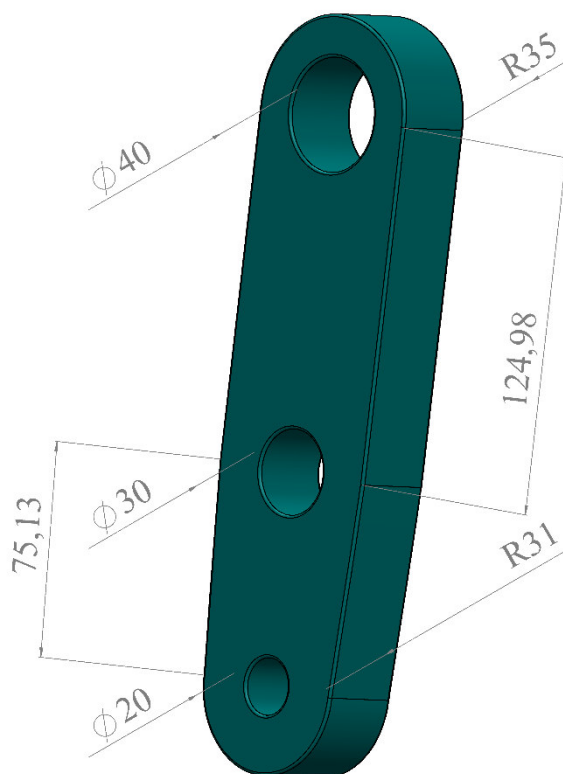


Figure II.12 : Levier

Le matériau que nous avons utilisé pour cet élément est un acier non allié S185. Les principales propriétés mécaniques de ce dernier sont montrées sur le **Tableau II.12**.

Tableau II.12 : Propriété mécanique de S185 [14].

Propriété	Valeur	Unités
Module d'élasticité	210000.0031	N.mm <sup>-2</sup>
Coefficient de Poisson	0.28	S.O
Module de cisaillement	79000	N.mm <sup>-2</sup>
Masse volumique	7800	Kg.m <sup>-3</sup>
Limite de traction	290	N.mm <sup>-2</sup>
Limite d'élasticité	175	N.mm <sup>-2</sup>
Coefficient de dilatation thermique	1.1e-005	K <sup>-1</sup>
Conductivité thermique	14	W.(m.K) <sup>-1</sup>
Chaleur spécifique	440	J.(kg.k) <sup>-1</sup>

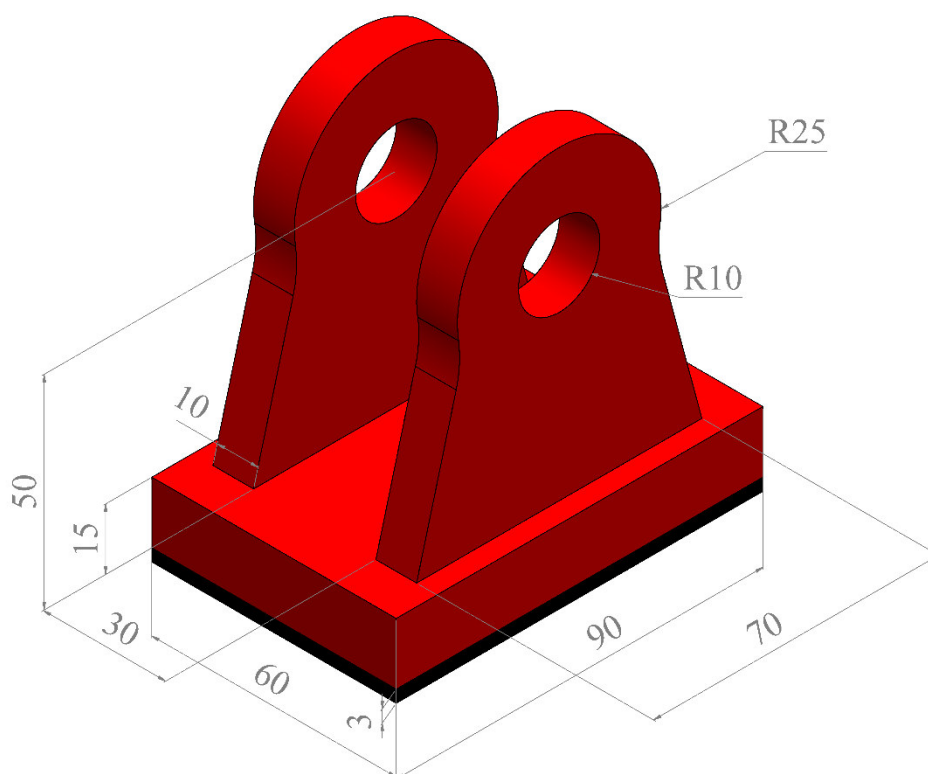
Après avoir défini le matériau au levier, les principales caractéristiques de ce dernier sont résumées dans le **Tableau II.13**.

**Tableau II.13** : Caractéristique mécanique de levier [14].

Densité (g.mm <sup>-3</sup> )	Masse (g)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Superficie (mm <sup>2</sup> )
0.01	3476.35	445686.20	55686.64

### 5.5. Appui :

Le dernier élément de notre système de levage est l'appui, il fixe le toit sur le support pendant le déplacement grâce à la une charge répartie transféré de par le levier. La **Figure II.13** montre cet appui du système de levage dessiné par SolidWorks®.

**Figure II.13:** Appui

Le matériau utilisé pour cet élément est le même qui celui utilisé pour le support (acier faiblement allié 36CrNiMo4). Par conséquent, les principales caractéristiques de l'appui sont résumées dans le **Tableau II.15**.

**Tableau II.14** : Caractéristique mécanique d'appui [14].

Densité (g.mm <sup>-3</sup> )	Masse (g)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Superficie (mm <sup>2</sup> )
0.01	1317.71	167860.85	44614.70

Il convient de souligner que les dessins de définition des différents éléments du système sont présentés dans l'annexe 1 de ce manuscrit.



## 6. Calcul des forces appliquées sur le système :

L'étape suivante dans la conception de notre système de levage est de trouver les valeurs exactes des forces et des réactions appliquées sur ce dernier. Cette étude nous a permis dans le troisième chapitre de faire la simulation sur le système.

### 6.1. Contrainte appliquée sur le toit (charge répartie) :

La charge répartie est définie comme le rapport entre la force appliquée et la surface d'appui.

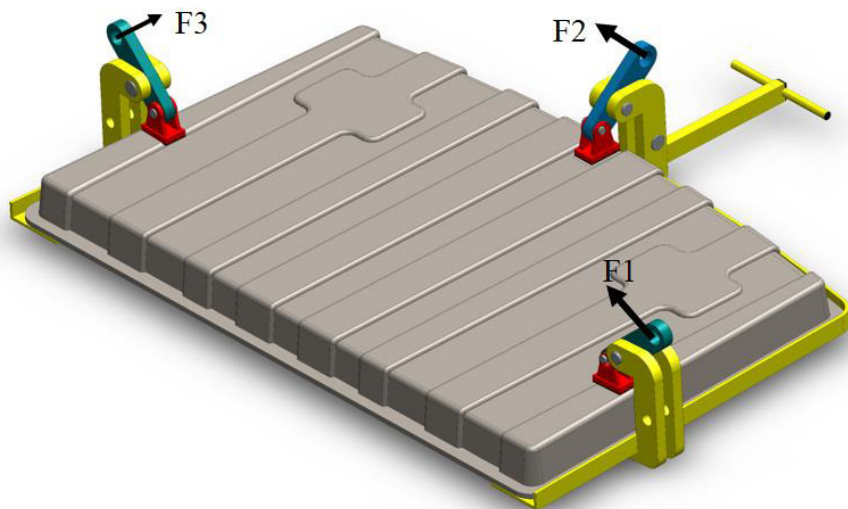
Donc :

$$\sigma = \frac{F}{S} \dots \dots \dots (1)$$

Avec :

- **F** : Force appliquée (N),
- **S** : Section d'application (mm<sup>2</sup>),
- **$\sigma$**  : Charge répartie (MPa).

La force globale (F) appliquée sur le toit est égale à la somme de trois forces (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> et F<sub>3</sub>) appliquées par les trois appuis (voir **Figure II.14**).



**Figure II.14** : Charge appliquée sur les leviers

Donc :

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \dots \dots \dots (2)$$

Et :

$$F_1 = F_2 = F_3 = \frac{F}{3} \dots \dots \dots (3)$$

D'autre part :

$$F = m \cdot g \dots\dots\dots (5)$$

Et par conséquence :

$$F = (m_t + m_s) g \dots\dots\dots (6)$$

Tel que :

- $m_t$  : masse de toit (kg),
- $m_s$  : masse globale de système (kg),
- $g$  : est le constante universelle de gravitation  $g = 9.81 \text{ N.kg}^{-1}$ .

Application numérique :

$$F = (22 + 102) \times 9.81$$

$$\mathbf{F = 1216.44 \text{ N}}$$

Donc :

$$F_1 = \frac{F}{3} = \frac{1216.44}{3} = 405.8$$

$$\mathbf{F_1 = F_2 = F_3 = 405.8 \text{ N}}$$

- Calcul de contrainte  $\sigma_1$  :

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{s_1} \dots\dots\dots (9)$$

Application numérique :

$$\sigma_1 = \frac{405.48}{4246.41} = 95.4 \times 10^{-3}$$

Donc :

$$\mathbf{\sigma_1 = 95.4 \times 10^{-3} \text{ MPa}}$$

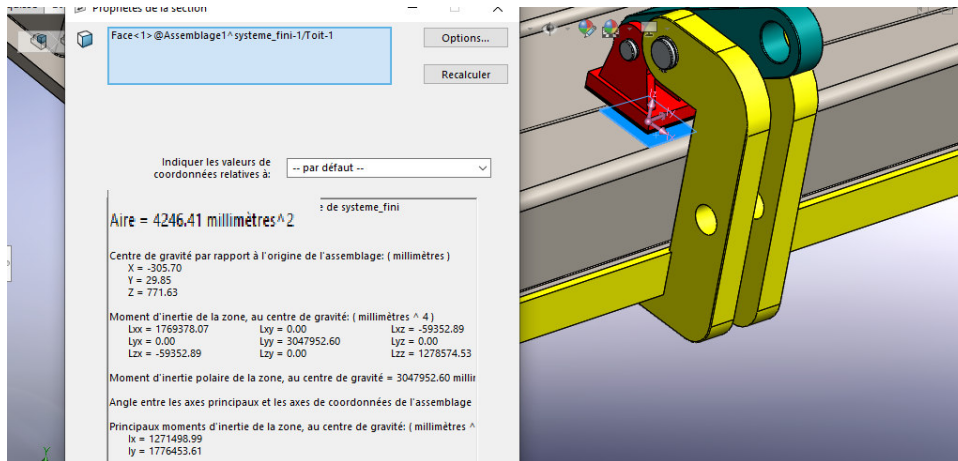


Figure II.15 : Zone d'application de contrainte  $\sigma_1$

- Calcul de contrainte  $\sigma_2$  :

$$\sigma_2 = \frac{F_2}{S_2} \dots \dots \dots (10)$$

Application numérique :

$$\sigma_2 = \frac{405.48}{4005.92} = 101 \times 10^3$$

Donc :

$$\sigma_2 = 101 \times 10^3 \text{ MPa}$$

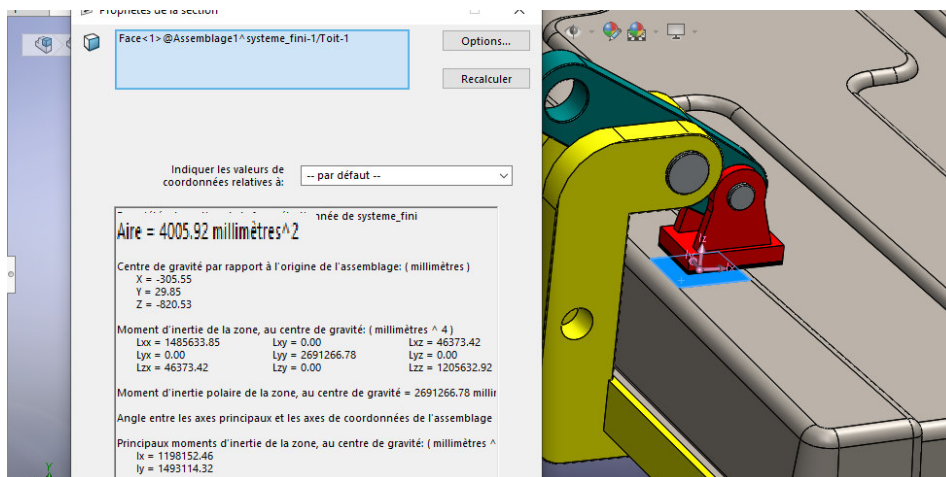


Figure II.16 : Zone d'application de contrainte  $\sigma_2$

- Calcul de contrainte  $\sigma_3$  :

$$\sigma_3 = \frac{F_3}{S_3} \dots \dots \dots (10)$$

Application numérique :

$$\sigma_3 = \frac{405.48}{5036.06} = 80 \times 10^3$$

Donc :

$$\sigma_3 = 80 \times 10^3 \text{MPa}$$

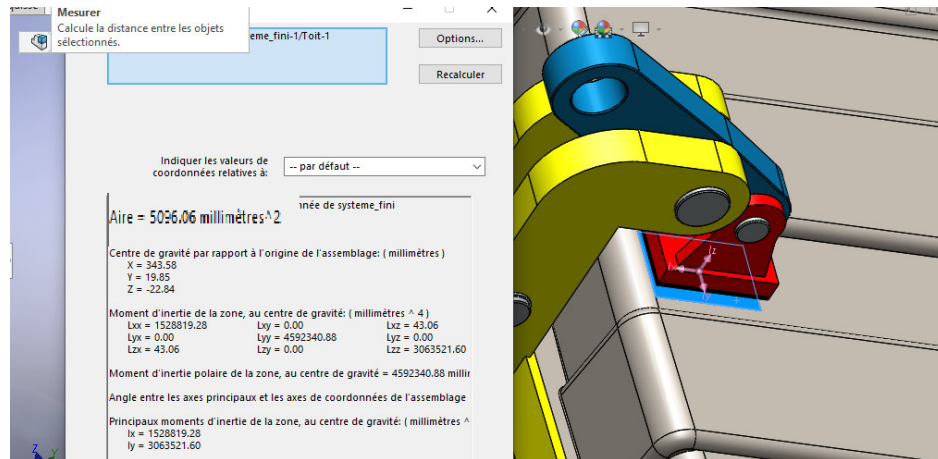


Figure II.17 : Zone d'application de contrainte  $\sigma_3$

## 6.2. Calcule les réactions $R_1$ et $R_2$ (forces appliquées sur les axes goupilles) :

Le système subit de nombreuses forces pendant le processus de levage, notamment la force appliquée par le levier sur les deux axes goupilles, ce qui nous oblige à calculer des réactions.

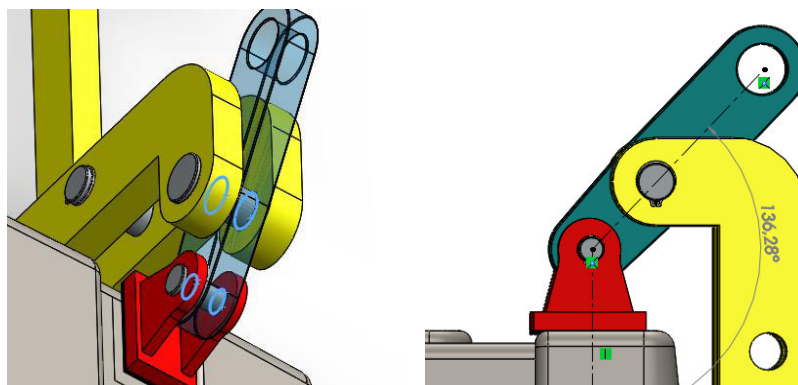
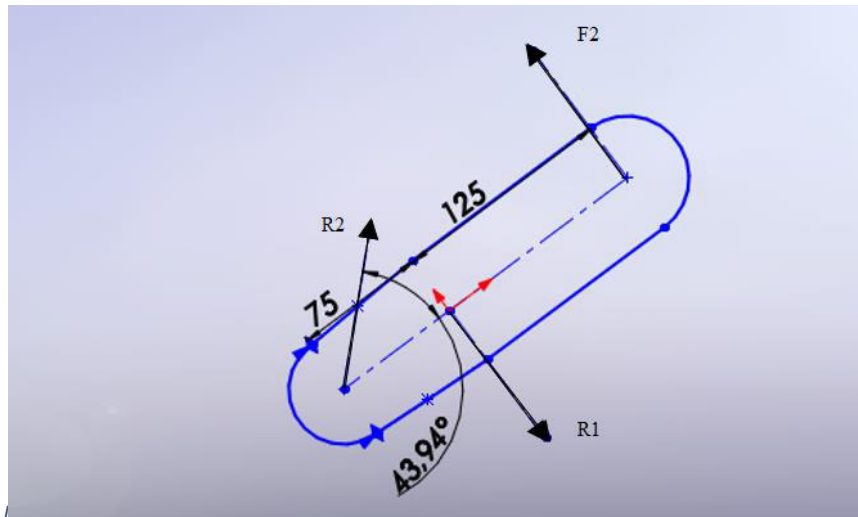


Figure II.18 : Zone de cisaillement.



**Figure II.19** : Isolement de levier

En statique :

La somme des forces égale à zéro :

$$\Sigma_{\vec{F}} = \vec{0} \dots\dots\dots (11)$$

Donc :

$$\vec{F}_2 + \vec{R}_1 + \vec{R}_2 = \vec{0} \dots\dots\dots (12)$$

Et

$$F_2 - R_1 + R_2 \cdot \sin(43.94^\circ) = 0 \dots\dots\dots (13)$$

On a aussi la somme des moments sur le point 2 :

$$\Sigma_{M/2} = \vec{0} \dots\dots\dots (14)$$

Donc :

$$-M_{R_1} + M_{F_2} = 0 \dots\dots\dots (15)$$

• **Calcul de R1 :**

D'après l'équation (15) :

$$-R_1 \cdot l + F_2 \cdot L = 0 \dots\dots\dots (16)$$

Tel que :

L : la distance entre F<sub>2</sub> et R<sub>2</sub>

l : la distance entre R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub>

Donc :

$$R_1 = \frac{F_2 \cdot L}{l}$$

AN

$$R_1 = \frac{405,48 \cdot 200}{75}$$

$$R_1 = 1081,28 \text{ N}$$

- **Calcul de R2 :**

On remplace la valeur R1 dans l'équation (11), on obtient :

$$R_2 \cdot \sin(43.94^\circ) = R_1 - F_2 \dots \dots \dots (17)$$

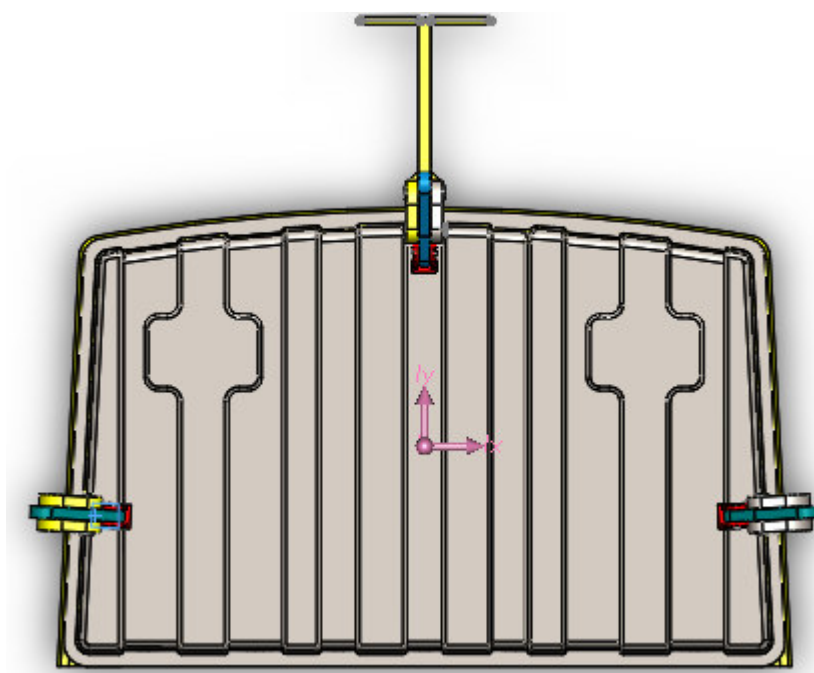
AN

$$R_2 = \frac{1081.28 - 405.48}{\sin(43.94^\circ)}$$

$$R_2 = 973,9 \text{ N}$$

### 6.3. Calcul des élingues :

La **Figure II.20** montre la position de centre de gravité du système, extrait à l'aide de logiciel SolidWorks®.

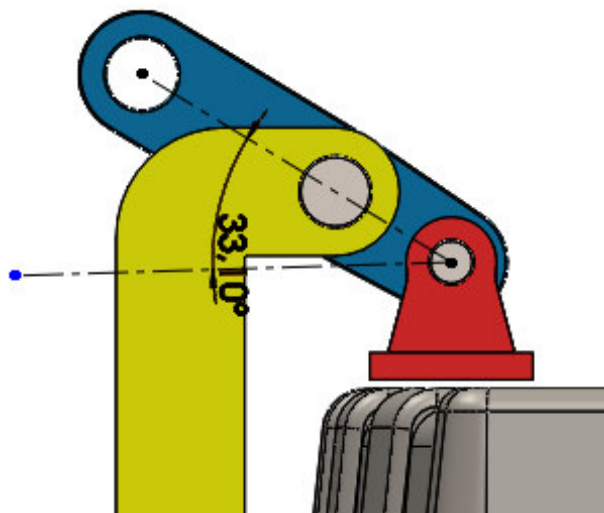


**Figure II.20** : Position de CDG de toit par rapport au repère.

Après avoir extraire le centre de gravité pour un levage optimal, nous devons maintenant prendre en considération l'angle entre levier et l'axe horizontal de l'appui (**Figure II.21**) et point d'interaction de ces axes horizontaux des appuis (**Figure II.22**) pour calculer les longueurs des élingues.

- **Angle de levier :**

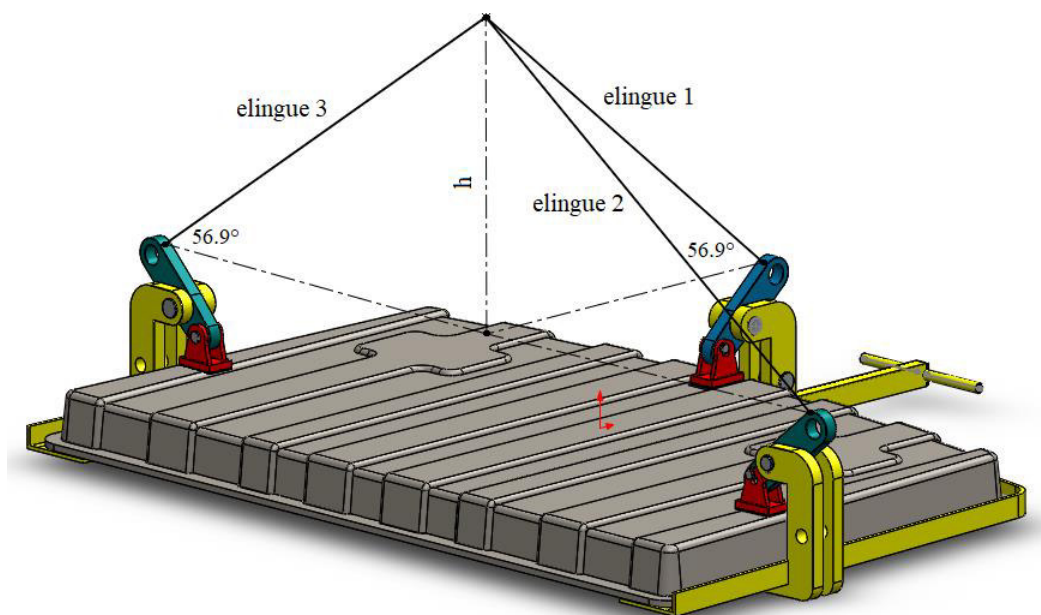
La fixation de toit sur le support implique que l'élingue est perpendiculaire sur le levier et la force appliquée a atteint sa valeur maximale. Cet angle est affiché sur la **Figure II.21**.



**Figure II.21:** Illustration de l'angle entre le levier et le crochet.

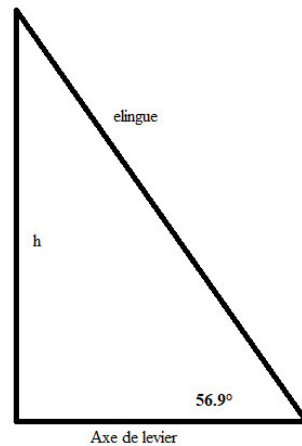
- **Point d'interaction des axes :**

La **Figure II.22** montre la position de point d'interaction des axes horizontaux des appuis.



**Figure II.22 :** Illustration de point de d'interaction

Pour calculer les longueurs des élingues, on peut simplifier notre schématisation sous forme d'un triangle, comme illustré sur la **Figure II.23**.



**Figure II.23:** Illustration de forme d'élingue

D'après les Figures II.21, II.22 et II.23, on obtient :

$$\cos 56.9 = \frac{\text{axe}}{\text{élingue}} \dots\dots\dots (18)$$

On remplace axe par axe1 et élingue par élingue 1, on trouve :

$$\cos 56.9 = \frac{\text{axe 1}}{\text{élingue 1}} \dots\dots\dots (19)$$

Donc :

$$\text{élingue 1} = \frac{\text{axe 1}}{\cos 56.9} \dots\dots\dots (20)$$

AN

$$\text{élingue 1} = \frac{797.01}{0.546}$$

$$\text{Elingue 1} = 1459.45 \text{ mm}$$

Pour les élingues 2 et 3, on a :

$$\text{élingue 2} = \frac{\text{axe 2}}{\cos 56.9} \dots\dots\dots (21)$$

AN

$$\text{élingue 2} = \frac{931}{0.546}$$



**élingue 2 = 1705.12mm**

**Elingue 2 = Elingue 3 = 1705.12**

### **Conclusion :**

Nous avons présenté dans ce chapitre la conception de notre toit et système de manutention pour levage par logiciel de conceptions SolidWorks®. Les différentes dimensions, matériaux, charges, réactions et caractéristiques géométriques et mécaniques de toit et de chaque élément de système ont montré, discuté et détaillé.

Dans le prochain chapitre de ce mémoire, nous nous attacherons à simuler le comportement (résistances d'éléments) de toit et de système de manutention pour le levage pendant les conditions de fonctionnement.

# Chapitre III

## Simulation numérique de système de levage

### Introduction :

L'étude, la conception et la simulation d'un système de levage constitue la plus importante étape dans le processus de fabrication de ce dernier, cette étude fait appel à des connaissances qui s'étalent sur une diversité de problème : mécanique, physique, thermique, etc., afin d'assurer la stabilité et la sécurité du système lors de son utilisation

Dans ce chapitre nous allons présenter premièrement un aperçu sur la simulation numérique. A cet effet, nous exposerons la définition de la simulation, le logiciel SolidWorks® simulation et ses fonctionnalités, puis, nous justifierons son utilisation. Ensuite, nous mettrons en évidence le processus d'analyse statique d'un modèle réel où nous expliciterons les étapes de la simulation. L'analyse et la dissertation de résultats obtenus feront l'objet de dernière section de ce chapitre où nous détaillerons les résultats abordés de la simulation de toit et les éléments du système de levage proposé.

### 1. Simulation numérique :

Les outils d'aide à la conception et à l'étude dans le domaine de la mécanique sont destinés à simuler le comportement cinématique et dynamique des mécanismes.

#### 1.1. Définition de la simulation :

Méthode de mesure et d'étude consistant à remplacer un système par un modelé plus simple mais ayant un comportement analogue.

Le système ou le phénomène analysé peut être schématisé sous forme d'un modèle mécanique, électronique ou logico-mathématique. Nous nous intéresserons ici uniquement à la représentation du système sous la forme d'un modèle mécanique.

L'objectif d'un modèle de simulation peut être simplement descriptif : étudier le comportement d'un système sous différentes hypothèses d'évaluation de l'environnement, ou aussi normatif (décisionnel) : en simulant plusieurs décisions envisagées choisir la meilleure ou la moins mauvaise [17].

#### 1.2. SolidWorks simulation :

SolidWorks simulation est un outil d'analyse de conception qui repose sur une technique numérique appelé l'analyse par élément fini (Finite Element Analysis (FEA)).

SolidWorks simulation permet d'analyser le comportement structurel statique et dynamique de modèles de pièces et d'assemblages SolidWorks.

Il porte essentiellement sur les connaissances et les concepts les plus importants à acquérir pour optimiser l'utilisation que vous ferez de SolidWorks simulation

L'analyse par SolidWorks simulation utilise un outil d'analyse mécanique puissant c'est la méthode numérique l'analyse par éléments finis (FEA) est une technique numérique qui permet de résoudre des problèmes de terrain décrits par un jeu d'équation différentielles partielles.

En génie mécanique, l'analyse par éléments finis est largement utilisée pour résoudre des problèmes de structure, de fréquence et température.

Le processus de discrétisation que l'on appelle plus volontiers le maillage, fractionne la géométrie en entités relativement petites et composent des formes simples, désignées sous le nom d'éléments finis. Les éléments sont appelés finis pour indiquer qu'ils ne sont pas infiniment petits mais raisonnablement petits par rapport à la taille globale du module [18].

### 1.3. Gamme SolidWorks simulation :

- **SolidWorks Simulation Standard** : Un environnement intuitif de tests virtuels pour la simulation statique linéaire, la simulation de mouvement temporelle et la simulation de fatigue méga-cyclique. Permet de déterminer si les performances d'un produit seront satisfaisantes et pour combien de temps.
- **SolidWorks Simulation Professional** : Un environnement dédié à la multiphysique séquentielle vous permettant de prendre en compte les effets de la dilatation thermique et les vibrations des produits. De plus, ce logiciel de simulation permet de réaliser des analyses d'hypothèses grâce à l'étude de conception avec optimisation paramétrique (modification des paramètres des modèles, matériaux, charges, contraintes, etc.).
- **SolidWorks Simulation Premium** : Permet de réaliser 03 types d'études avancées : dynamique linéaire (calcul des effets des charges dynamiques, d'impact ou de choc notamment), statique non linéaire (calcul de la déformation permanente et des contraintes résiduelles dues à des charges excessives par exemple) et dynamique non linéaire (où l'effet des charges variables en temps réel est intégré dans le calcul et les résultats). L'analyse non linéaire permet donc d'étudier le comportement des matériaux complexes (métal, caoutchouc, plastique) et tient compte des déflexions importantes et du contact glissant au sein des composants [18].

### 1.4. Fonctionnalités de SolidWorks Simulation :

Avec logiciel SolidWorks simulation, il est possible [19] :

- Intégration totale dans l'interface du logiciel de CAO 3D SolidWorks,

- Prise en charge des configurations et des matériaux SolidWorks CAO,
- Préviation des performances du produit basée sur le calcul des contraintes, déformations et déplacements du composant, et sur le coefficient de sécurité,
- Estimation de la durée de vie des composants soumis à des charges diverses,
- Analyse du comportement des matériaux complexes et non linéaires (métaux, caoutchoucs et plastiques) et prise en compte des déflexions importantes et du contact glissant dans les analyses non linéaires,
- Recherche de nouvelles solutions utilisant un minimum de matériau avec les études de topologie,
- Calcul de la répartition de la température et du flux de chaleur avec l'analyse thermique,
- Définition des fréquences propres et des déformées modales,
- Calcul des effets des vibrations forcées, des impacts, des chocs ou des variations de charge dans le temps avec l'analyse linéaire et non linéaire dynamique,
- Définition de la conception optimale ou de la plus efficace avec les analyses paramétriques (hypothèses) et d'optimisation,
- Simplification des études de simulation à l'aide de boulons, broches, ressorts, paliers, cordons et points de soudure,
- Simulation des performances des composites,
- Cinématique de corps rigide avec analyse du mouvement basée sur le temps et les événements,
- Calcul de l'instabilité structurelle avec l'analyse de flambage,
- Calcul de la contrainte linéarisée avec l'étude des appareils sous pression,
- Exportation des résultats de SolidWorks Simulation au format eDrawings®.

## 2. Processus d'analyse :

Le processus d'analyse des modelées comprend toujours les mêmes étapes de base, quel que soit le type d'analyse ou le modèle [20].

### Les étapes de l'analyse d'un modèle sont :

1. **Création de l'étude :** Chaque analyse d'un modèle correspond à une étude. Nous pouvons avoir plusieurs études pour un même modelé.
2. **Application du matériau :** application au modèle un matériau contenant les informations physique, mécanique, chimique et thermique, etc.
3. **Application des conditions aux limites (déplacements, forces et charges imposés) :** Les conditions aux limites sont ajoutées afin de représenter le mode de conservation du modèle physique.
4. **Maillage de modèle :** Le modèle est fractionné en élément fini. Le maillage de modèle dépend du type de géométrie maillée, du type d'analyse à effectuer. SolidWorks

Simulation propose des éléments volumiques tétraédriques pour mailler la géométrie des solides et les éléments coques, triangulaires pour mailler celle des surfaces.

Dans notre simulation nous avons utilisé l'élément volumique tétraédrique à quatre nœuds, trois degrés de liberté dans chaque nœud proposé par SolidWorks Plastics et une densité moyenne pour le maillage.

5. **Exécution de l'étude :** Le solveur calcule, les contraintes, les déplacements, les déformations et le coefficient de sécurité dans le modèle.

### 3. Résultats et discussion de la simulation :

La conception de toit et de système de levage est réalisée, les caractéristiques techniques de la simulation sont introduites et les modèles sont maillés. La dernière étape maintenant est l'exécution de la simulation.

#### 3.1. Analyse et simulation du toit (pavillon) :

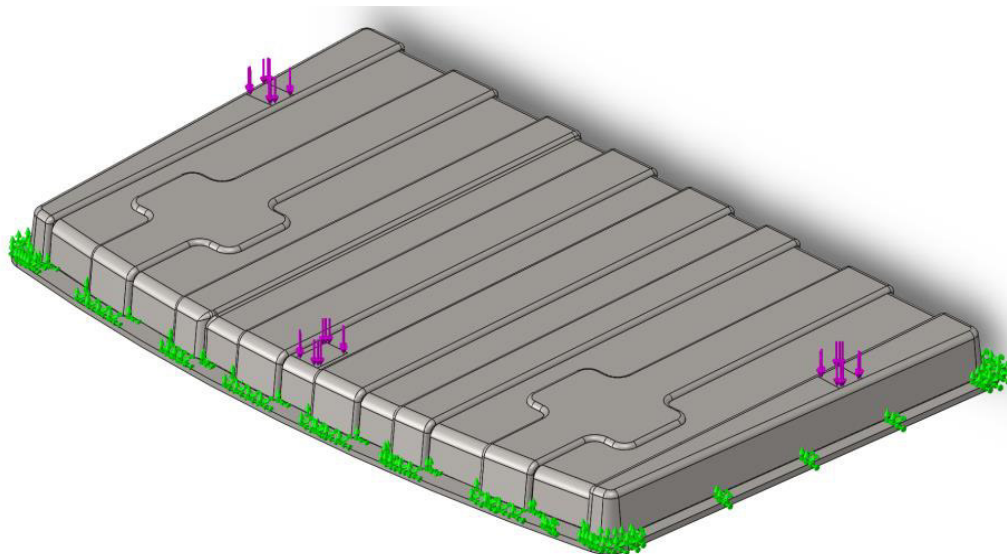
Le modèle étudié dans cette sous-section est le toit de camion k66 (SNVI), le but de cette étude sur le toit est de vérifier la déformation de ce dernier dans les conditions de levage.

##### 3.1.1. Charges et condition aux limites :

Les charges et les conditions aux limites appliquées sur le toit sont résumées dans les points suivants :

- Une charge répartie appliquée par l'appui 1 sur la surface  $S_1$  de toit :  $\sigma_1 = 95 \text{ MPa}$ .
- Une charge répartie appliquée par l'appui 2 sur la surface  $S_2$  de toit :  $\sigma_2 = 101 \text{ MPa}$ .
- Une charge répartie appliquée par l'appui 3 sur la surface  $S_3$  de toit :  $\sigma_3 = 80 \text{ MPa}$ .
- Appui plan de toit sur le support.

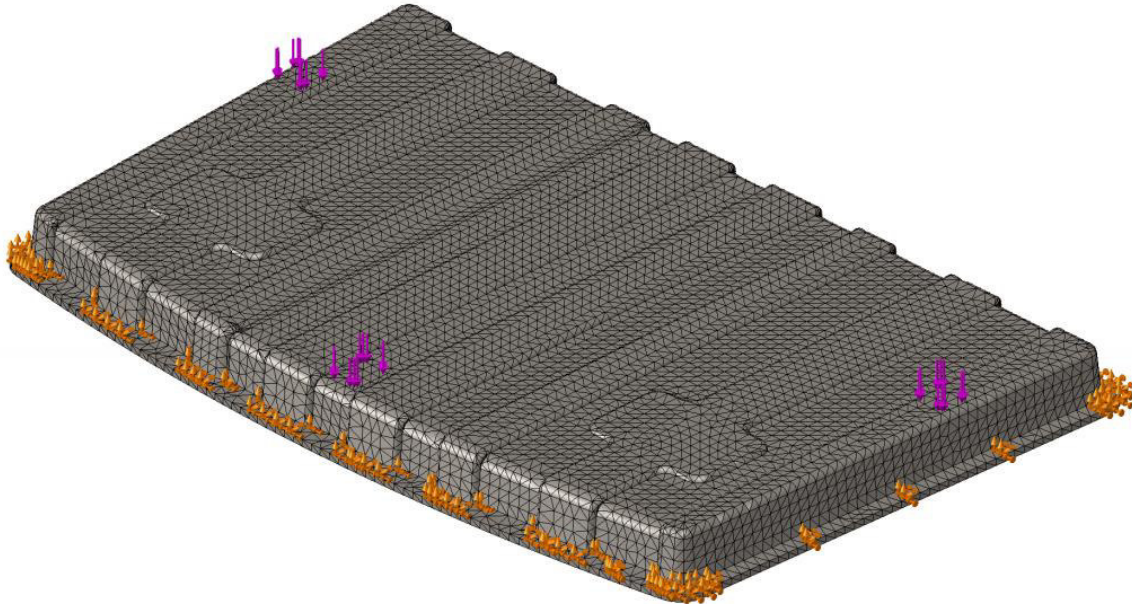
La **Figure III.1** montre une représentation graphique du pavillon, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges réparties et des conditions aux limites.



**Figure III.1 :** Toit sous charges réparties et conditions aux limites

### 3.1.2. Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les charges appliquées sur le toit, l'étape suivante dans la simulation est de mailler le modèle. La **Figure III.2** présente le toit sous une densité moyenne de maillage par l'élément tétraédrique.



**Figure III.2 :** Maillage de toit

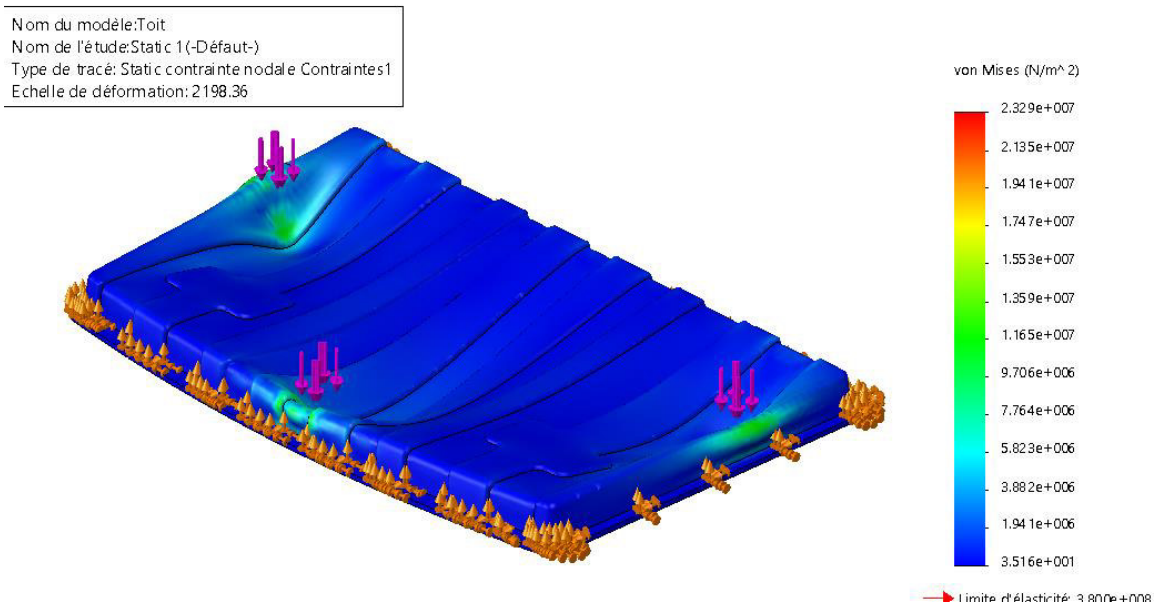
### 3.1.3. Résultats de la simulation :

Le toit qui sera déplacé est réalisé, les charges réparties et les conditions aux limites sont introduites et le modèle est maillé. La dernière étape maintenant est l'exécution de la simulation.

Les principaux résultats de cette étude, à savoir : les champs de contraintes, de déplacements, de déformations et coefficients de sécurités sont présentés et discutés.

#### a. Champ de contrainte :

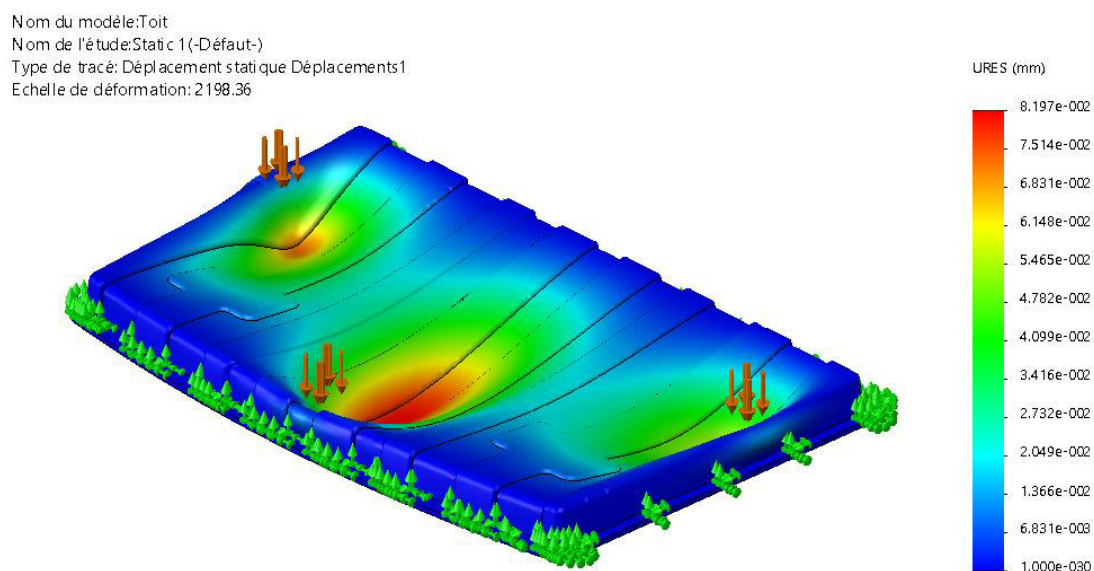
Le champ de contraintes équivalentes appliqué sur le toit est représenté sur la **Figure III.3**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales se situent dans les zones d'application des charges réparties (sous l'effet des appuis). Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 24 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.



**Figure III.3 :** Distribution des contraintes équivalentes de Von-mises sur le toit

### b. Champ de déplacement :

Les résultats présentés dans la **Figure III.4**, montrent le champ de déplacement de toit sous l'effet des contraintes appliquées par les appuis. Sur cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans les zones d'application des charges (**Figure III.3**), on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 0.08 mm. Cette valeur est presque négligeable devant la taille de toit.

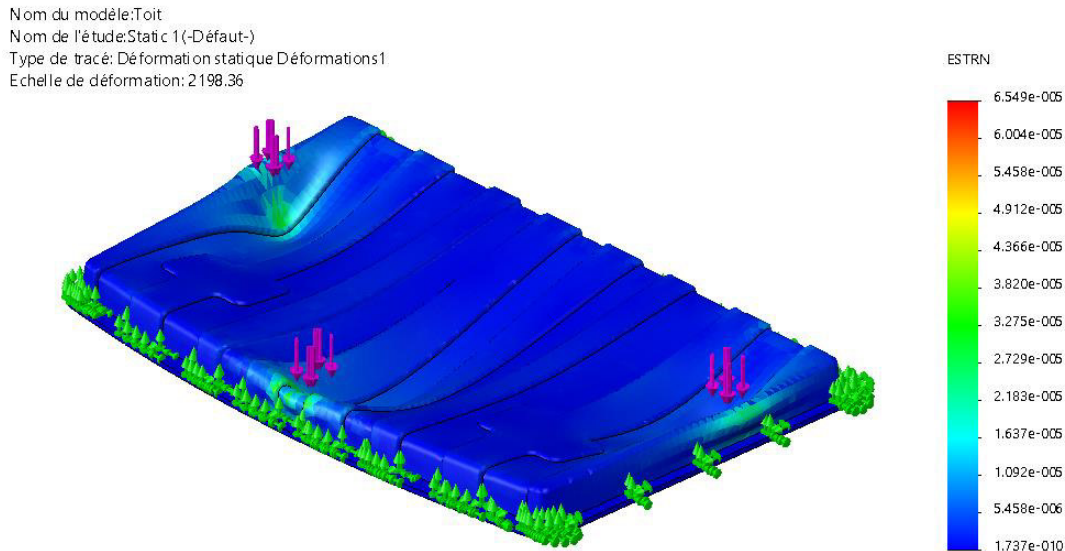


**Figure III.4 :** Distribution de champ de déplacement de toit

### c. Champ de déformation :

La **Figure III.5** montre la déformation de toit sous l'effet des charges et des conditions aux limites appliquées. D'après cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente

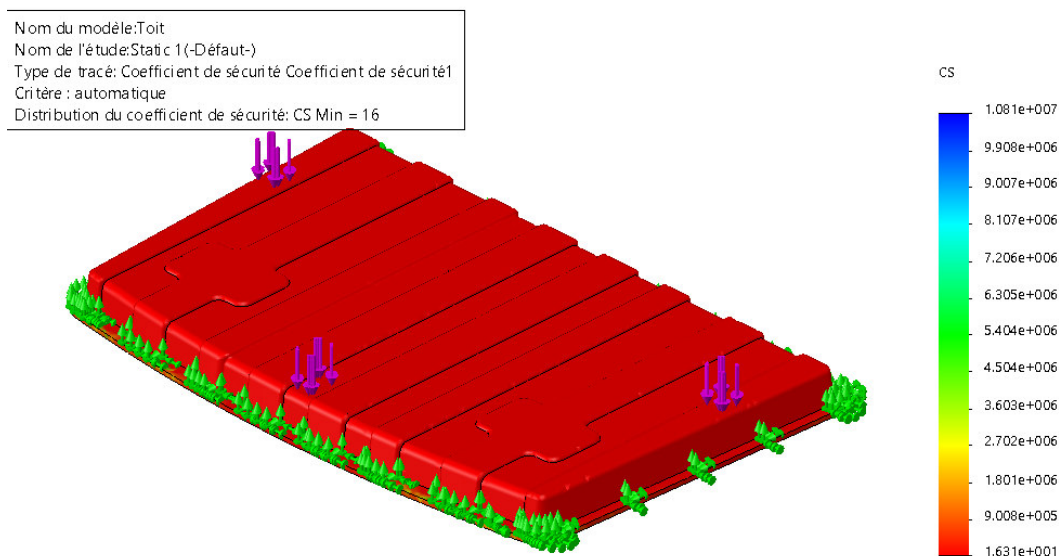
dans les surfaces de contact entre les appuis et le toit. Par ailleurs, les zones de déformation maximales se situent dans les surfaces de déplacement maximaux (**Figure III.4**). Cependant, cette déformation est de l'ordre de  $10^{-5}$  (presque négligeable). À partir de là, on peut conclure que le système que nous avons proposé n'est pas détruit le toit sous la charge de levage.



**Figure III.5 :** Distribution de champ de déformation de toit

#### d. Coefficient de sécurité :

Afin de valider la conclusion que le toit n'est pas détruit. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité sur ce dernier. La **Figure III. 6** montre cette distribution du coefficient de sécurité. Ce coefficient est défini comme le rapport entre la contrainte maximale appliquée et la limite élastique de matériau. L'analyse des résultats présentés sur cette figure montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est égale 16. Par conséquent, on peut conclure que la limite élastique du matériau est égale à 16 fois la valeur de contrainte maximale. Et donc le toit ne se déforme pas pendant le déplacement dans le système.



**Figure III.6 :** Distribution du coefficient de sécurité sur le toit



Après l'étude de toit, on passe maintenant à l'analyse et simulation des éléments essentiels du système de levage (support, levier, axes goupilles 1 et 2 et l'appui).

### 3.2. Analyse et simulation de support (Phase 1 : simulation des crochets) :

Le modèle étudié dans cette sous-section est le support (corps) de système de levage que nous avons proposé. Le but de cette étude est de vérifier la déformation de ce dernier dans les conditions de levage.

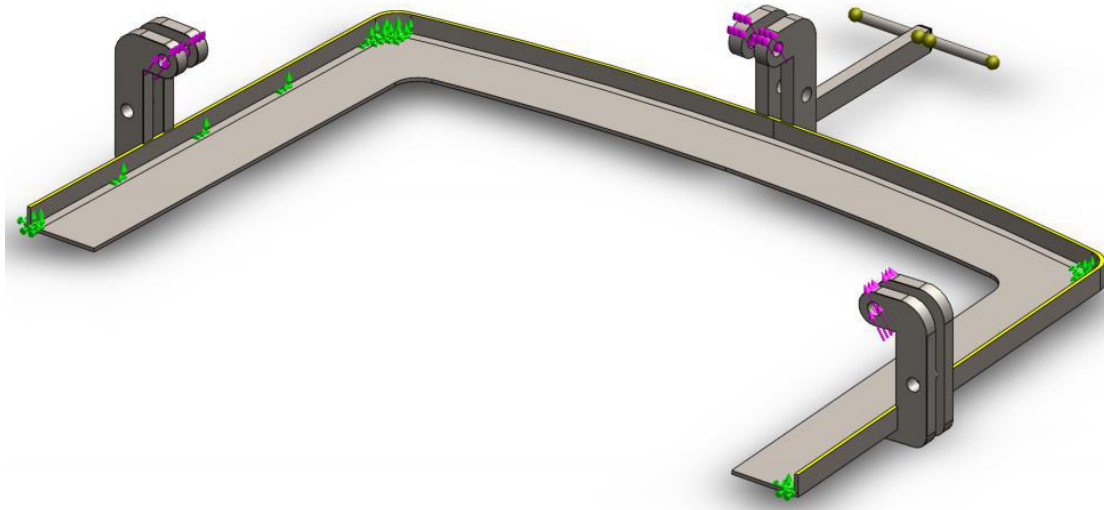
Afin de satisfaire les conditions aux limites appliquées sur le support, on propose de diviser l'étude en deux phases (Phase 1 : simulation des crochets et Phase 2 : simulation de la base). Dans cette partie nous commençons par l'étude des crochets.

#### 3.2.1. Charges et condition aux limites :

Les charges et les conditions aux limites appliquées sur le toit sont résumées dans les points suivants :

- Une force appliquée par l'élingue 1 sur le crochet 1 :  $F_1 = 405 \text{ N}$ .
- Une force appliquée par l'élingue 2 sur le crochet 2 :  $F_2 = 405 \text{ N}$ .
- Une force appliquée par l'élingue 3 sur le crochet 3 :  $F_3 = 405 \text{ N}$ .
- Géométrie fixe (encastrement) appliquée sur la base.

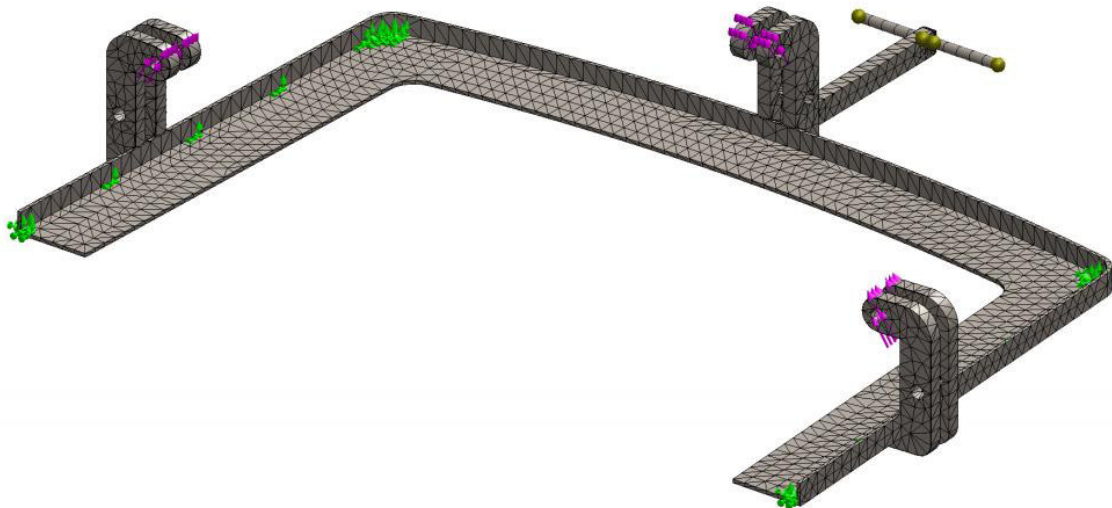
La **Figure III.7** montre une représentation graphique du support, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges réparties et des conditions aux limites.



**Figure III.7** : Support sous forces appliquées et conditions aux limites dans la phase 1

#### 3.2.2. Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les forces appliquées sur le support, l'étape suivante dans la simulation est de mailler le modèle. La Figure III.8 présente le support sous une densité moyenne de maillage par l'élément tétraédrique.



**Figure III.8 :** Maillage de support dans la phase 1

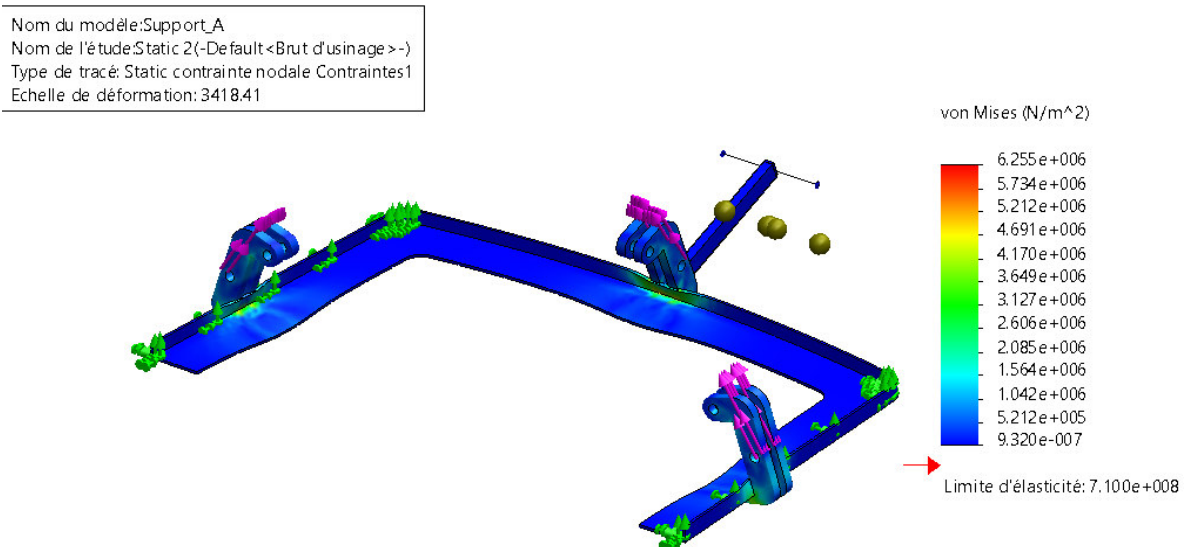
### 3.2.3. Résultats de la simulation :

Le support est réalisé, les forces appliquées et les conditions aux limites sont introduites et le modèle est maillé. La dernière étape maintenant est l'exécution de la simulation.

Les principaux résultats de cette étude sont présentés et discutés ci-dessous.

#### a. Champ de contrainte :

Le champ de contraintes équivalentes appliqué sur le support est représenté sur la **Figure III.9**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales se situent dans les zones d'application des forces (sous l'effet des élingues). Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 6.25 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.



**Figure III.9 :** Distribution des contraintes équivalentes sur le support dans la phase 1

### b. Champ de déplacement :

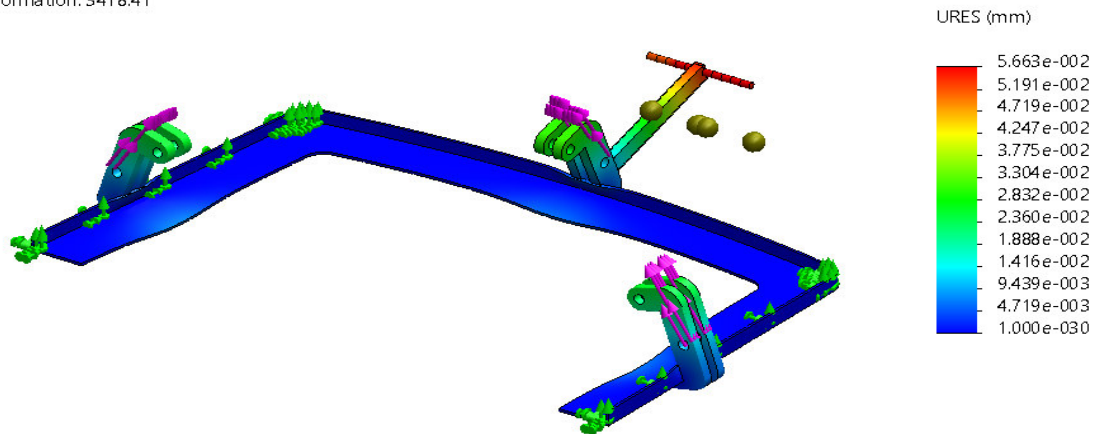
Les résultats présentés dans la **Figure III.10**, montrent le champ de déplacement de support sous l'effet des contraintes appliquées par les élingues. Sur cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans les zones d'application des charges (**Figure III.9**), on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 0.05 mm. Cette valeur est presque négligeable devant la taille de support.

Nom du modèle:Support\_A

Nom de l'étude:Static 2(-Default<Brut d'usinage >-)

Type de tracé: Déplacement statique Déplacements1

Echelle de déformation: 3418.41



**Figure III.10** : Distribution de champ de déplacement sur le support dans la phase 1

### c. Champ de déformation :

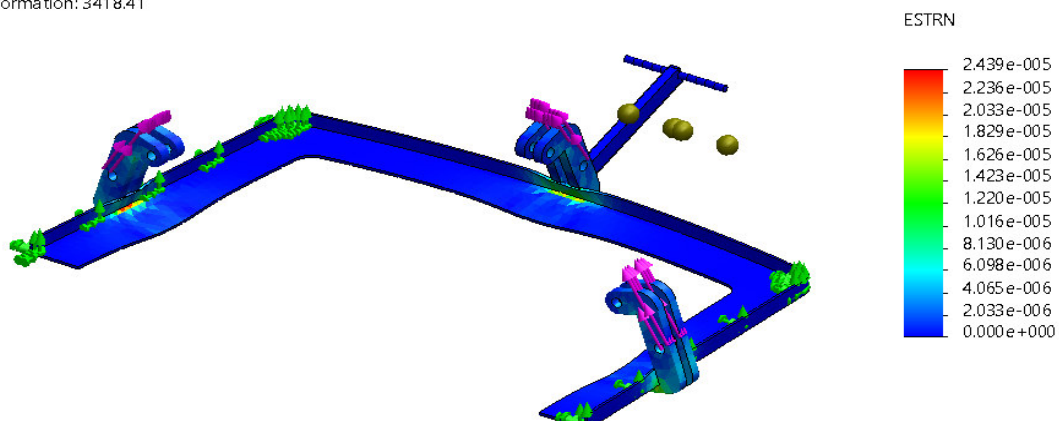
La **Figure III.11** montre la déformation de support sous l'effet des forces et des conditions aux limites appliquées. D'après cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente dans les surfaces de contact entre les axes de goupilles et les crochets. Par ailleurs, les zones de déformation maximales se situent dans les surfaces de déplacement maximaux (**Figure III.10**). Cependant, cette déformation est de l'ordre de  $10^{-5}$  (presque négligeable). On peut conclure que le ne se déforme pas sous les conditions de levage.

Nom du modèle:Support\_A

Nom de l'étude:Static 2(-Default<Brut d'usinage >-)

Type de tracé: Déformation statique Déformations1

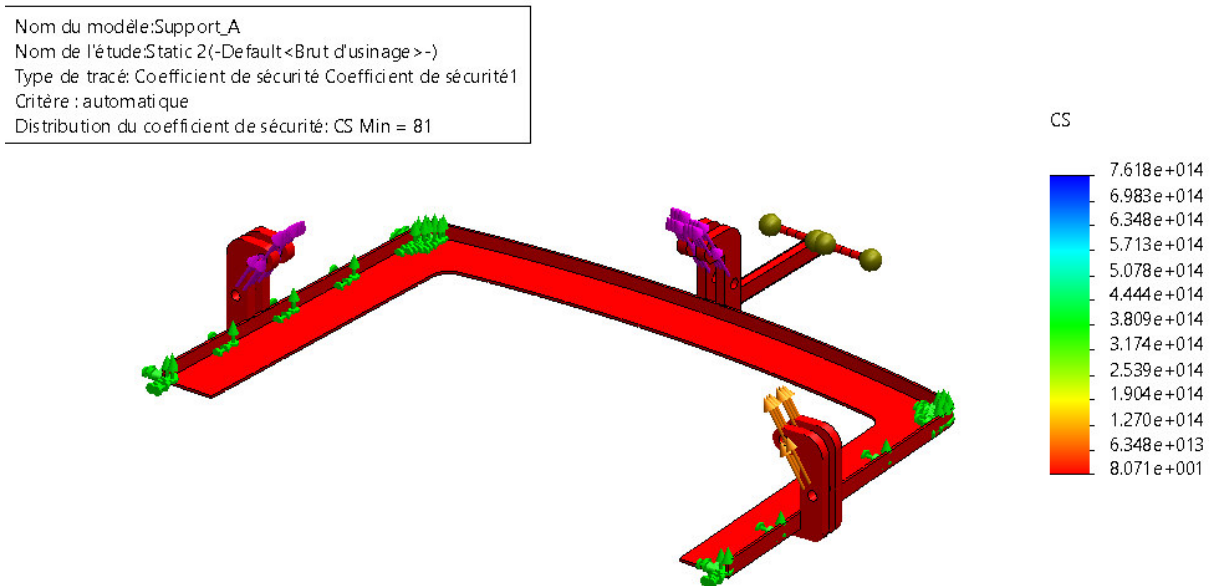
Echelle de déformation: 3418.41



**Figure III.11** : Distribution de champ de déformation de support dans la phase 1

#### d. Coefficient de sécurité :

Afin de valider la conclusion que le support n'est pas détruit. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité sur ce dernier. La **Figure III.12** montre cette distribution du coefficient de sécurité. L'analyse des résultats présentés sur cette figure montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est égale à 81. Par conséquent, on peut conclure que la limite élastique du matériau est égale à 81 fois la valeur de contrainte maximale. Et donc le support ne se déforme pas pendant le déplacement dans le système.



**Figure III.12 :** Distribution du coefficient de sécurité sur le support dans la phase 1

### 3.3. Analyse et simulation de support (Phase 2 : simulation de la base) :

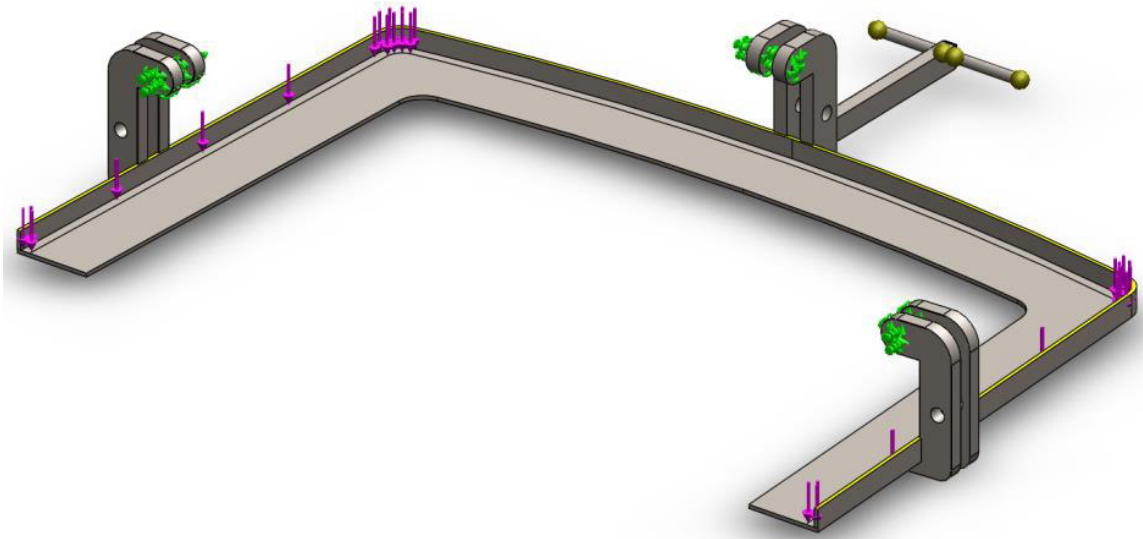
Le modèle étudié dans cette sous-section est aussi le support (corps) de système. Mais, le but est de vérifier la déformation de la base de support dans les conditions de levage.

#### 3.3.1. Charges et condition aux limites :

Les charges et les conditions aux limites appliquées sur le toit sont les suivants :

- Une charge répartie appliquée par le toit sur la base : **F = 1215 MPa**.
- Géométrie fixe (encastrement) appliquée sur les crochets de support.

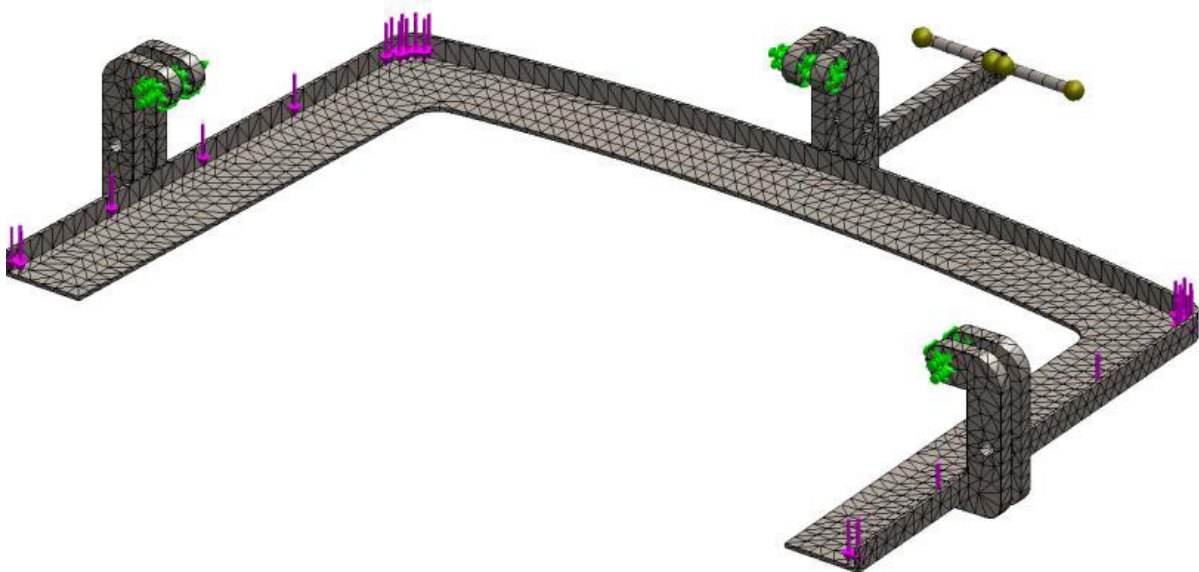
La **Figure III.13** montre une représentation graphique du support, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges réparties et des conditions aux limites.



**Figure III.13 :** Support sous forces appliquées et conditions aux limites dans la phase 2

### 3.3.2. Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les charges réparties sur le support, l'étape suivante dans la simulation est de mailler le modèle. La **Figure III.14** présente le support sous une densité moyenne de maillage par l'élément tétraédrique.



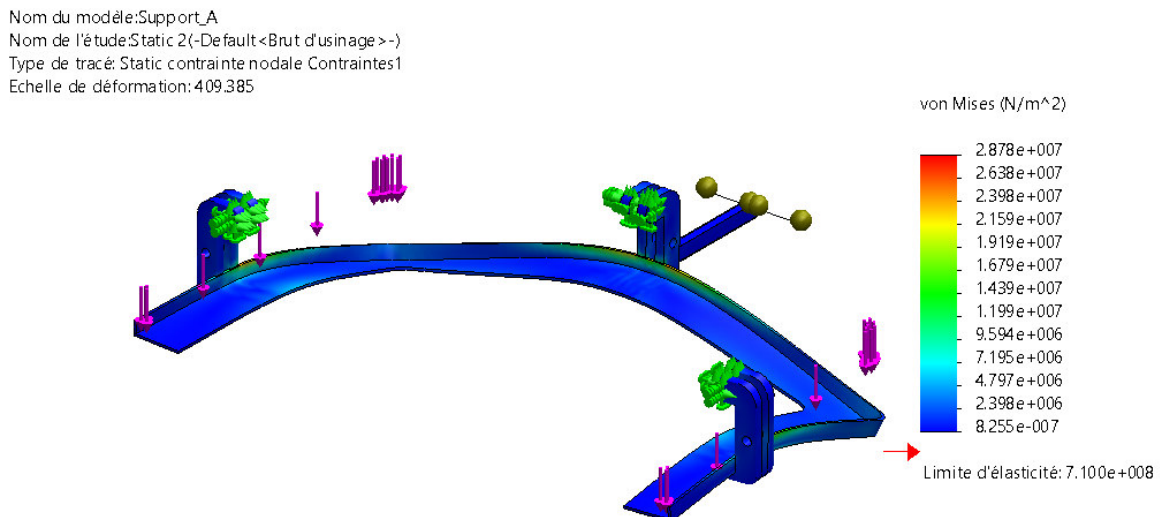
**Figure III.14 :** Maillage de support dans la phase 2

### 3.3.3. Résultats de la simulation :

Les charges réparties et les conditions aux limites sont introduites et le modèle est maillé. Maintenant on passe à l'exécution de la simulation. Les principaux résultats de cette étude sont présentés et discutés ci-dessous.

### a. Champ de contrainte :

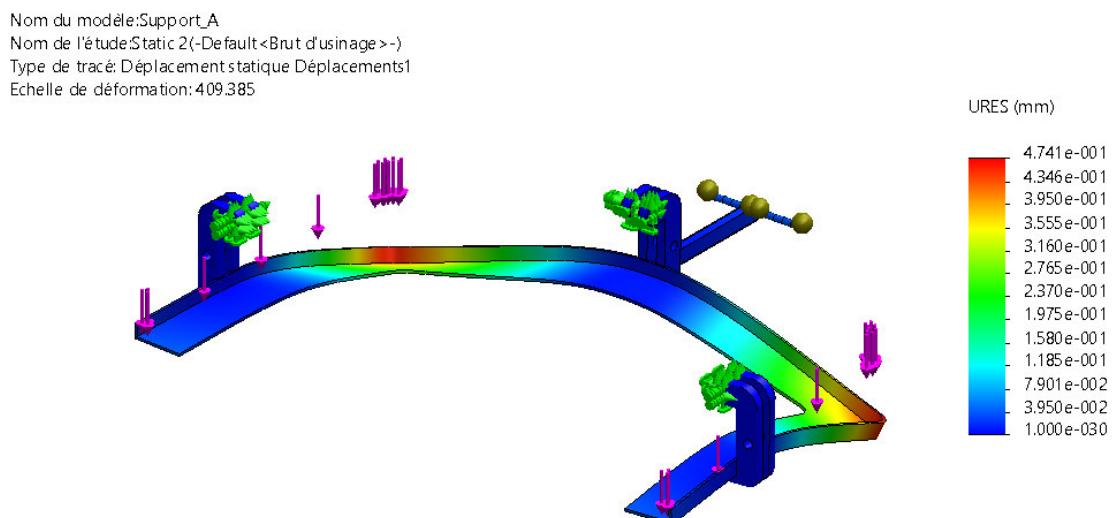
Le champ de contraintes équivalentes appliqué sur le support est représenté sur la **Figure III.15**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales se situent dans les zones d'application des forces (sous l'effet de poids de toit). Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 28 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.



**Figure III.15 :** Distribution des contraintes équivalentes sur le support dans la phase 2

### b. Champ de déplacement :

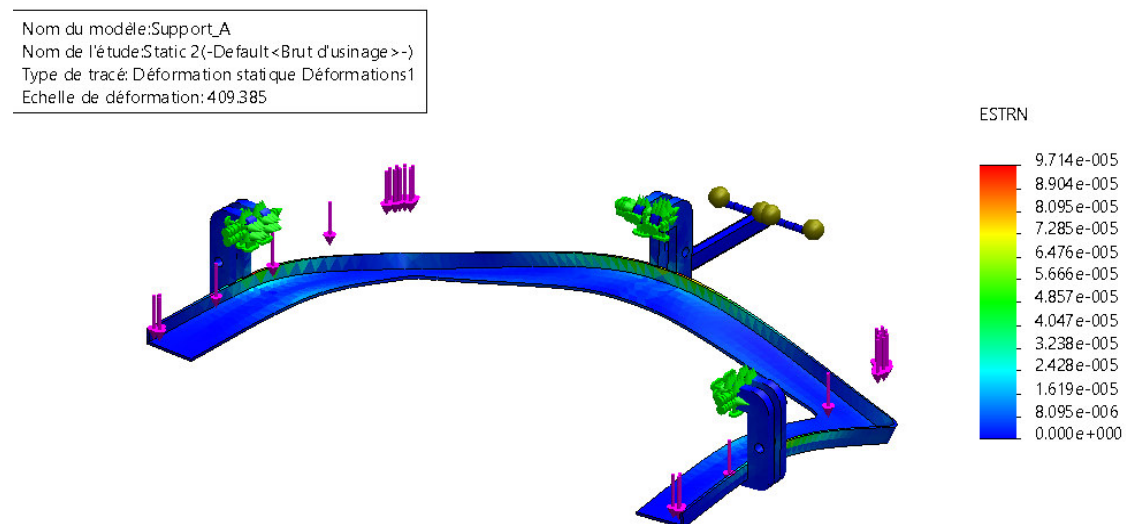
Les résultats présentés dans la **Figure III.16**, montrent le champ de déplacement de support sous l'effet des contraintes appliquées par le poids de toit. Sur cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans les zones d'application des charges (**Figure III.15**), on note aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 0.4 mm. Cette valeur est presque négligeable devant la taille de support.



**Figure III.16 :** Distribution de champ de déplacement sur le support dans la phase 2

### c. Champ de déformation :

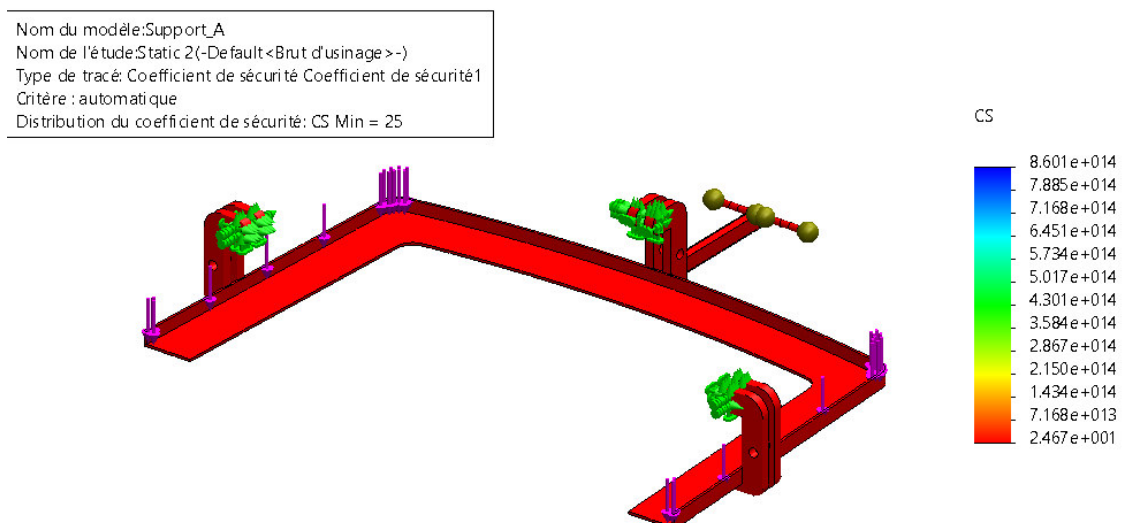
La **Figure III.16** montre la déformation de support sous l'effet des forces et des conditions aux limites appliquées. D'après cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente dans les surfaces de contact entre le toit et la base de support. Par ailleurs, les zones de déformation maximales se situent dans les surfaces de déplacement maximaux (**Figure III.15**). Cependant, cette déformation est de l'ordre de  $10^{-5}$  (presque négligeable). On peut conclure que le ne se déforme pas sous les conditions de levage.



**Figure III.17** : Distribution de champ de déformation de support dans la phase 2

### d. Coefficient de sécurité :

Afin de valider la conclusion que le support n'endommage pas sous les conditions de levage. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité sur ce dernier. La **Figure III.18** montre cette distribution. L'analyse des résultats présentés sur cette figure montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est égale 24. Par conséquent, le support ne se déforme pas pendant le déplacement dans le système.



**Figure III.18** : Distribution du coefficient de sécurité sur le support dans la phase 2

### 3.4. Analyse et simulation de levier :

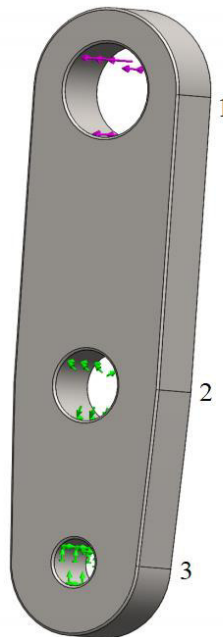
Le modèle étudié dans cette partie est le levier, cet élément est l'intermédiaire entre les crochets, le support et les appuis, son rôle est de transférer la force de levage exercée par les crochets à une charge répartie appliquée par les appuis pour fixer le toit pendant le déplacement.

#### 3.4.1. Charges et condition aux limites :

Les charges et les conditions aux limites appliquées sur le levier sont présentées ci-dessous.

- Une force appliquée par le crochet dans le trou 1 de levier :  $F_1 = 405.8 \text{ N}$ .
- Pendant le déplacement, la réaction appliquée par l'appui 1 sur l'axe goupille 1 et à son tour sur le trou 3 de levier est introduite comme une condition aux limites de type encastrement.
- Une condition limite de pivot fixe dans le trou 2.

La **Figure III.19** montre une représentation graphique du levier, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des forces appliquées et des conditions aux limites.

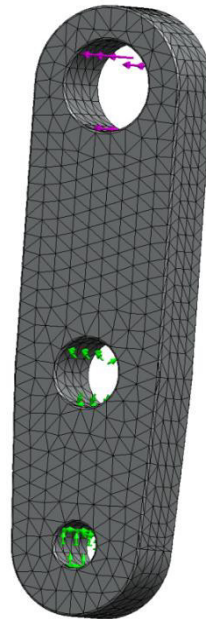


**Figure III.19** : Levier sous les force appliquées et conditions aux limites

#### 3.4.2. Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les forces et les réactions appliquées sur le levier, l'étape suivante dans la simulation est de mailler le modèle. La **Figure III.20** présente ce levier sous une densité moyenne pour le maillage par l'élément tétraédrique.





**Figure III.20 :** Maillage appliqué sur le levier

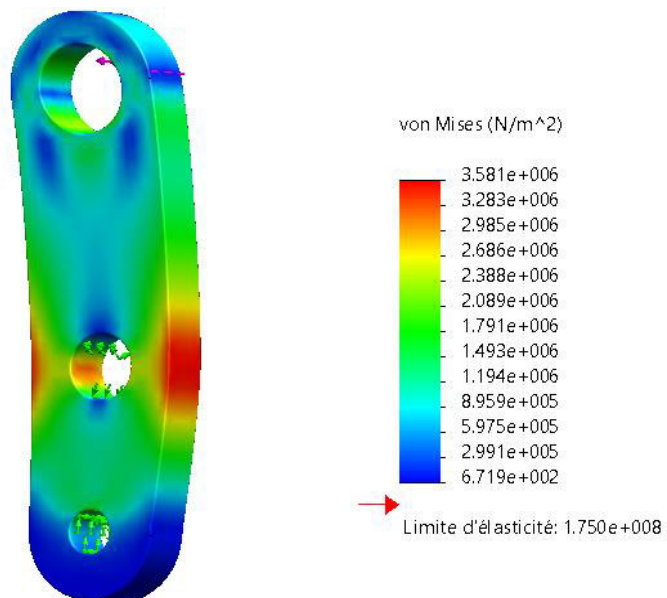
### 3.4.3. Résultats de la simulation :

La dernière étape maintenant est l'exécution de la simulation. Les principaux résultats sont présentés et discutés ci-dessous.

#### e. Champ de contrainte :

Le champ de contraintes équivalentes appliqué sur le levier est représenté sur la **Figure III.21**. D'après cette figure, on remarque que les contraintes maximales se situent dans les zones d'application des forces des crochets (force de levage). Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 3.5 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.

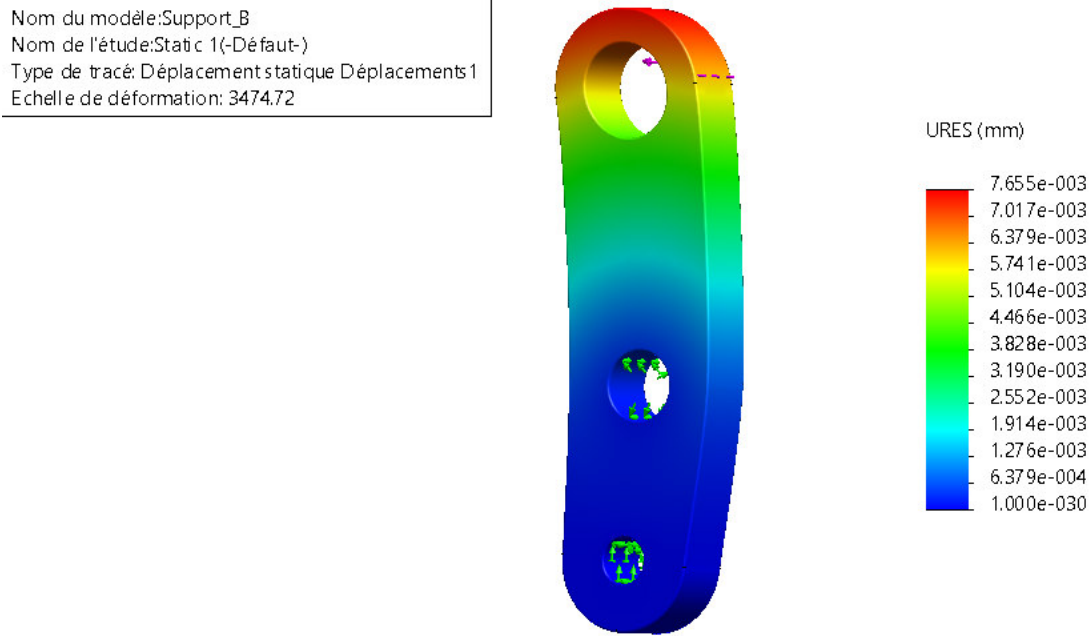
Nom du modèle:Support\_B  
 Nom de l'étude:Static 1(-Défaut-)  
 Type de tracé:Static contrainte nodale Contraintes1  
 Echelle de déformation: 3474.72



**Figure III.21 :** Distribution des contraintes équivalente de Von-mises sur le levier

**f. Champ de déplacement :**

Le résultat présenté sur la **Figure III.22**, montrent les champs de déplacement de levier sous l'effet des contraintes appliquées par les crochets. Sur cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans les zones d'application des forces de levage (**Figure III.21**), on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 0.075 mm.

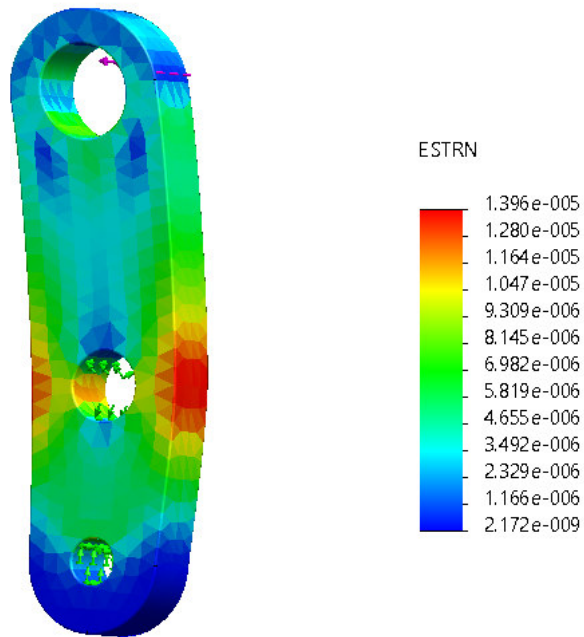


**Figure III.22 :** Distribution de champ de déplacement sur le levier

**g. Champ de déformation :**

La **Figure III.23** montre la déformation de levier sous l'effet des charges et des conditions aux limites appliquées. Sur cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente dans les surfaces de contact entre le crochet et le levier. Par ailleurs, les zones de déformation maximales se situent dans les surfaces de déplacement maximaux (**Figure III.22**). Cependant, cette déformation est de l'ordre de  $10^{-5}$  (presque négligeable). À partir de là, on peut conclure que le levier que nous avons proposé n'est pas endommagé sous la charge de levage.

Nom du modèle:Support\_B  
 Nom de l'étude:Static 1(-Défaut-)  
 Type de tracé: Déformation statique Déformations 1  
 Echelle de déformation: 3474.72

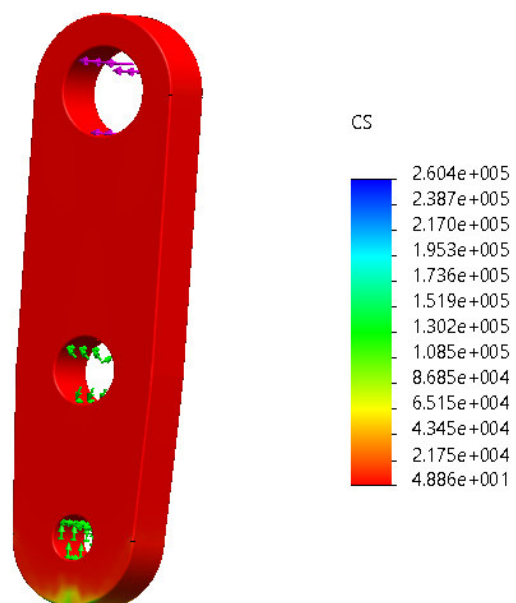


**Figure III.23 :** Distribution de champ de déformation de levier

**h. Coefficient de sécurité :**

Afin de valider la conclusion que le levier n'est pas endommagé sous les charges appliquées. Nous avons présenté la distribution du coefficient de sécurité sur ce dernier sur la **Figure III.24**. Cette figure montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est égale presque 49. Par conséquent, on peut conclure que la limite élastique du matériau est égale à 49 fois la valeur de contrainte maximale. Et donc le levier ne se déforme pas pendant le déplacement de système.

Nom du modèle:Support\_B  
 Nom de l'étude:Static 1(-Défaut-)  
 Type de tracé: Coefficient de sécurité Coefficient de sécurité 1  
 Critère : automatique  
 Distribution du coefficient de sécurité: CS Min = 49



**Figure III.24 :** Distribution du coefficient de sécurité sur le toit

### 3.5. Analyse et simulation de l'axe Goupille 1 :

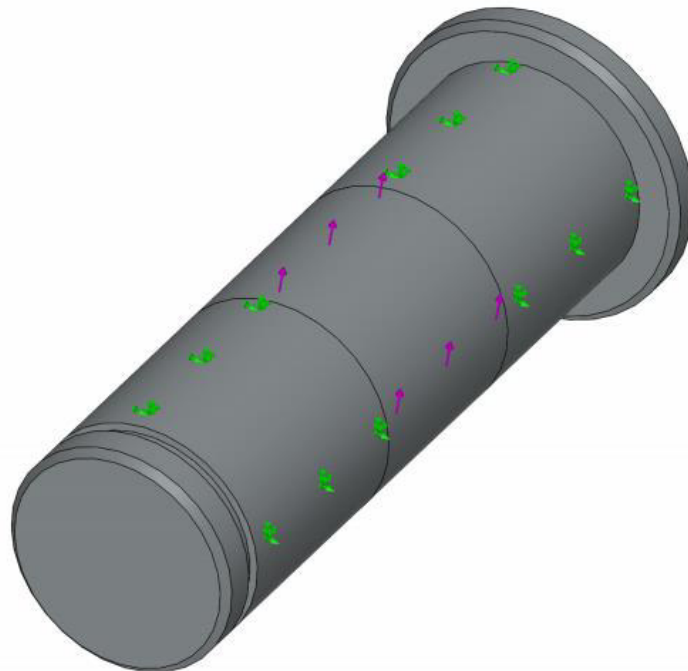
Le modèle étudié dans cette sous-section est la goupille située dans le trou 2 de levier, elle représente la liaison entre le support et le levier. Le but de cette étude sur la goupille est de vérifier sa déformation dans les conditions de levage.

#### 3.5.1. Charges et condition aux limites :

Les charges et les conditions aux limites appliquées sur la goupille sont résumées dans les points suivants :

- Une charge répartie appliquée par le levier dans la zone de milieu :  $R_1 = 0.4 \text{ MPa}$ .
- Une condition aux limites de type pivot fixe sur les zones latérales exercées par le support.

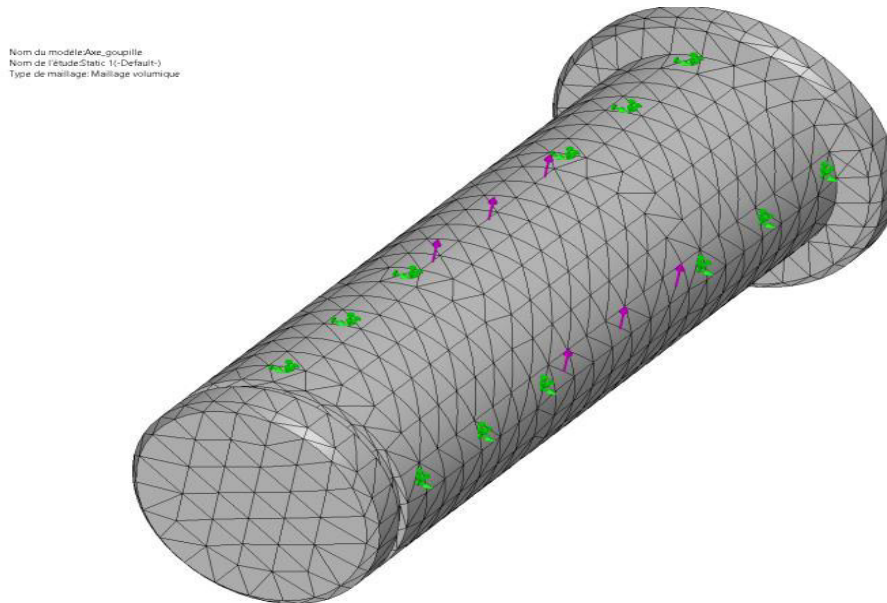
La **Figure III.25** montre une représentation graphique de l'axe goupille 1, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges réparties et des conditions aux limites.



**Figure III.25 :** Axe goupille 1 sous les force appliquées et conditions aux limites

#### 3.5.2. Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les charges appliquées sur l'axe goupille 1, maintenant on passe au maillage de modèle. La **Figure III.26** présente cette goupille sous une densité moyenne pour le maillage par l'élément tétraédrique.



**Figure III.26 :** Maillage appliqué sur l'axe goupille 1

### 3.5.3. Résultats de la simulation :

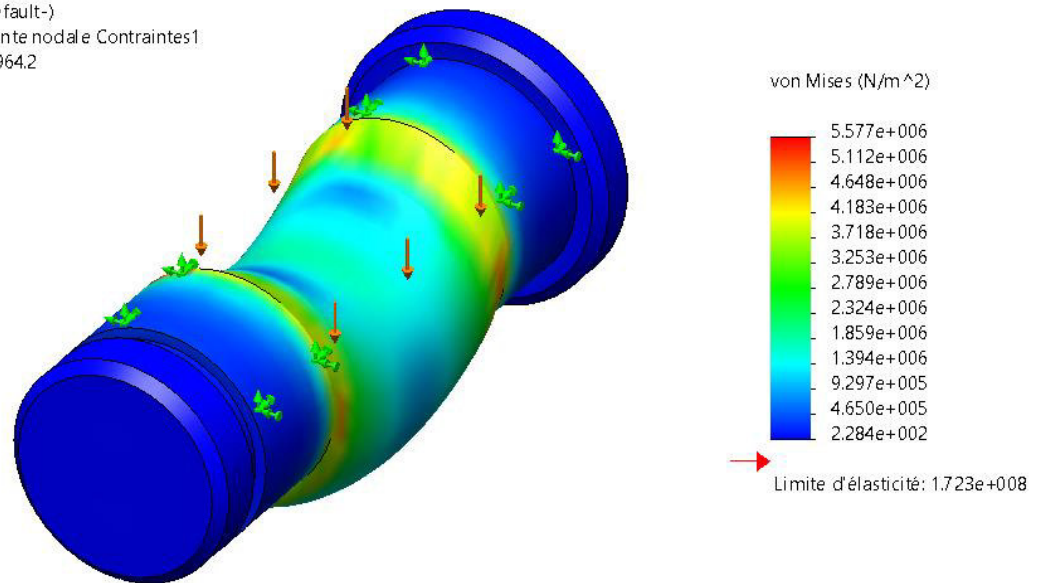
L'axe de goupille 1 est dessiné, les charges réparties et les conditions aux limites sont introduites et le modèle est maillé. On passe maintenant à l'exécution de la simulation.

Les principaux résultats de cette étude sont résumés ci-dessous.

#### a. Champ de contrainte :

Le champ de contraintes équivalentes appliqué sur la goupille 1 est représenté sur la **Figure III.27**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales se situent dans les zones d'application des charges réparties (sous l'effet de levier). Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 5.5 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.

Nom du modèle: Axe\_goupille\_2  
 Nom de l'étude: Static 3(-Default-)  
 Type de tracé: Static contrainte nodale Contraintes1  
 Echelle de déformation: 23964.2

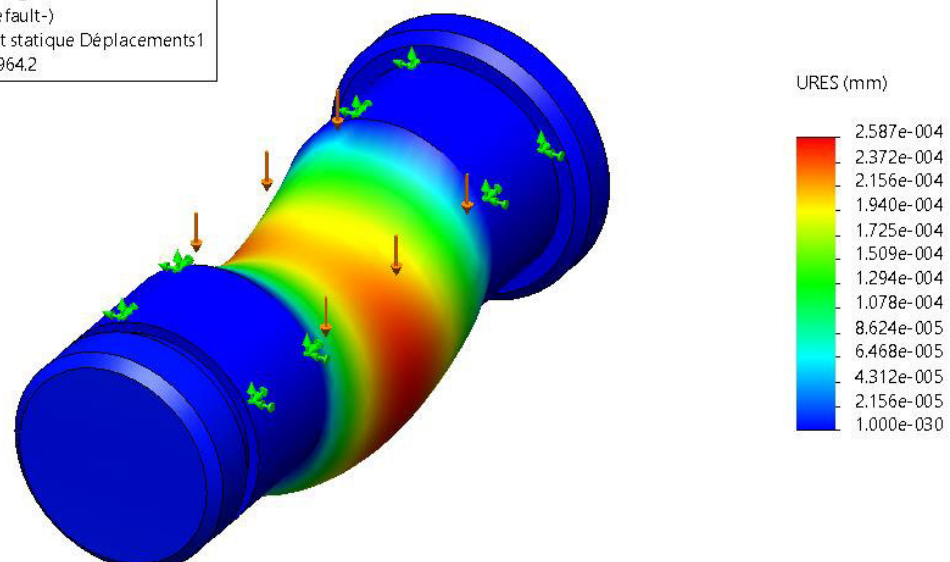


**Figure III.27 :** Distribution de champ des contraintes équivalentes sur l'axe goupille 1

### b. Champ de déplacement :

Le résultat présenté dans la **Figure III.28**, montrent le champ de déplacement de l'axe goupille 1 sous l'effet des contraintes appliquées par le levier. D'après cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans les zones d'application des charges (**Figure III.27**), on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ  $10^{-4}$  mm.

Nom du modèle: Axe\_goupille\_2  
 Nom de l'étude: Static 3(-Default-)  
 Type de tracé: Déplacement statique Déplacements1  
 Echelle de déformation: 23964.2

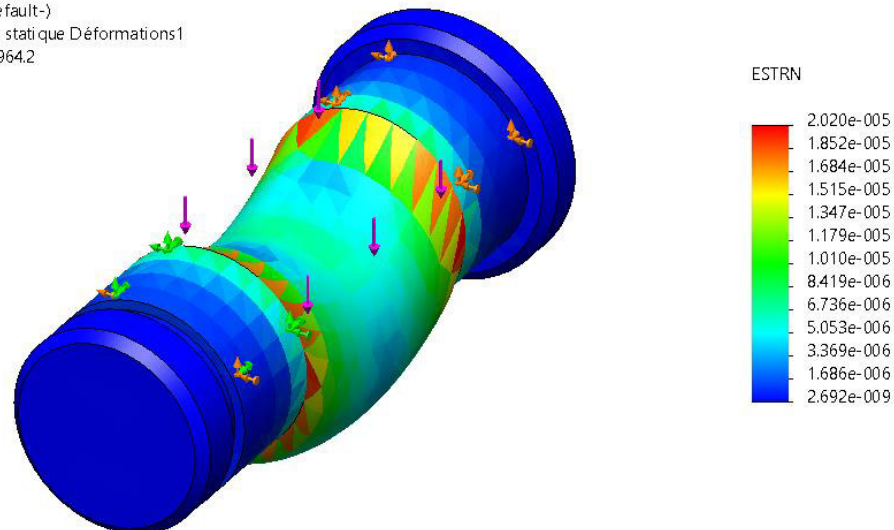


**Figure III.28 :** Distribution de champ de déplacement sur l'axe goupille 1

### c. Champ de déformation :

La **Figure III.29** montre la déformation de l'axe goupille sous l'effet des charges et des conditions aux limites appliquées. D'après cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente dans les surfaces de contact entre le levier et la goupille. Par ailleurs, les zones de déformation maximales se situent dans les surfaces de déplacement maximums (**Figure III.28**). Cependant, cette déformation est de l'ordre de  $10^{-5}$  (presque négligeable).

Nom du modèle: Axe\_goupille\_2  
 Nom de l'étude: Static 3(-Default-)  
 Type de tracé: Déformation statique Déformations1  
 Echelle de déformation: 23964.2

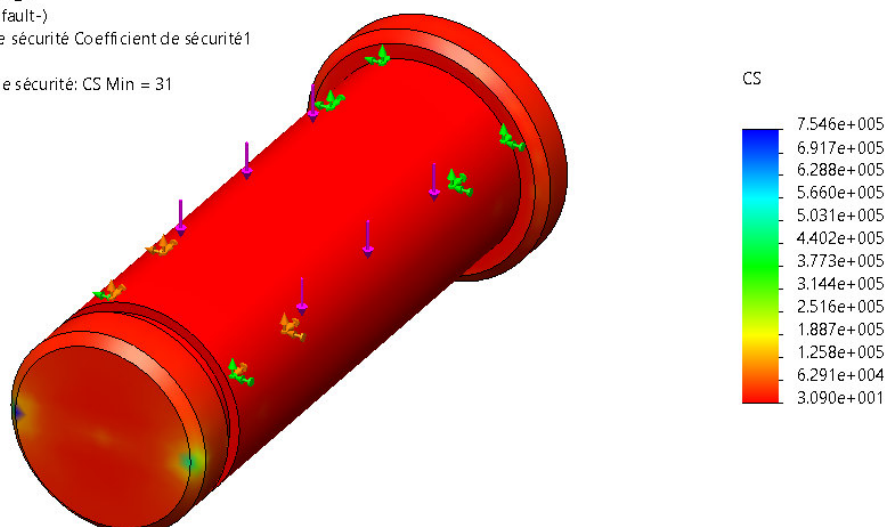


**Figure III.29** : Distribution de champ de déformation de l'axe goupille 1

#### d. Coefficient de sécurité :

Afin de vérifier que l'axe goupille n'est pas détruit pendant le fonctionnement de système. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité sur ce dernier. La **Figure III.30** montre cette distribution du coefficient de sécurité. L'analyse des résultats montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est égale à 31. Par conséquent, on peut conclure que la limite élastique du matériau est égale à 31 fois la valeur de contrainte maximale. Et donc l'axe goupille1 ne se déforme pas pendant le déplacement dans le système.

Nom du modèle: Axe\_goupille\_2  
 Nom de l'étude: Static 3(-Default-)  
 Type de tracé: Coefficient de sécurité Coefficient de sécurité1  
 Critère : automatique  
 Distribution du coefficient de sécurité: CS Min = 31



**Figure III.30** : Distribution des coefficients de sécurité de l'axe goupille 1

### 3.6. Analyse et simulation de l'axe Goupille 2 :

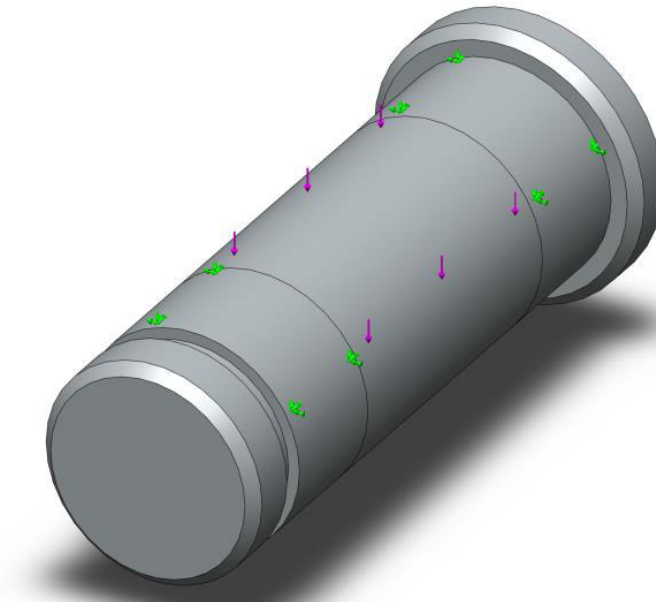
Dans cette sous-section, le modèle étudié est la goupille située dans le trou 3 de levier, elle représente la liaison entre l'appui et le levier. Le but de cette simulation de goupille est de vérifier sa déformation dans les conditions de levage.

#### 3.6.1. Charges et condition aux limites :

Les charges et les conditions aux limites appliquées sur la goupille 2 sont :

- Une charge répartie appliquée par le levier dans la zone de milieu :  $R_2 = 15.5 \text{ MPa}$ .
- Une condition aux limites de type pivot fixe sur les zones latérales exercées par le support.

La **Figure III.30** montre une représentation graphique de l'axe goupille 2, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges réparties et des conditions aux limites.



**Figure III.30** : Axe goupille 1 sous les force appliquées et conditions aux limites

#### 3.6.2. Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les charges appliquées sur l'axe goupille 2, maintenant on passe au maillage de modèle. La **Figure III.31** présente cette goupille sous une densité moyenne pour le maillage par l'élément tétraédrique.



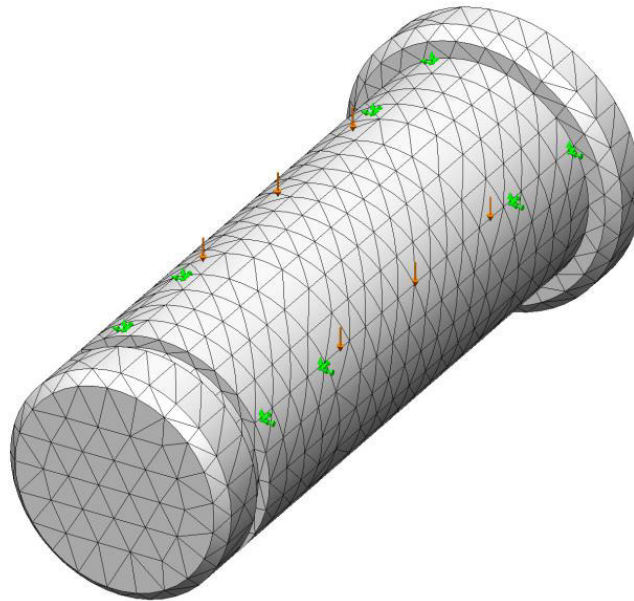


Figure III.31 : Maillage appliqué sur l'axe goupille 2

### 3.6.3. Résultats de la simulation :

L'axe de goupille 2 est dessiné, les charges réparties et les conditions aux limites sont introduites et le modèle est maillé. On passe maintenant à l'exécution de la simulation.

Les principaux résultats de cette étude sont résumés ci-dessous.

#### a. Champ de contrainte :

Le champ de contraintes équivalentes appliqué sur la goupille 2 est représenté sur la **Figure III.32**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales se situent dans les zones d'application des charges réparties (sous l'effet de levier). Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 2.6 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.

Nom du modèle: Axe\_goupille  
 Nom de l'étude: Static 1(-Default-)  
 Type de tracé: Static contrainte nodale Contraintes 1  
 Echelle de déformation: 734874

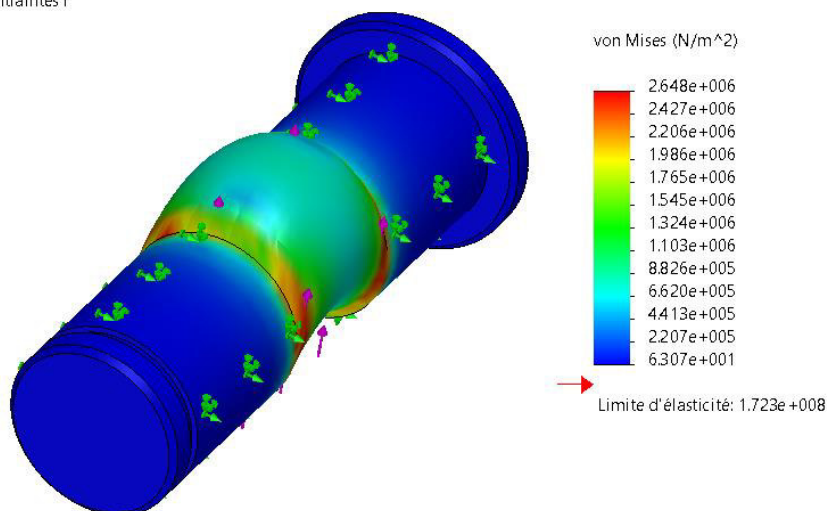
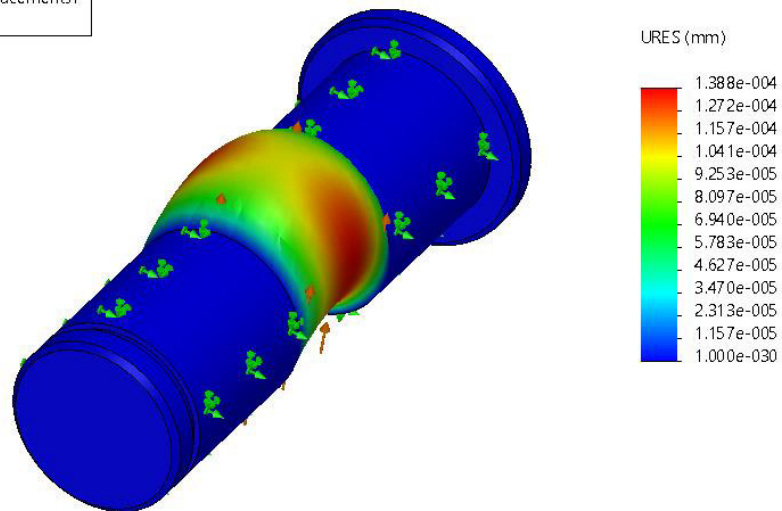


Figure III.32 : Distribution de champ des contraintes équivalentes sur l'axe goupille 2

### b. Champ de déplacement :

Le résultat présenté dans la **Figure III.33**, montrent le champ de déplacement de l'axe goupille 2 sous l'effet des contraintes appliquées par le levier. D'après cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans les zones d'application des charges (**Figure III.32**), on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ  $10^{-4}$  mm.

Nom du modèle: Axe\_goupille  
 Nom de l'étude: Static 1(-Default-)  
 Type de tracé: Déplacement statique Déplacements1  
 Echelle de déformation: 734874

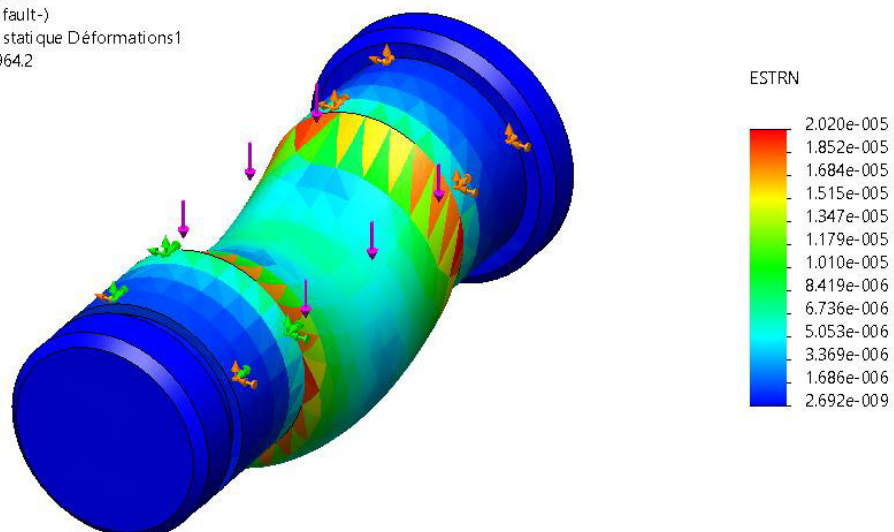


**Figure III.33** : Distribution de champ de déplacement sur l'axe goupille 2

### c. Champ de déformation :

La **Figure III.34** montre la déformation de l'axe goupille 2 sous l'effet des charges et des conditions aux limites appliquées. D'après cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente dans les surfaces de contact entre le levier et la goupille. Par ailleurs, les zones de déformation maximales se situent dans les surfaces de déplacement maximaux (**Figure III.33**). Cependant, cette déformation est de l'ordre de  $10^{-5}$  (presque négligeable).

Nom du modèle: Axe\_goupille\_2  
 Nom de l'étude: Static 3(-Default-)  
 Type de tracé: Déformation statique Déformations1  
 Echelle de déformation: 23964.2

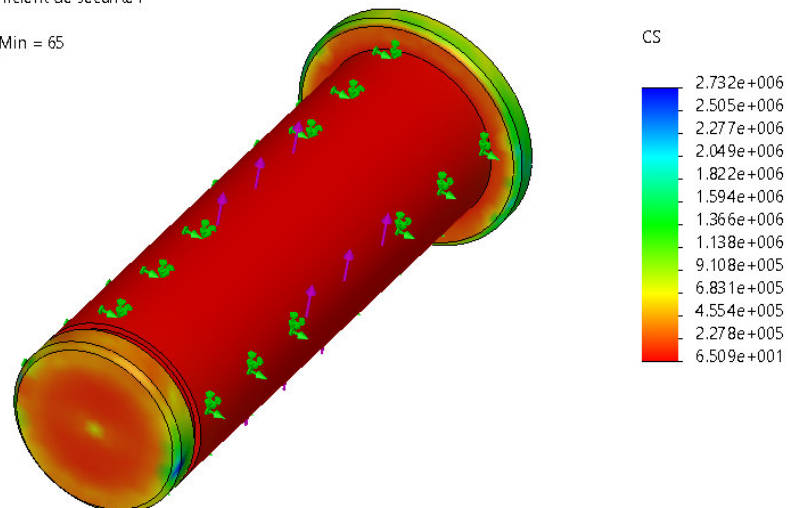


**Figure III.34** : Distribution de champ de déformation de l'axe goupille 2

#### d. Coefficient de sécurité :

Afin de vérifier que l'axe goupille 2 n'est pas détruit pendant le levage de système. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité de ce dernier. La **Figure III.35** montre cette distribution du coefficient de sécurité. L'analyse des résultats montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est égale à 65. Par conséquent, on peut conclure que la limite élastique du matériau est égale à 65 fois la valeur de contrainte maximale. Et donc l'axe goupille 2 ne se déforme pas pendant le déplacement dans le système.

Nom du modèle: Axe\_goupille  
 Nom de l'étude: Static 1(-Default-)  
 Type de tracé: Coefficient de sécurité Coefficient de sécurité 1  
 Critère : automatique  
 Distribution du coefficient de sécurité: CS Min = 65



**Figure III.35:** Distribution des coefficients de sécurité de l'axe goupille 2

### 3.7. Analyse et simulation de l'appui :

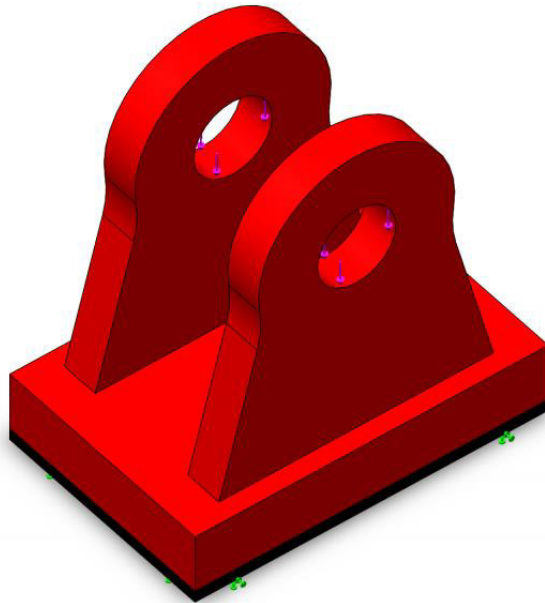
Dans cette sous-section, le modèle étudié est l'appui, il représente la liaison entre le support de levage et le toit, son rôle est de fixer le toit sur le support pendant le déplacement grâce à la charge répartie transférée de par le levier. Le but de cette simulation de l'appui est de vérifier sa déformation dans les conditions de levage.

#### 3.7.1. Charges et condition aux limites :

Les charges et les conditions aux limites appliquées sur la goupille 2 sont :

- Une charge répartie appliquée par l'axe goupille 2 :  $R_2 = 15.5 \text{ MPa}$ .
- Une condition aux limites de type encastrement (appui plan) sur la partie inférieure de l'appui exercée par le toit.

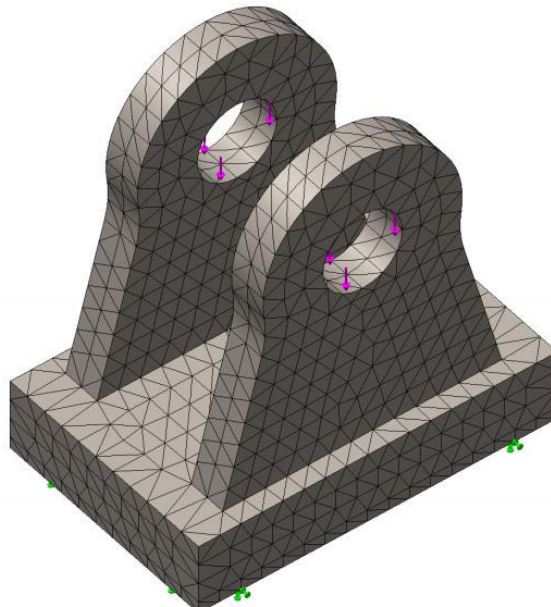
La **Figure III.36** montre une représentation graphique de l'appui, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges réparties et des conditions aux limites.



**Figure III.36 :** Appui sous les force appliquées et conditions aux limites

### 3.7.2. Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les charges appliquées sur l'appui, l'étape suivante dans la simulation est de mailler le modèle. La **Figure III.37** présente l'appui sous une densité moyenne de maillage par l'élément tétraédrique.



**Figure III.37 :** Maillage de l'appui

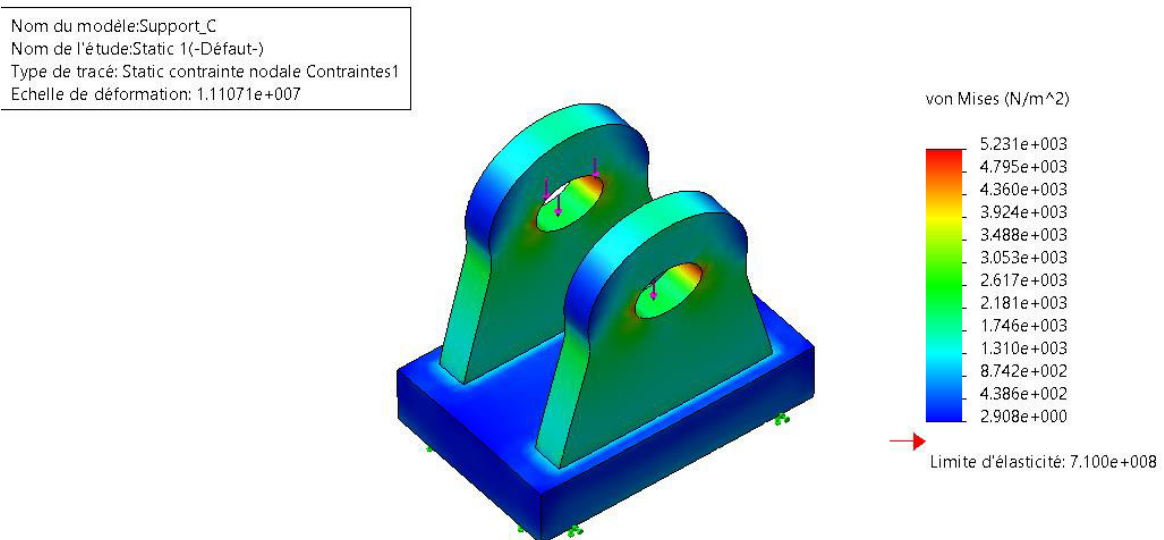
### 3.7.3. Résultats de la simulation :

L'appui qui sera fixé le toit est réalisé, les charges réparties et les conditions aux limites sont introduites et le modèle est maillé. La dernière étape maintenant est l'exécution de la simulation.

Les principaux résultats de cette étude, à savoir : les champs de contraintes, de déplacements, de déformations et coefficients de sécurité sont présentés et discutés.

#### a. Champ de contrainte :

Le champ de contraintes équivalentes appliqué sur l'appui est représenté sur la **Figure III.38**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales se situent dans les zones d'application des charges réparties (sous l'effet de l'axe goupille). Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 5 KPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.

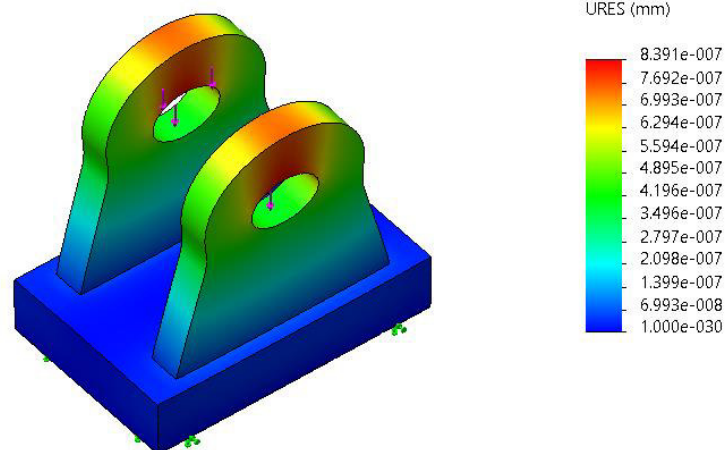


**Figure III.38 :** Distribution de champ des contraintes équivalentes sur l'appui

#### b. Champ de déplacement :

Le résultat présenté dans la **Figure III.39**, montre le champ de déplacement de l'appui sous l'effet des contraintes appliquées par l'axe goupille. Sur cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans les zones d'application des charges (**Figure III.38**), on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ  $10^{-7}$  mm. Cette valeur est presque négligeable devant la taille de l'appui.

Nom du modèle:Support\_C  
 Nom de l'étude:Static 1(-Défaut-)  
 Type de tracé: Déplacement statique Déplacements1  
 Echelle de déformation: 1.11071e+007

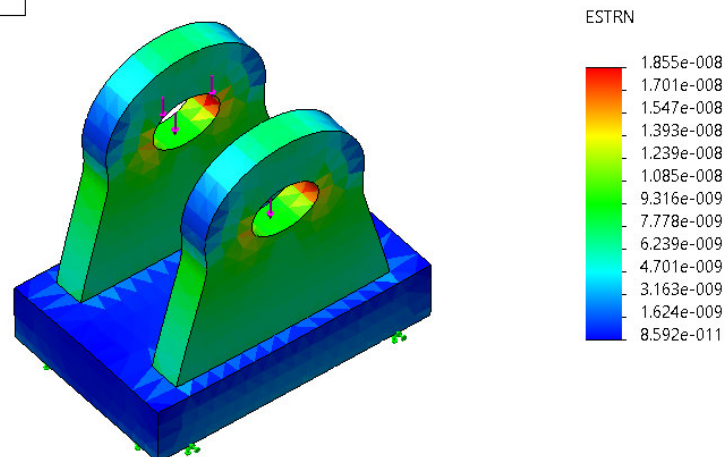


**Figure III.39** : Distribution de champ de déplacement sur l'appui

### c. Champ de déformation :

La **Figure III.40** montre la déformation de l'appui sous l'effet des charges et des conditions aux limites appliquées. D'après cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente dans les surfaces de contact entre les appuis et l'axe goupille 2. Par ailleurs, les zones de déformation maximales se situent dans les surfaces de déplacement maximaux (**Figure III.39**). Cependant, cette déformation est de l'ordre de  $10^{-8}$  (négligeable). À partir de là, on peut conclure que l'appui n'est pas endommagé dans ces conditions de levage.

Nom du modèle:Support\_C  
 Nom de l'étude:Static 1(-Défaut-)  
 Type de tracé: Déformation statique Déformations1  
 Echelle de déformation: 1.11071e+007

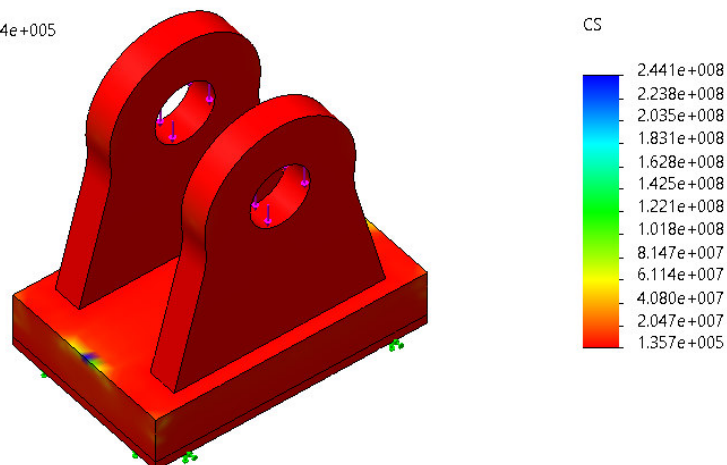


**Figure III.40** : Distribution de champ de déformation de l'appui

**d. Coefficient de sécurité :**

Afin de valider la conclusion que l'appui n'est pas détruit. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité sur ce dernier. La **Figure III.41** montre cette distribution du coefficient de sécurité. L'analyse des résultats présentés sur cette figure montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est de l'ordre de  $10^5$ . Par conséquent, on peut conclure que la valeur de contrainte maximale est presque négligeable devant la limite élastique du matériau. Et donc l'appui ne se déforme pas pendant le levage.

Nom du modèle:Support\_C  
Nom de l'étude:Static 1(-Défaut-)  
Type de tracé: Coefficient de sécurité Coefficient de sécurité1  
Critère : automatique  
Distribution du coefficient de sécurité: CS Min = 1.4e+005



**Figure III.41** : Distribution des coefficients de sécurité de l'appui

**Conclusion :**

L'étude, la conception et simulation du toit et de système de levage sont réalisées, les paramètres, les facteurs et les démarches de cette étude ont été détaillés, les résultats obtenus sont présentés, discutés et approuvés. A partir de ce chapitre, on peut déduire que pour une bonne conception d'un système de levage stable et sécurisé, il est indispensable de tenir en compte préalablement de certains paramètres requis, citons à titre d'exemple : caractéristiques géométriques et mécaniques de la pièce à transporter et les matériaux utilisés pour chaque élément de système.

# Conclusion générale

Les besoins en manutention et levage sont omniprésents dans les activités quotidiennes de la plupart des entreprises.

En effet, à l'exception des transferts de plain-pied qui se font au sol avec les « petits » moyens habituels de manutention (Crics hydrauliques, rouleaux de manutention, jeux de vannes ou transpalettes, etc.), la majorité des travaux effectués nécessite l'utilisation de moyens de levage qui permettent de soulever, déplacer et transporter et de lever les marchandises et les charges importantes.

Ce travail effectué au sein de l'entreprise SNVI avait pour objectif d'étudier la faisabilité de construire un système de manutention pour lever le pavillon d'un camion k66.

Les démarches de cette étude ont articulé autour de trois axes principaux qui répondirent au cahier des charges exigé par cette entreprise :

Premièrement, notre étude a été commencée par des définitions de base des systèmes de levage et des accessoires de manutention et ses caractéristiques dont le but de trouver le système le plus adapté pour fixer le toit sans le déformé pendant le déplacement. Après une analyse très appropriée, nous avons conclu les meilleures solutions (éléments de système) pour ce type de conception.

Deuxièmement, notre analyse a été menée vers l'étude des principaux éléments, fonctions, types et caractéristiques de chaque élément de système de manutention, et les différents types de matériau utilisé pour chaque élément. Après cette analyse, nous avons achevé la conception de système de manutention le plus adapté à notre étude.

Finalement, la conception de système de manutention a été réalisée via logiciel de conception SolidWorks® et la simulation du comportement de pavillon et de chaque élément de système a été estimé via logiciel SolidWorks Simulation. Les résultats obtenus ont été présentés, discutés et approuvés.

Ce projet nous a permis d'approcher de la réalité du monde industriel dans l'une des grandes entreprises nationales, et nous a donné l'occasion de toucher à des domaines assez vastes de la conception mécanique.

Enfin, comme perspectives d'approfondissement ultérieur de cette contribution, nous proposons la réalisation de ce système.

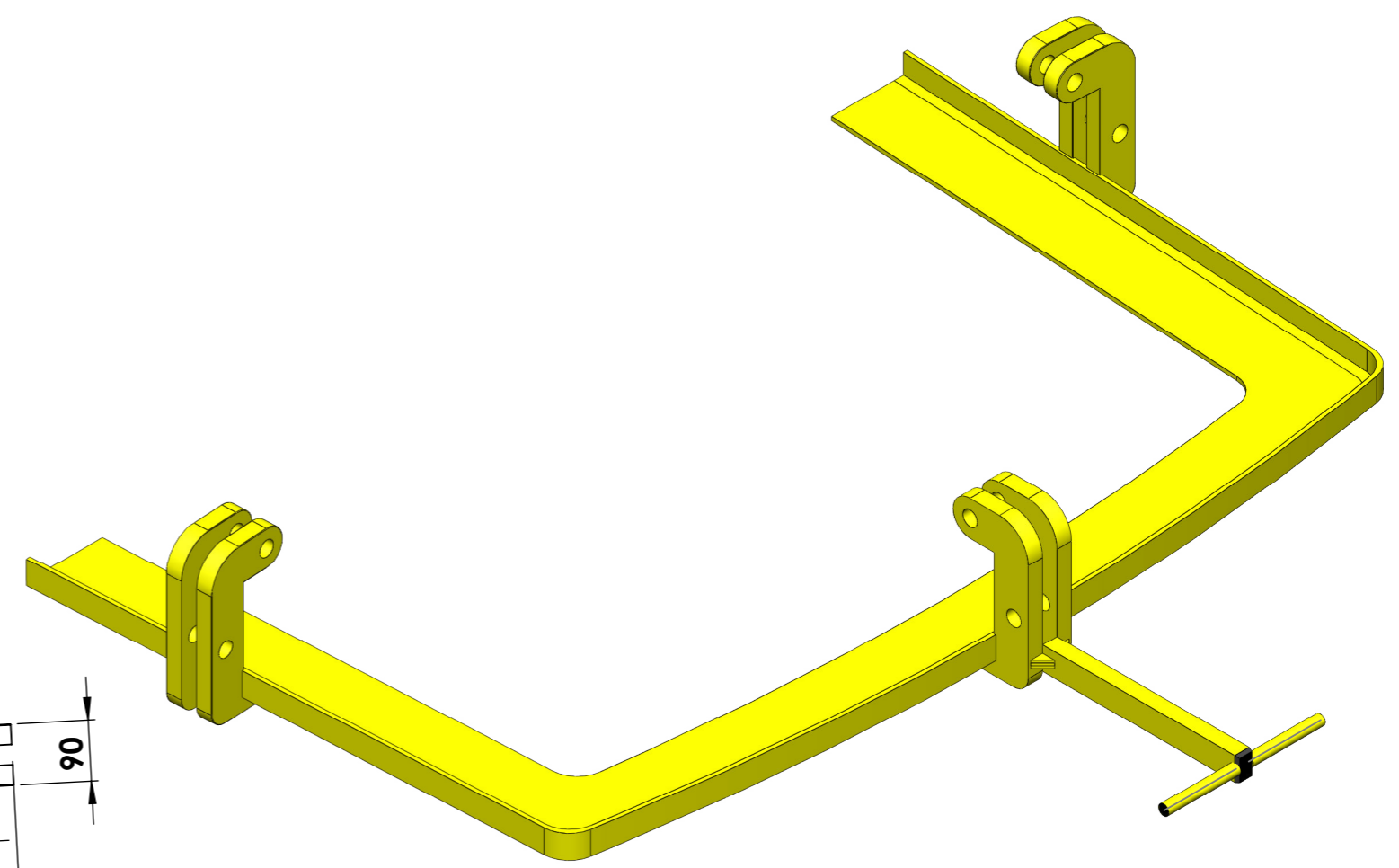
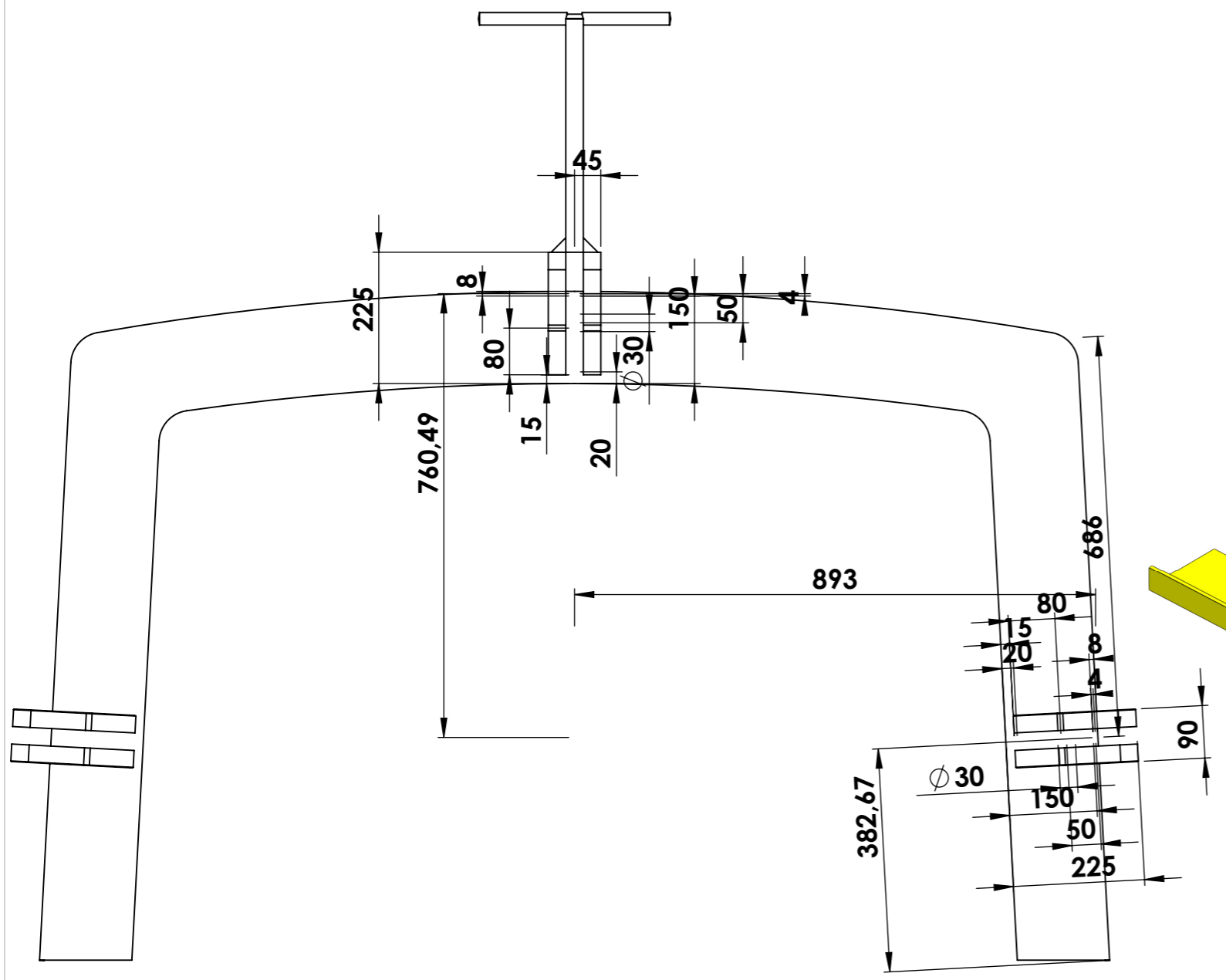
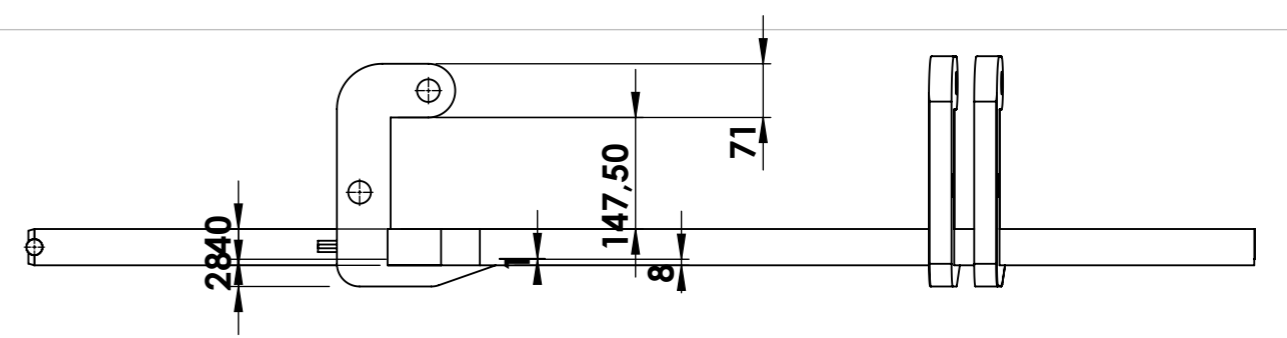
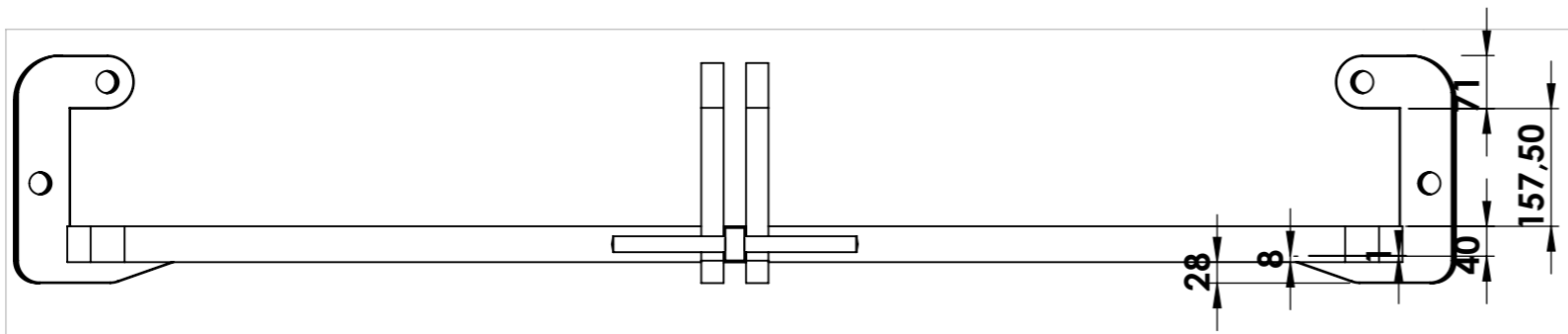


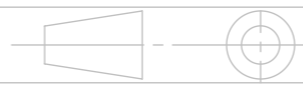
# Références Bibliographie

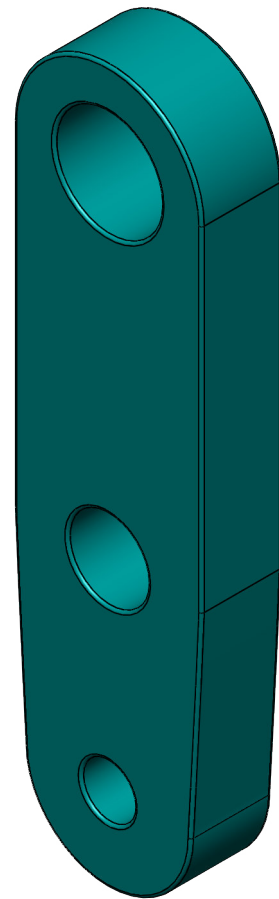
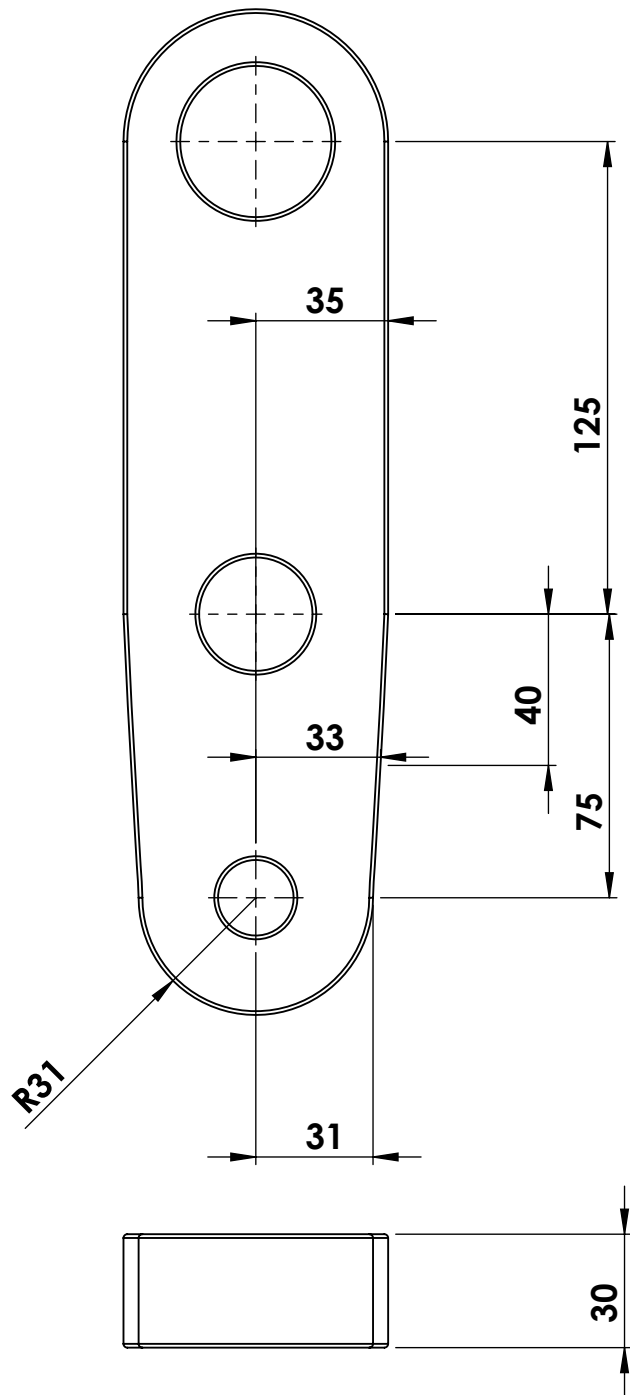
- [1] J-P Bousquet, "Risques liés à la manutention, au levage, au stockage", Cours Ingénierie Mécanique BTS FED, <http://jeanpaul.bousquet.free.fr/>
- [2] Espace Equipement, Blog, Actualité industrielle, Qu'est-ce que la manutention ? 30 juillet 2018, <https://www.espace-equipement.com/blog/qu-est-ce-que-la-manutention--n15>.
- [3] Stéphane Bernier et al., " La prévention des risques liés aux manutentions manuelles et mécaniques", Guide d'Inspection générale d'hygiène et de sécurité, Centre national de la recherche scientifique CNRS, France, 1<sup>ère</sup> édition Août 2003, <http://www.dgdr.cnrs.fr>.
- [4] Simoneau, S., St-Vincent, M. et Chicoine, D. Les TMS des membres supérieurs - Mieux les comprendre pour mieux les prévenir, Études et recherches / Guide technique RG-779, Montréal, IRSST, 2013, p.17, <https://manutention.irsst.qc.ca/manutention-et-risques/les-risques-en-manutention/>.
- [5] Simoneau, S., St-Vincent, M. et Chicoine, D. Les TMS des membres supérieurs - Mieux les comprendre pour mieux les prévenir, Études et recherches / Guide technique RG-779, Montréal, IRSST, 2013, p.15-16, <https://manutention.irsst.qc.ca/manutention-et-risques/les-risques-en-manutention/>.
- [6] "Manutention et les moyens de levage", Cours de technologie, RoccAcier, 18 Août 2017, <https://www.rocdacier.com/cours-manutention-moyens-de-levage/>.
- [7] Le magazine, Actualité Sécurité au travail « Levage industriel et manutention : Définitions et principaux équipements», PREVENTICA, Pour un environnement de travail SAIN et SÉCURISÉ, 01/01/2013, <https://www.preventica.com/dossier-risques-manutention-levage-industriel-appareils.php>
- [8] KOUAKOU, E., « Équipement de manutention ». Catalogue produits -Famille manutention : Jad-ci, des outils professionnels pour tous vos travaux, 2018, <https://fliphtml5.com/wjaqk/dgut/basic>
- [9] François-Xavier ARTARIT, "Accessoire de levage", Mémento de l'élingueur, Institut national de recherche et de sécurité INRS, France, édition 6178, Septembre 2004, <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206178>.
- [10] "Guide Accessoires de levage Tigrip® Pincés de levage", Columbus McKinnon, France - Zone Industrielle des Forges - 18100 VIERZON, 2018, <https://www.cmco-france.com/wp-content/uploads/3-Pincés-Crochets.pdf>.

- [11] "Guide Accessoires de levage Tigrip® Crochets de levage ", Columbus McKinnon France - Zone Industrielle des Forges - 18100 VIERZON, 2018, <https://www.cmco-france.com/wp-content/uploads/Catalogue-ELINGAGE-1.pdf>.
- [12] "Solutions de manutention et de levage pour professionnels : contacter une entreprise spécialisée en ligne", Euro-manutention, <https://www.euro-manutention.com/solutions-de-manutention-et-de-levage-pour-professionnels-contacter-une-entreprise-specialisee-en-ligne/>.
- [13] Plan des pièce, "Pavillon de camion k66 ", Bibliothèque, document interne SNVI.
- [14] Dassault Systèmes, " Guide de l'étudiant du logiciel SolidWorks®", Série : Conception mécanique et Technologie, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, une société de Dassault Systèmes S.A., 300 Baker Avenue, Concord, Mass. 01742 USA.1995-2010. [https://www.solidworks.com/sw/docs/Student\\_WB\\_2011\\_FRA.pdf](https://www.solidworks.com/sw/docs/Student_WB_2011_FRA.pdf)
- [15] André chevalier, "Guide du dessinateur industriel", édition 2004.
- [16] Line Marinatch, Jocelyne Arsenault, Hélène Camirand, Roxane Fournier, Francine St-jean, "Gréage et appareils de levage", Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la fabrication de produits en métal, de la fabrication de produits électriques et des industries de l'habillement, Bibliothèque nationale du Québec, 1998, 2010.
- [17] Xiaojun Ye, "Modélisation et simulation des systèmes de production: une approche orientée-objets" Modélisation et simulation. INSA de Lyon, 1994. Français. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00821121/document>
- [18] Visiativ-solutions, "SolidWorks simulation", Matrice SolidWorks Simulation, Prérequis techniques pour SolidWorks Simulation, Services associés, Documents associés, MultiMedia. <https://www.visiativ-solutions.fr/solidworks-simulation/>
- [19] Dassault Systèmes, "An Introduction to Stress Analysis Applications with SolidWorks Simulation, Student Guide", Engineering Design and Technology Series, SolidWorks Corporation, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, a Dassault Systèmes S.A. company, 300 Baker Avenue, Concord, Mass. 01742 USA, 2010. <http://www.solidworks.com/education>
- [20] Robert Warren "6 Steps to your first SOLIDWORKS Simulation", Guide SolidWorks Simulation, August 13, 2019. <https://www.cati.com/blog/2019/08/6-steps-to-your-first-solidworks-simulation/>

# **Annexe**



Faculté de Technologie		
Echelle: 1/1	<b>Axe goupille 2</b>	2020-10-04
		BELHADI Ali
A4	Construction Mécanique	TALI Salah eddine



Faculté De Technologie

Echelle: 1/1

Colonne De Guidage

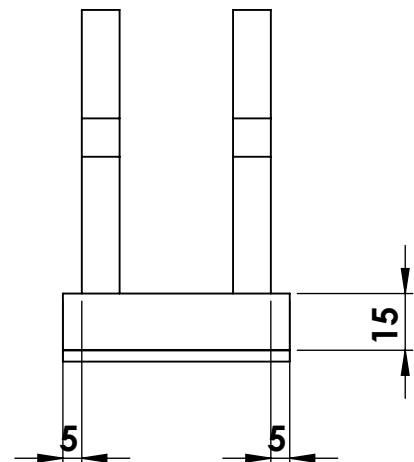
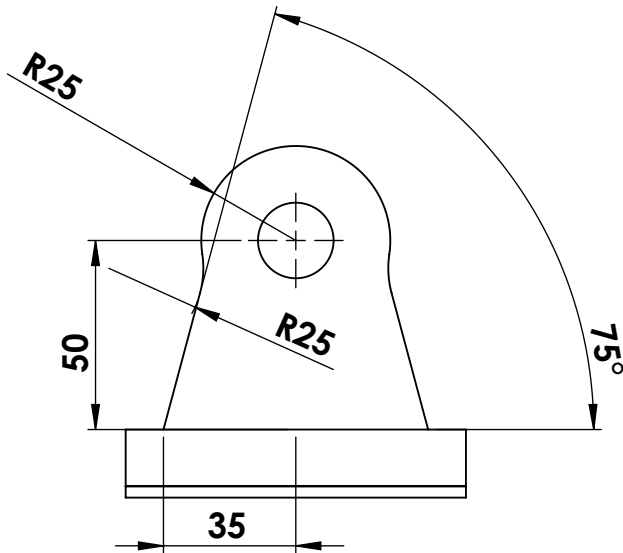
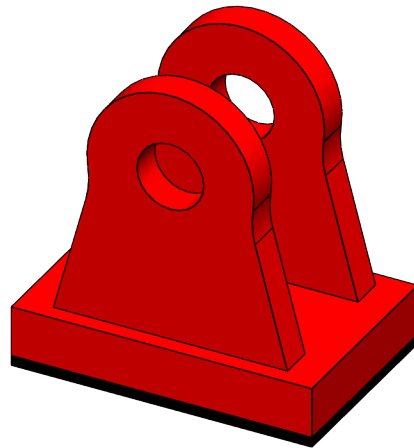
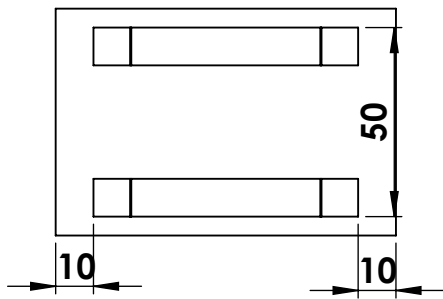
2020-10-04



A4

Construction Mécanique

**BELHADI Ali**  
**TALI Salah eddine**



Faculté De Technologie

Echelle: 1/1

Colonne De Guidage

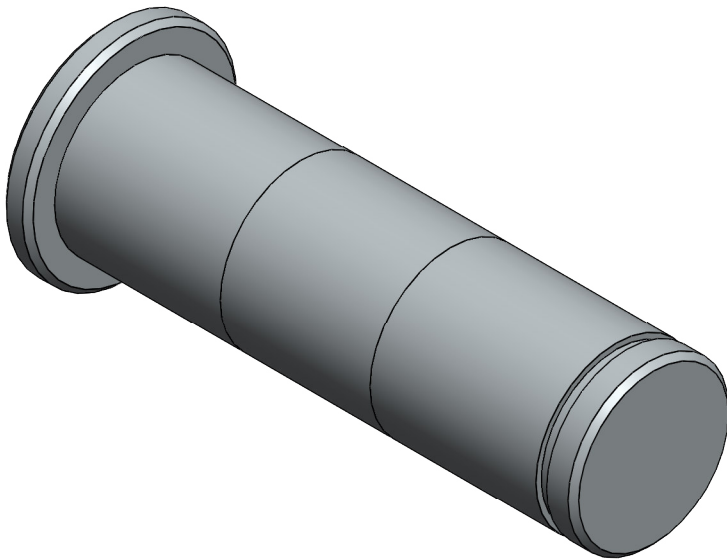
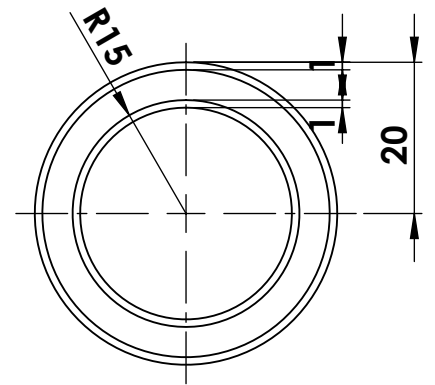
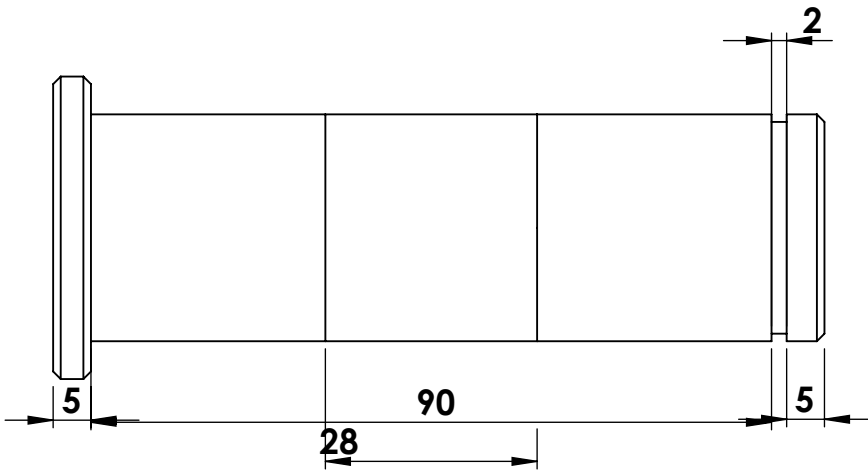
2020-10-04



A4

Construction Mécanique

**BELHADI Ali**  
**TALI Salah eddine**



Faculté De Technologie

Echelle: 1/1

Axe goupille 1

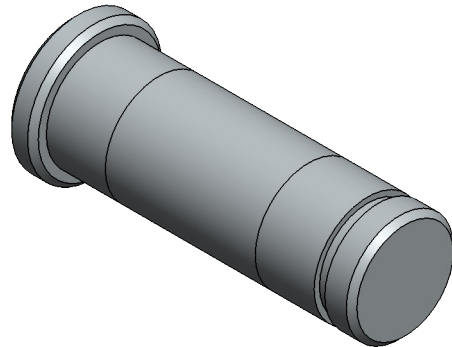
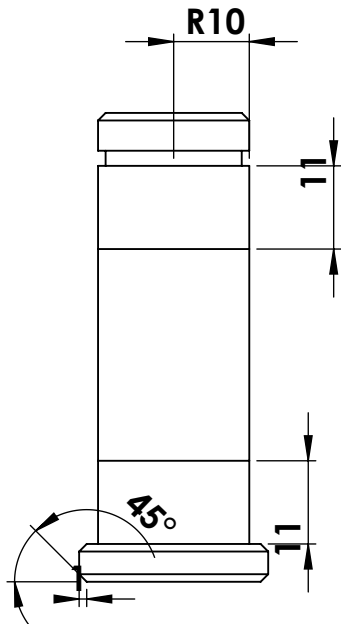
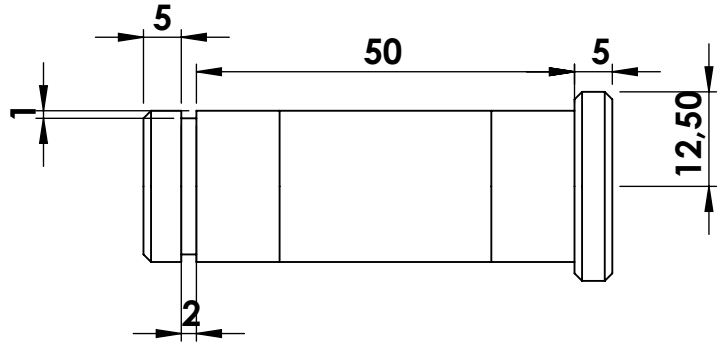
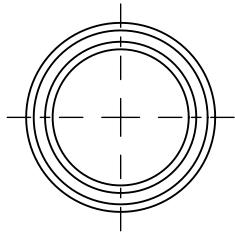
2020-10-04



**BELHADI Ali**  
**TALI Salah eddine**

A4

Construction Mécanique



Faculté de Technologie

Echelle: 1/1

**Axe goupille 2**

2020-10-04

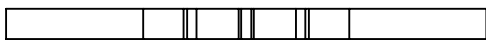
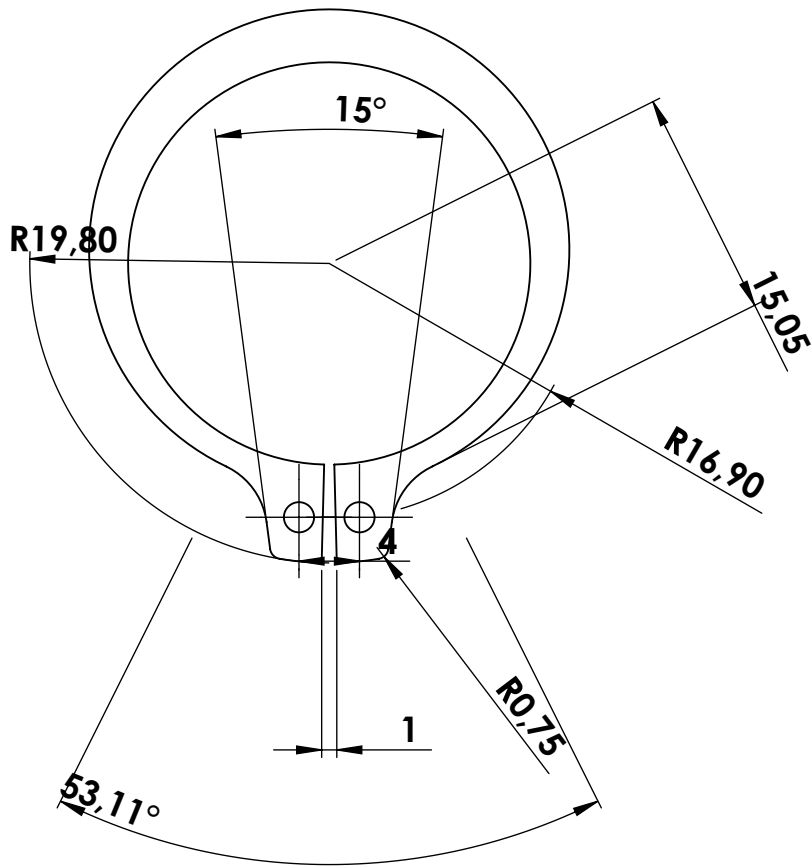


**BELHADI Ali**  
**TALI Salah eddine**

A4

Construction Mécanique





Faculté De Technologie

Echelle: 1/1

Colonne De Guidage

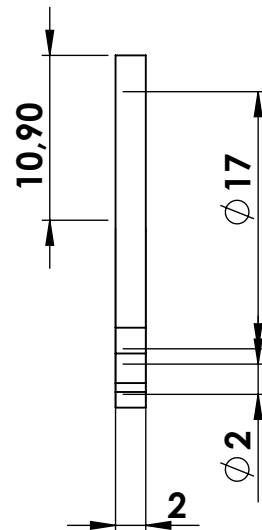
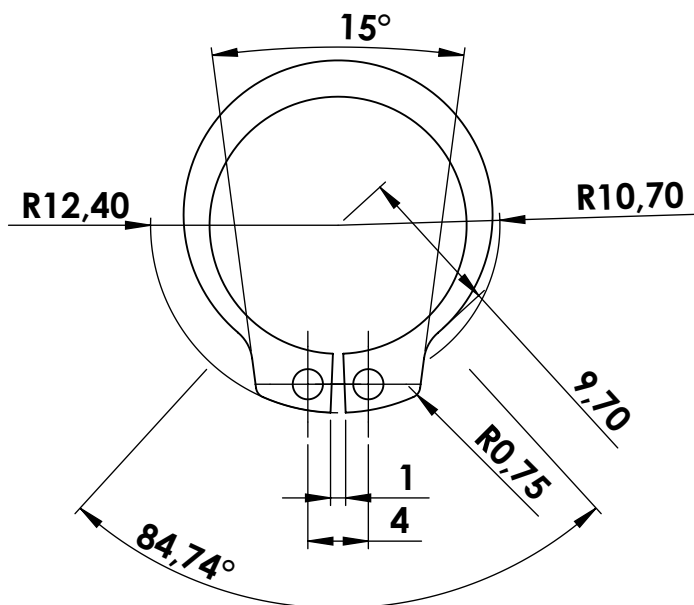
2020-10-04



**BELHADI Ali**  
**TALI Salah eddine**

A4

Construction Mécanique



Faculté De Technologie

Echelle: 1/2

Circlips 1

2020-10-04



A4

Construction Mécanique

**BELHADI Ali**  
**TALI Salah eddine**